

## **PENGATURAN KECEPATAN MOTOR PENGERAK PROPELLER PADA KAPAL MENGGUNAKAN METODE PID KONTROL**

**Suryadhi, Joko Subur**

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Hang Tuah Subaya  
suryadhi@hangtuah.ac.id, joko.subur@hangtuah.ac.id

**Abstrak:** Salah satu pengembangan teknologi perkapalan adalah pada sistem penggerak baling-baling pada kapal atau biasa disebut *propeller*. *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 yaitu motor listrik. Untuk menghasilkan kecepatan gerak kapal yang konstan dan stabil maka motor penggerak harus dapat memutar *propeller* dengan kecepatan putar yang disesuaikan dengan kecepatan gerak kapal yang diinginkan, walaupun terkadang pada pergerakan kapal ada hambatan berupa arus air ataupun hambatan lain. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka pada penelitian ini dibuat alat sistem kontrol pengaturan kecepatan motor penggerak *propeller* pada kapal menggunakan suatu metode kontrol PID (*Proportional, Integral, Derivative*). Metode kontrol PID adalah suatu kontroler yang digunakan untuk menentukan sistem tersebut presisi atau tidak dengan menggunakan karakteristik *feedback* (umpan balik) pada sistem, sehingga akan didapatkan kecepatan putar motor penggerak yang stabil. Sistem kerja kontrol PID yang digunakan bekerja berdasarkan nilai *setpoint* atau nilai kecepatan laju kapal yang diinginkan, dan membandingkan dengan kecepatan laju kapal yang sebenarnya, dari kedua nilai tersebut akan dibandingkan untuk mendapatkan nilai selisih (*error*) untuk selanjutnya digunakan sebagai proses komputasi dari metode kontrol PID. Hasil komputasi dari metode PID adalah berupa nilai untuk penentuan besarnya nilai *Pulse Width Modulation (PWM)* yang digunakan untuk mengatur besar tegangan yang disalurkan ke motor penggerak *propeller*. Dengan menggunakan metode kontrol PID kecepatan gerak laju kapal dapat dengan mudah dikendalikan atau dikontrol.

**Kata kunci:** kontrol kecepatan, motor penggerak *propeller*, kontrol PID, *Pulse Width Modulation (PWM)*

### **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 (Undang undang RI no 21, 1992). 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* (Affandi, 2004). *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 pemeliharaanya relatif sulit (Affandi, 2004). Oleh karena itu pada saat ini motor

## Seminar Nasional Kelautan XIV

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

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 (Budhy dkk, 2018). 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 (P)*, *Integral (I)*, *Derivative (D)*. Metode kontrol PID adalah suatu kontroler yang digunakan untuk menentukan sistem tersebut presisi atau tidak dengan menggunakan karakteristik *feedback* (umpan balik) pada sistem (Ogata, 1997), sehingga akan didapatkan laju kecepatan motor penggerak yang dapat menyesuaikan dengan pengaturan kecepatan laju kapal yang dikehendaki.

## TINJAUAN PUSTAKA

Untuk menunjang pelaksanaan penelitian ini perlu dilakukan tinjauan Pustaka yang terkait, antara lain:

### Prototype Kapal

Pada penelitian ini digunakan prototype bentuk kapal dengan spesifikasi, Material : Kayu Balsa; Panjang : 1050 mm; Lebar: 350 mm; Tinggi : 320 mm.  
Bentuk kapal bisa diamati pada Gambar berikut:



Gambar 2. Bentuk prototype kapal yang digunakan dalam penelitian

### Propeller Kapal

Sebagai penghasil daya dorong kapal pada penelitian ini digunakan *propeller* biasa dengan tipe *Fixed pitch propeller*. *Propeller* atau juga bisa disebut baling-baling adalah bagian yang sangat penting dalam menentukan arah gerak kapal. *Propeller* sendiri adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan gaya dorong pada kapal yang berasal dari daya mesin yang di transmisikan melalui poros (Bondan, 2017).



