

Pengaturan Kecepatan Motor Penggerak *Propeller* pada Kapal Menggunakan Metode PID dan *MA Filter*

¹Suryadhi, ²Joko Subur

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Hang Tuah

Jl. Arif Rahman Hakin No. 150, Sukolilo, Surabaya

¹suryadhi@hangtuah.ac.id, ²joko.subur@hangtuah.ac.id

Abstract - The propeller serves as a tool to produce the thrust of the ship's motion. To produce thrust the propeller is rotated with a shaft driven by the main mover in the engine room, called an electric motor. To produce a constant and stable speed of the ship, the driving motor rotates the propeller with a rotating speed that is adjusted to the desired speed of the ship, although sometimes there are obstacles in the movement of the ship in the form of water currents or other obstacles. Based on these problems, in this study a control system was created to control the speed of the propeller motor on the ship using the Proportional, Integral, Derivative (PID) control method and the Moving Average (MA) Filter method. The PID control method works based on the desired ship speed value, and compares it with the actual ship speed, the two values will be compared to get an error value which is then used in the PID control computation process. The computational result of the PID method is the Pulse Width Modulation (PWM) value to regulate the amount of voltage supplied to the propeller drive motor. While the MA filter method is used to adjust the stages of the rotational speed of the driving motor resulting from the PID control, which is adjusted to the speed characteristics of the ship. From the observation of experimental data in this research, the system is able to maintain the speed of the ship well.

Keywords — Ship Speed, PID Control, Moving Average Filter

Abstrak—Baling-baling berfungsi sebagai alat untuk menghasilkan gaya dorong gerak kapal. Untuk menghasilkan gaya dorong baling-baling diputar dengan poros yang digerakkan oleh penggerak utama di ruang mesin yaitu motor listrik. Untuk menghasilkan kecepatan kapal yang konstan dan stabil, motor penggerak memutar baling-baling dengan kecepatan putar yang disesuaikan dengan kecepatan kapal yang diinginkan, walaupun terkadang terdapat kendala dalam pergerakan kapal berupa arus air atau hambatan lainnya. Berdasarkan permasalahan tersebut, pada penelitian ini dibuat suatu sistem kendali untuk mengendalikan kecepatan motor propeller di kapal dengan menggunakan metode kendali *Proportional, Integral, Derivative (PID)* dan metode *Moving Average (MA) Filter*. Metode kontrol PID bekerja berdasarkan nilai kecepatan kapal yang diinginkan, dan membandingkannya dengan kecepatan kapal yang sebenarnya, kedua nilai tersebut akan dibandingkan untuk mendapatkan nilai error selanjutnya digunakan pada proses komputasi kontrol PID. Hasil komputasi metode PID berupa nilai *Pulse Width Modulation (PWM)* untuk mengatur besarnya tegangan yang disuplai ke motor penggerak propeller. Sedangkan metode

MA filter digunakan untuk mengatur tahapan kecepatan putaran motor penggerak yang dihasilkan dari kontrol PID, yang disesuaikan dengan karakteristik kecepatan kapal. Dari pengamatan data eksperimen pada penelitian ini, sistem mampu menjaga kecepatan laju kapal dengan baik.

Kata Kunci—Kecepatan Kapal; Kontrol PID; Moving Average Filter;

I. Pendahuluan

Kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis apapun, yang digerakkan dengan tenaga mekanik, tenaga angin, atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah [10]. Usaha untuk mengembangkan, menerapkan dan menguasai teknologi perkapalan telah dilakukan secara terencana, tertib dan terarah dengan memanfaatkan semua sumber daya yang dimiliki. Pengembangan teknologi perkapalan ini sudah cukup maju dan merupakan indikasi kemampuan penguasaan teknologi dalam bidang kelautan. Salah satu pengembangan teknologi perkapalan adalah pada sistem penggerak baling-baling pada kapal atau biasa disebut *propeller* [1]. *Propeller* berfungsi sebagai alat untuk menghasilkan gaya dorong gerak kapal. Untuk menghasilkan daya dorong tersebut maka *propeller* harus berputar, *propeller* diputar dengan poros yang digerakkan oleh penggerak utama dalam kamar mesin.