Gambar 3. Propeller biasa tipe *fixed pitch propeller*

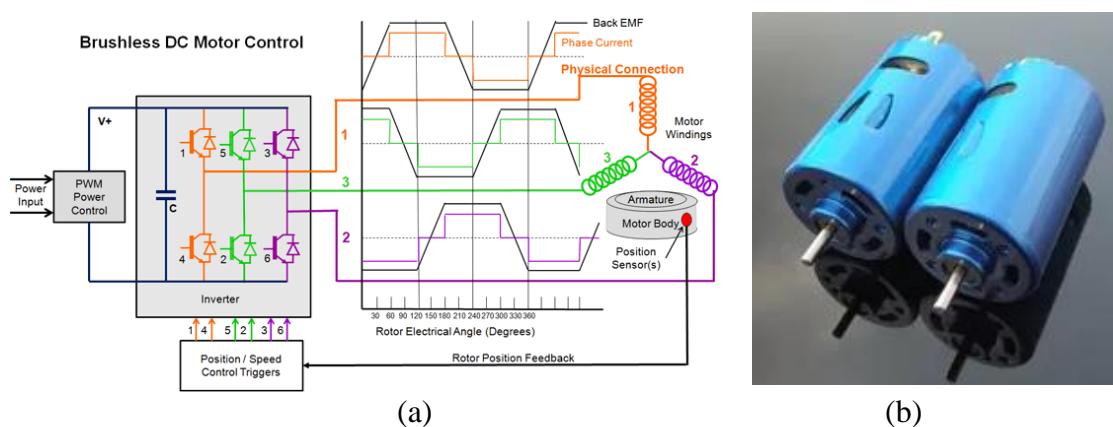
Sumber: <http://www.maritimeworld.web.id/2011/04/macam-macam-jenis-propeller-baling.html>

### **Motor Penggerak**

Sebagai penggerak *propeller* digunakan motor listrik berjenis *Brushless Direct Current (BLDC)* motor. BLDC merupakan motor sinkron yang menggunakan permanen magnet pada rotor serta lilitan pada stator sebagai medan magnet nya (Agung dkk, 2015). Cara kerja pada motor BLDC yaitu permanen magnet yang ada pada rotor akan ditarik dan di dorong oleh gaya elektromagnet stator yang diatur oleh driver motor. Pada penelitian ini digunakan motor DC brushless dengan tipe RS-550SA dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Tegangan kerja: DC 6V-24V
- Kecepatan putar : 19000 – 38000 rpm
- Output diameter poros: 3.17mm
- Output panjang poros: 10.5mm
- Diameter Motor: 36mm
- Panjang Motor: 57mm
- Berat: 200g

Bentuk dari BLDC dengan tipe RS-550SA dapat diamati pada Gambar berikut (Agung dkk, 2015).:



**Gambar 4.** (a) Skema Rangkaian Driver Motor BLDC, (b) BLDC motor RS-550SA

### **Driver Motor**

Untuk mengatur kecepatan putar dari motor BLDC sebagai penggerak *propeller* maka digunakan komponen rangkaian elektronika tambahan berupa *driver* motor. *Driver* motor merupakan suatu sistem yang mengontrol tegangan yang akan diteruskan ke motor dan dapat merubah arah putaran dan kecepatan putar motor (Budhy dkk, 2018). Pada penelitian ini digunakan *driver* motor BTS7960 dengan bentuk seperti terlihat pada Gambar 5.



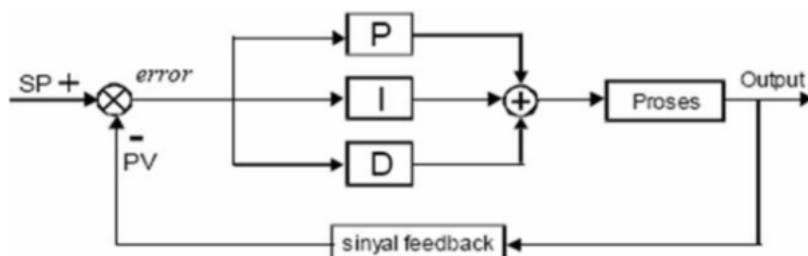
**Gambar 5.** Bentuk driver motor BTS7960

**Tabel 1.** Keterangan pin driver motor BTS7960

No	Pin	Keterangan
1.	RPWM	Input PWM Forward Level ,Aktif High
2.	LPWM	Input PWM Reverse Level ,Aktif High
3.	R_EN	Input Enable Forward Driver, Aktif High
4.	L_EN	Input Enable Reverse Driver, Aktif High
5.	R_IS	Forward Drive ,Side current alarm output
6.	L_IS	Reverse Drive ,Side current alarm output
7.	VCC	+5 V Power Supply Mikrokontroler
8.	GND	Gnd Power Supply Mikrokontroler
9.	W-	Di hubungkan ke Motor DC (V-)
10.	W+	Di hubungkan ke Motor DC (V+)
11.	B+	Tegangan Input V+ Motor
12.	B-	Tegangan Input V- Motor

## Kontrol PID

Kontrol PID (Proportional–Integral–Derivative Control) merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem (Ogata, 1997). 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 6 berikut



**Gambar 6.** Skema kontrol PID

Adapun persamaan Kontroler PID adalah sebagai berikut (Ogata, 1997):

$$PID = Kp \cdot e(t) + Ki \int e(t)dt + Kd \frac{de(t)}{dt}$$

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

## Seminar Nasional Kelautan XIV

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

Pengaruh penetapan nilai konstanta *Proportional, Integral* dan *Derivative* pada sistem kontrol PID tertutup disimpulkan pada Tabel 2 berikut:

**Tabel 2** Pengaruh nilai konstanta PID

Response	Rise Time	Overshoot	Setting Time	Steady State Error
<i>Proportional</i>	Turun	Naik	Perubahan Kecil	Turun
<i>Integral</i>	Turun	Naik	Naik	Hilang
<i>Derivative</i>	Perubahan Kecil	Turun	Turun	Perubahan Kecil

Sumber : (Ogata, 1997)

### 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 (Heri dkk, 2016). 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 ([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)). Salah satu tipe mikrokontroler arduino adalah tipe Mega 2560, yang pada penelitian ini digunakan tipe tersebut.

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* (Datasheet Arduino Mega 2560). Bentuk Mikrokontroler Arduino Mega 2560 dapat diamati pada Gambar 7 berikut:



**Gambar 7** Bentuk Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Sumber: Datasheet Arduino Mega 2560

### 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 (Datasheet GPS modul V.KEL). 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 mikrokontroller 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 8** GPS modul V.KEL; Sumber: Datasheet GPS modul V.KEL

## Seminar Nasional Kelautan XIV

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

Format NMEA 0183 data yang dihasilkan dari GPS modul V.Kel antara lain:

- *GGA: time, position, position type*
- *GLL: latitude, longitude, UTC*
- *GSA: GPS receiver operating mode, satellites for positioning, DOP value*
- *GSV: Available GPS satellites information, azimuth, elevation, SNR*
- *RMC: time, date, position, speed*
- *VTG: the speed information on ground*
- *MSS: signal strength*

Contoh format data VTG untuk mendapatkan informasi data kecepatan gerak laju kapal:  
\$GPVTG,309.62,T,,M,0.13,N,0.2,K\*6E

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

## 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, seperti terlihat pada Gambar 9 berikut:



**Gambar 9** Diagram blok sistem pengaturan kecepatan laju kapal

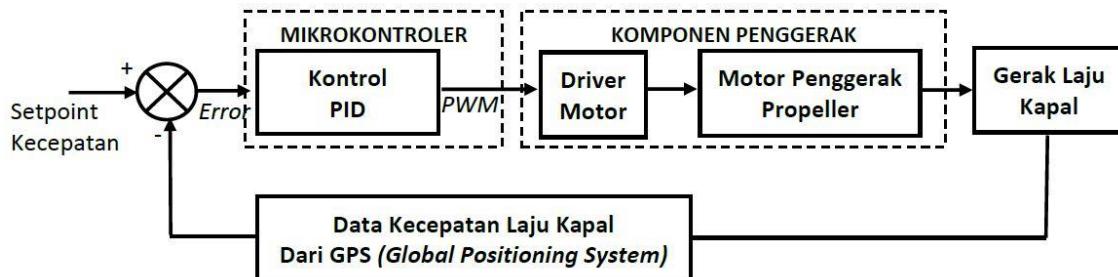
Sistem kerja dari diagram blok sistem diatas dapat kami uraikan sebagai berikut:

1. **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 sensor 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.