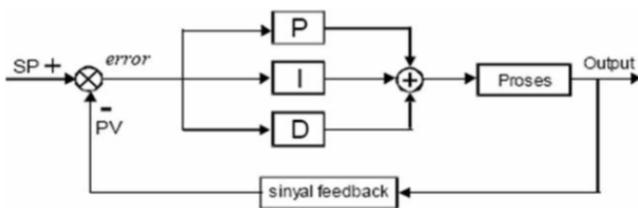
Umumnya mesin penggerak *propeller* banyak yang menggunakan mesin diesel, namun penggunaan mesin diesel sebagai tenaga penggerak *propeller* memiliki beberapa permasalahan dan kelemahan, antara lain: menimbulkan kebisingan, memerlukan peralatan pendukung yang banyak dan pemeliharanya relatif sulit [1]. Oleh karena itu pada saat ini motor penggerak *propeller* mulai beralih menggunakan mesin listrik. Dimana yang dimaksud mesin listrik dalam hal ini adalah motor listrik. Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik atau gerak putar. Kecepatan putar dari *propeller* akan mempengaruhi kecepatan gerak laju kapal, secara logika semakin cepat putaran *propeller* maka kecepatan gerak laju kapal akan semakin cepat [4]. Maka pada kecepatan laju kapal perlu adanya sistem kontrol secara otomatis untuk bisa mengetahui, mengukur dan mengatur kecepatan kapal secara konstan dan stabil. Sehingga dengan adanya sistem kontrol

kecepatan laju kapal tersebut akan mudah dikendalikan dan dikontrol.

Berdasarkan permasalahan tersebut diatas, maka pada penelitian ini sudah dibuat alat sistem kontrol pengaturan kecepatan motor penggerak propeller pada kapal menggunakan suatu metode kontrol yaitu metode kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) dan ditambahkan dengan *Moving Average Filter* (MA) Filter. Metode kontrol PID adalah suatu kontroler yang digunakan untuk menentukan sistem tersebut presisi atau tidak dengan menggunakan karakteristik *feedback* (umpan balik) pada sistem[9]. Sedangkan metode MA Filter digunakan untuk mengatur tahapan kecepatan putar motor penggerak yang dihasilkan dari kontrol PID, yang disesuaikan dengan karakteristik dari laju gerak kapal. Dengan menggunakan sistem kontrol tersebut maka kecepatan gerak laju kapal berdasarkan kecepatan putar baling-baling penggerak kapal dapat dengan mudah dikendalikan atau dikontrol. sehingga akan didapatkan laju kecepatan motor penggerak yang dapat menyesuaikan dengan pengaturan kecepatan laju kapal yang dikehendaki.

Kontrol PID

Kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative Control*) merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem [8]. Kontroler PID akan memberikan aksi kontrol kepada *plant* berdasarkan besar kesalahan (*error*) yang diperoleh, selanjutnya nilai *error* tersebut salah satu *variable* yang digunakan pada perhitungan persamaan PID. Nilai dari hasil perhitungan PID selanjutnya diproses disalurkan pada bagian *output*, kondisi *output* dipantau atau dibaca untuk dijadikan data sinyal umpan balik yaitu nilai *present value* (PV) yang dikembalikan lagi sebagai koreksi terhadap nilai *setpoint* (SP) sehingga didapat nilai *error* lagi dan begitu seterusnya sampai didapat nilai *error* nol (0) yang berarti nilai *output* sudah sesuai dengan *setpoint*. Ilustrasi rancangan sistem PID kontrol dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 1. Skema kontrol PID

Adapun persamaan Kontroler PID adalah sebagai berikut[8]:

$$PID = K_p \cdot e(t) + K_i \int_0^t e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Dengan :