2. **PROSES** merupakan bagian yang memproses data masukan setpoint kecepatan dan data kecepatan laju kapal. Pada bagian proses ini digunakan sebuah komponen Mikrokontroller 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). Dari sinyal PWM yang dihasilkan tersebut kemudian dikirim ke bagian output yaitu driver motor untuk menggerakkan putar motor, sehingga bisa memutar gerak *propeller*. Sinyal PWM tersebut dihasilkan dari perhitungan metode kontrol PID yang digunakan.
3. **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 10** Diagram blok sistem kontrol pengaturan kecepatan laju kapal

## HASIL DAN PEMBAHASAN

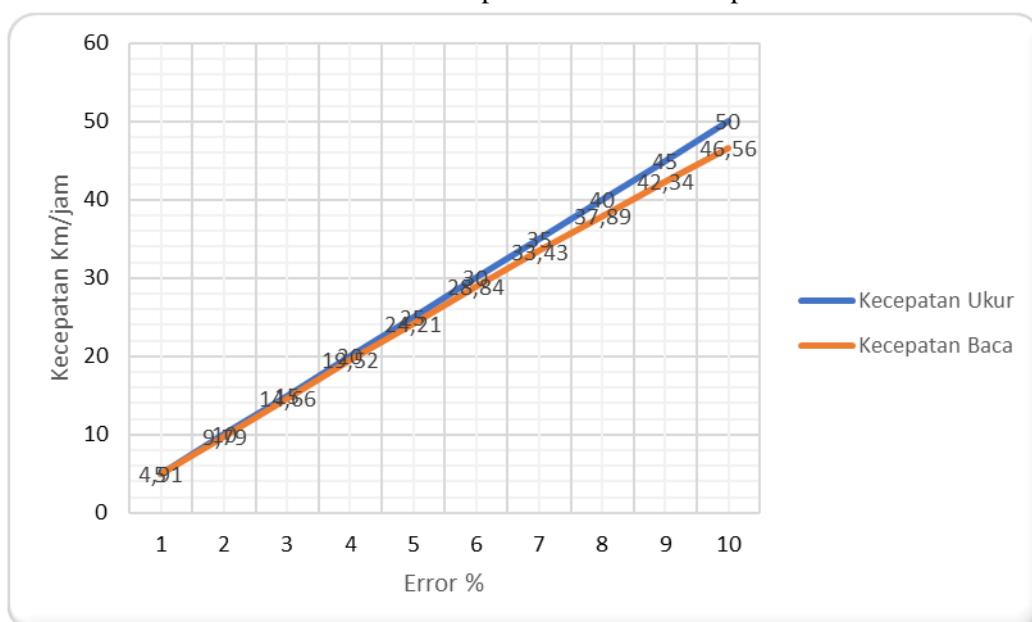
Dari hasil sistem yang sudah dibuat dilakukan percobaan untuk menguji sistem dan melihat hasil performas yang dihasilkan, percobaan yang dilakukan anatara lain:

### Percobaan Pembacaan Kecepatan

Pengujian awal dilakukan dengan membaca data kecepatan dari sensor modul GPS V.Kel. 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 km/jam sampai dengan 50 km/jam, dengan masing-masing sebanyak 10 data percobaan pembacaan data kecepatan.

**Tabel 3** Data hasil percobaan pembacaan kecepatan

No	Kecepatan uji (km/h)	Kecepatan baca GPS (rata rata) 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

**Gambar 11** Grafik pembacaan data kecepatan

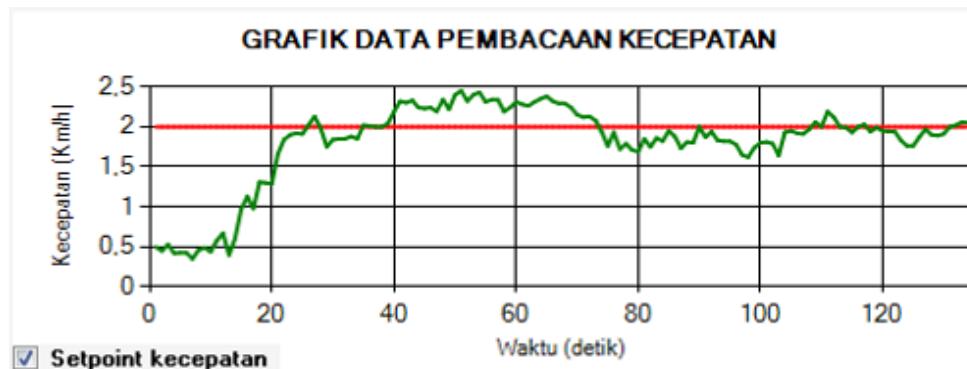
Pada Gambar 11 bisa kita amati garis grafik kecepatan baca (warna orange) semakin renggang himpitan terhadap garis grafik kecepatan ukur (warna biru) ketika kecepatan yang diukur semakin besar, sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat *error* pembacaan data kecepatan semakin besar berbanding dengan besarnya kecepatan yang diukur.