- PID = hasil nilai perhitungan PID
- K_p = nilai konstanta *proporsional*

- K_i = nilai konstanta *integral*
- K_d = nilai konstanta *derivative*
- $e(t)$ = *error* saat ini

Moving Average Filter

Moving Average Filter (MA filter) adalah filter digital yang paling sederhana karena mudah dipahami dan digunakan, filter ini umum digunakan untuk mengurangi derau [9]. Sesuai dengan Namanya yaitu Moving yang artinya bergerak atau bergeser dan Average yang artinya rata-rata, maka MA filter dilakukan dengan cara merata-ratakan n-point data masukkan untuk menghasilkan sebuah data keluaran, seperti dinyatakan pada persamaan berikut :

$$y[n] = \{x[n+0] + x[n+1] + \dots + x[n+(M-1)]\} / M \quad (2)$$

- $x[n]$ = data masukkan ke-n
- $y[n]$ = data keluaran ke-n
- M = point MA filter

Misal, jika $M = 5$ dan $n = 2$, maka $y[2] = (x[2] + x[3] + x[4] + x[5] + x[6]) / 5$, dan selanjutnya jika $n = 3$ maka $y[3] = (x[3] + x[4] + x[5] + x[6] + x[7]) / 5$ dan seterusnya seiring bertambahnya data ke-n.

Pada penelitian ini proses MA filter akan digunakan untuk mengatur nilai pemberian sinyal data PWM pada driver motor dalam mengatur kecepatan putaran motor penggerak propeller, sehingga gerak kecepatan putar motor penggerak propeller tidak langsung dengan kecepatan tinggi, namun akan bertambah secara bertahap.

Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Mikrokontroler adalah komputer yang berukuran mikro dalam satu chip IC (*integrated circuit*) yang terdiri dari *processor*, *memory*, dan memiliki *port I/O* (*Input Output*) yang dapat dihubungkan dengan perangkat lain dan bisa diprogram [7]. Salah satu jenis mikrokontroler adalah Arduino, yang merupakan sebuah *platform* mikrokontroler yang bersifat open source dan dirancang untuk mempermudah penggunaan dalam merancang sebuah sistem kontrol [11]. Salah satu tipe mikrokontroler arduino adalah tipe Mega 2560, yang pada penelitian ini digunakan tipe tersebut.



Gambar 2. Bentuk Mikrokontroler Arduino Mega 2560
Sumber: Datasheet Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 memiliki 54 jalur pin input/output digital (dimana 14 dapat digunakan sebagai output PWM), 16 input analog, 4 UART (port serial perangkat keras), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jalur i2c dan juga tersedia jalur Serial Peripheral Interface (SPI) SCL dan SDA [5].

V.Kel Global Positioning System (GPS) Module

V.Kel Global Positioning System (GPS) Module merupakan salah satu jenis alat GPS yang berfungsi sebagai penghasil data koordinat geografis (lintang dan bujur, ketinggian), kecepatan, posisi, dan waktu [6]. Pada penelitian ini digunakan komponen GPS modul V.kel sebagai sumber data kecepatan laju gerak kapal. Alasan dipilih modul GPS tipe tersebut karena mudah dihubungkan dengan komponen mikrokontroler dalam pembacaan data, selain itu juga tingkat akurasi data yang dihasilkan cukup tinggi, dan data yang dihasilkan sesuai dengan format data *National Marine Electronics Association (NMEA)*. Adapun gambar bentuk dan spesifikasi dari GPS modul V.Kel sebagai berikut:



Gambar 3. GPS modul V.KEL.
Sumber: Datasheet GPS modul V.KEL modul

Salah satu format NMEA 0183 data yang dihasilkan dari GPS modul V.Kel adalah VTG: *the speed information on ground* [6]. Contoh format data VTG untuk mendapatkan informasi data kecepatan gerak laju kapal:
\$GPVTG,309.62,T, ,M,0.13,N,0.2,K*6E

Tabel 1. Uraian data GPS format NMEA-VTG

Name	Example	Unit	Description
Message ID	\$GPVTG		VTG protocol head
Direction	309.62	Degree	
Reference	T		True North
Direction	309.62	Degree	
Reference	M		Magnetic
Speed	0.13	Knot	
Unit	N		Knot
Speed	0.2	Km/h	
Unit	K		Km/h
Checksum	*10		
<CR><LF>			Message ends

Sumber: Datasheet GPS modul V.KEL modul

II. Metode Penelitian

Dari hasil studi literatur dan penelitian yang sudah dilakukan maka telah didapatkan sebuah rancangan blok sistem kontrol kecepatan putar motor penggerak propeller kapal, yang

terdiri dari bagian input, proses dan output. Dan setiap bagian tersebut terdapat beberapa komponen atau sub bagian, seperti terlihat pada Gambar 4 berikut:



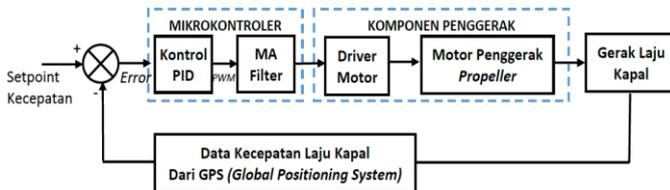
Gambar 4. Diagram blok sistem pengaturan kecepatan kapal

Sistem kerja dari diagram blok sistem diatas dapat kami uraikan sebagai berikut:

- A. **INPUT** merupakan data masukan yang terdapat dua masukan data, yaitu: Setpoint kecepatan dan data kecepatan laju kapal.
 - **Setpoint Kecepatan** merupakan kecepatan laju kapal yang diinginkan oleh pengguna, nilai setpoint didapat dari input nilai tombol keypad atau juga bisa dari kontrol pada tuas kemudi kapal dan dapat berubah-ubah (pelan, cepat maupun sangat cepat).
 - **Data kecepatan laju kapal** merupakan hasil pembacaan kecepatan laju dari kapal, data ini didapat dari sensor kecepatan laju kapal. Sensor laju kecepatan kapal yang digunakan adalah GPS modul, selain menghasilkan data koordinat lintang dan bujur, pada GPS modul yang digunakan juga menghasilkan informasi kecepatan gerak dalam satuan knots dan juga Km/h.
- B. **PROSES** merupakan bagian yang memproses data masukan setpoint kecepatan dan data kecepatan laju kapal. Pada bagian proses ini digunakan sebuah komponen Mikrokontroler Arduino Mega 2560, yang berfungsi untuk menerima data masukan mengolah dan menghitung data masukan dengan metode kontrol yang digunakan, sampai dihasilkan sebuah data output. Data output tersebut berupa sinyal data *Pulse Width Modulation (PWM)*, sinyal PWM tersebut direpresentasikan dalam bentuk bilangan dengan rentang nilai dari nol (0) sampai dua ratus lima puluh lima (255). Selanjutnya data sinyal PWM yang dihasilkan tersebut akumulasi dengan metode MA Filter, dengan tujuan apabila terjadi perubahan nilai yang signifikan (noise) maka bisa diredam, dan nilai PWM yang dihasilkan berubah bertahap secara halus. Dari sinyal PWM yang dihasilkan tersebut kemudian dikirim ke bagian output yaitu driver motor untuk menggerakkan putar motor, sehingga bisa memutar gerak *propeller*.
- C. **OUTPUT** merupakan bagian akhir dari sistem ini, yaitu bagian sistem penggerak *propeller* kapal. Data output sinyal PWM yang dihasilkan dari bagian proses diterima

komponen *driver* motor, kemudian sistem rangkaian *driver* motor akan bekerja untuk memberikan suplai tegangan kepada motor penggerak, sehingga motor penggerak akan berputar. Putaran dari motor penggerak terhubung dengan bagian poros *propeller*, sehingga pada bagian *propeller* akan berputar yang akan menghasilkan daya dorong terhadap badan kapal.

Dari uraian penjelasan diagram blok sistem secara umum diatas dapat digambarkan diagram blok sistem kontrol sebagai berikut:



Gambar 5. Diagram sistem kontrol pengaturan kecepatan laju kapal

III. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil sistem yang sudah dibuat dilakukan percobaan untuk menguji sistem dan melihat hasil permas yang dihasilkan, percobaan yang dilakukan antara lain:

A. Percobaan Pembacaan Kecepatan

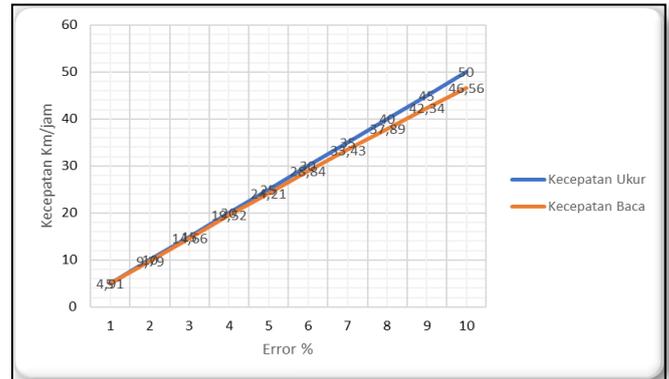
Pengujian awal dilakukan dengan membaca data kecepatan dari sensor modul GPS. Prosedur pada percobaan ini dengan membaca data kecepatan dengan mikrokontroler Arduino, hasil pembacaan kecepatan ditampilkan pada media media penampil dan dicatat. Untuk mengetahui akurasi dari data kecepatan yang terbaca, data dibandingkan dengan data informasi kecepatan kendaraan yang ditumpangi dengan membawa alat modul GPS tersebut. Dan berikut data hasil pembacaan kecepatan dari 5 - 50 km/jam, dengan masing-masing sebanyak 10 data percobaan pembacaan data kecepatan dan dirata-rata.

Tabel 2. Data hasil percobaan pembacaan kecepatan

No	Kecepatan uji (km/h)	Kecepatan baca GPS (km/h)	Error rata rata (%)	Akurasi rata-rata (%)
1	5	4,91	1,72	98,28
2	10	9,79	2,10	97,90
3	15	14,66	2,25	97,75
4	20	19,52	2,42	97,58
5	25	24,21	3,16	96,84
6	30	28,84	3,86	96,14
7	35	33,43	4,49	95,51
8	40	37,89	5,28	94,72
9	45	42,34	5,92	94,08
10	50	46,56	6,88	93,12

Dari data Tabel 2 bisa dijadikan data berupa grafik seperti terlihat pada Gambar 6. Pada Gambar 6 bisa kita amati garis

grafik kecepatan baca (warna orange) semakin renggang himpitan terhadap garis grafik kecepatan ukur (warna biru) ketika kecepatan yang diukur semakin besar, sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat *error* pembacaan data kecepatan semakin besar berbanding dengan besarnya kecepatan yang diukur.



Gambar 6. Grafik pembacaan data kecepatan

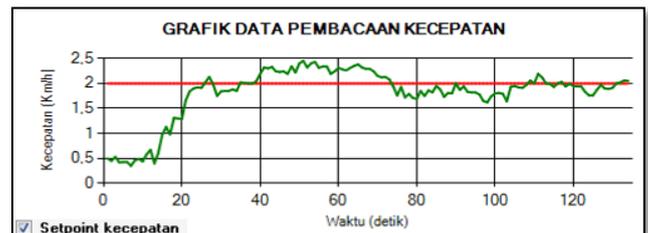
B. Ujicoba respon kontrol PID Mengatur Kecepatan

Prosedur percobaan kapal dijalankan langsung di air, sitem kontrol *hardware* dan *software* dipasang pada badan kapal

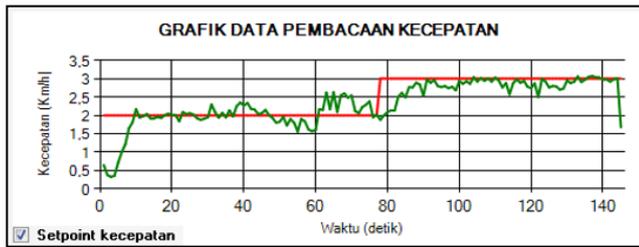


Gambar 7. Dokumentasi saat ujicoba kapal di air

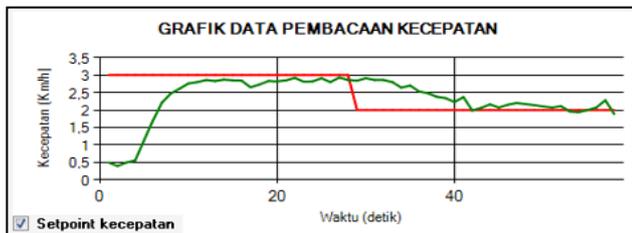
Sistem kontrol membaca data kecepatan laju saat itu, kemudian dibandingkan dengan *setpoint* yang ditentukan. Dan berikut adalah data grafik dari respon kontrol PID pada kapal yang dimonitoring.



Gambar 8. Grafik respon kontrol PID mengatur kecepatan laju kapal sesuai setpoint kecepatan sebesar 2 Km/jam



Gambar 9. Grafik respon kontrol PID mengatur kecepatan laju kapal dari 2 Km/jam naik menjadi 3 Km/jam

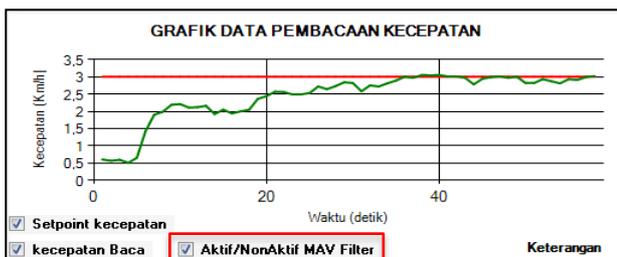


Gambar 10. Grafik respon kontrol PID mengatur kecepatan laju kapal dari 3 Km/jam turun menjadi 2 Km/jam

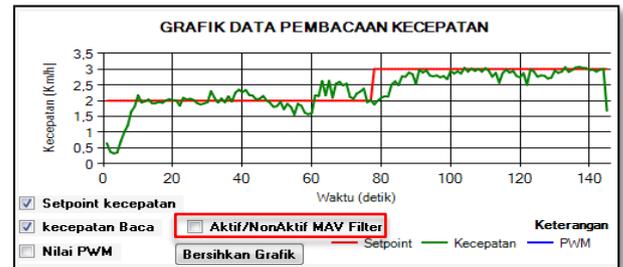
Dari data grafik hasil percobaan dapat diamati respon kontrol PID pada pengaturan kecepatan laju kapal mampu merespon dengan baik, dengan ditandai kecepatan kapal akan menyesuaikan berdasarkan nilai setpoint kecepatan yang ditentukan. Baik ketika setpoint kecepatan tetap, maupun disaat setpoint kecepatan berubah naik atau turun.

Ujicoba respon kontrol dengan penambahan *Moving Average Filter*

Setelah dilakukan percobaan dengan kontrol PID yang telah dibuat untuk mengatur kecepatan laju kapal, selanjutnya akan dicoba dengan menambahkan tahapan metode *Moving Average Filter* (MA) Filter. Prosedur percobaan kapal dijalankan langsung di air, sitem kontrol *hardware* dan *software* dipasang pada badan kapal. Sistem kontrol membaca data kecepatan laju saat itu, dengan mengkatifkan menu untuk proses metode MA Filter. Dari hasil data percobaan akan diamati dari data grafik yang dihasilkan, kemudian dibandingkan dengan data grafik tanpa MA Filter. Dan berikut adalah data grafik dari respon kontrol PID dengan penambahan MA Filter pada kecepatan laju kapal yang dimonitoring.



Gambar 11. Data monitoring kecepatan kapal dengan penambahan MA Filter



Gambar 12. Data monitoring kecepatan kapal Tanpa penambahan MA Filter

Berdasarkan pengamatan data grafik yang dihasilkan respon sistem kontrol dengan penambahan MA Filter, terlihat respon kecepatan laju kapal meningkat secara lambat menuju setpoint kecepatan yang diinginkan. Hal tersebut tentunya berbeda ketika respon sistem kontrol tanpa penambahan MA Filter, dimana ketika tanpa ada penambahan MA Filter kecepatan laju kapal meningkat lebih cepat menuju setpoint kecepatan yang diinginkan.

Dengan adanya penambahan MAV Filter kecepatan laju kapal meningkat secara lambat dikarenakan kecepatan putar motor penggerak propeller juga meningkat secara lambat. Dengan peningkatan secara bertahap kecepatan putar motor penggerak pada propeller, tentunya akan lebih membuat tuas poros dan daun baling-baling propeller tidak mudah rusak.

IV. Kesimpulan

Dari rangkaian penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem kontrol PID dan Moving Average Filter yang dibuat untuk mengatur kecepatan laju kapal dapat bekerja dengan baik, berdasarkan hasil pengamatan data grafik respon kecepatan baca terhadap setpoint kecepatan yang diinginkan.
2. Dengan adanya penambahan Moving Average Filter kecepatan laju kapal meningkat secara lambat dikarenakan kecepatan putar motor penggerak propeller juga meningkat secara lambat. Dengan peningkatan secara bertahap kecepatan putar motor penggerak pada propeller, tentunya akan lebih membuat tuas poros dan daun baling-baling propeller tidak mudah rusak.

V. Daftar Pustaka

- [1] Afandi A.N, Senior Member IAEng. (2004). *Penggunaan Motor Arus Searah Sebagai Penggerak Baling-Baling Kapal Laut*, ELTEK Engineering Journal, June 2004, Politeknik Negeri Malang.
- [2] Agung Dwi Yulianta, Sasongko Pramono Hadi, Suharyanto. (2015). *Pengendalian Kecepatan Motor Brushless DC (BLDC) Menggunakan Metode Fuzzy*, Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, Vol. 12, No. 2, pp.248 – 254, ISSN 1693-2390 print/ISSN 2407-0939 online.

-
- [3] Bondan Al Akbar Sabastian, (2017), *Perencanaan Sistem Penggerak Kapal Katamaran Dengan Variasi Jarak Demihull Sebagai Kapal Rumah Sakit*, Skripsi, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.
- [4] Budhy Setiawan, Naufal Nurdinasetyo, Indrazno Siradjuddin. (2018). *Kontrol Kecepatan Laju Model Kapal Catamaran*, Jurnal ELTEK, Vol 16 No 02, Oktober 2018 ISSN 1693-4024.
- [5] Datasheet Mikrokontroler Arduino Mega 2560, datasheet.pdf, 2018
- [6] Datasheet GPS modul V.KEL, www.vkelcom.com
- [7] Heri Andrianto, & Aan Darmawan. (2016). *Arduino Belajar Cepat dan Pemrograman*, Bandung: Informatika.
- [8] Ogata, Katsuhiko. (1997). *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*, Jakarta: Erlangga.
- [9] Tanudjaja, Harlianto. (2007). *Pengolahan Sinyal Digital dan Sistem Pemrosesan Sinyal*. Yogyakarta: , Andi Publisher. ISBN: 97897920234.
- [10] Undang-Undang Republik Indonesia nomor 21 tahun 1992 tentang Pelayaran
- [11] www.arduino.cc : website mikrokontroler arduino