### Ujicoba respon kontrol PID Mengatur Kecepatan Laju Kapal

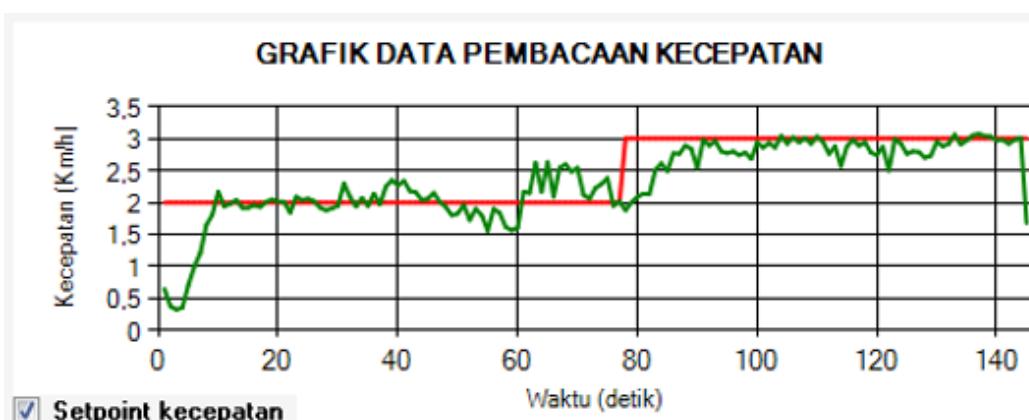
Percobaan selanjutnya yaitu mencoba secara langsung kontrol PID yang telah dibuat untuk mengatur kecepatan laju kapal berdasarkan *setpoint* kecepatan yang ditentukan. Prosedur percobaan kapal dijalankan langsung di air, sistem kontrol *hardware* dan *software* dipasang pada badan kapal. Sistem kontrol 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.

#### Seminar Nasional Kelautan XIV

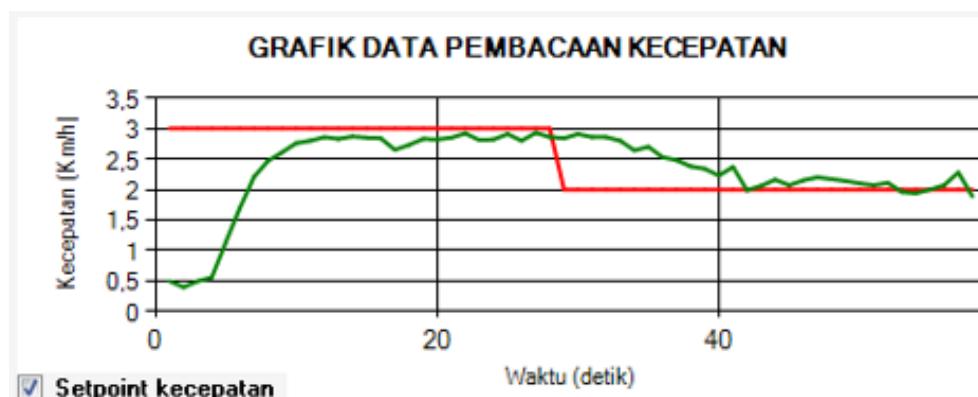
" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019



**Gambar 12** Grafik respon kontrol PID mengatur kecepatan laju kapal sesuai setpoint kecepatan sebesar 2 Km/jam



**Gambar 13** Grafik respon kontrol PID mengatur kecepatan laju kapal sesuai setpoint kecepatan sebesar 2 Km/jam naik menjadi 3 Km/jam



**Gambar 14** Grafik respon kontrol PID mengatur kecepatan laju kapal sesuai setpoint kecepatan sebesar 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.

## **Seminar Nasional Kelautan XIV**

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

## **KESIMPULAN**

Dari hasil percobaan yang sudah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sumber data kecepatan laju kapal dari GPS modul V.Kel cukup akurat sekitar 95%, namun akurasi pembacaan data kecepatan akan menurun ketika pada kecepatan semakin besar.
2. Respon kontrol PID yang dibuat 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.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih kami sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Hang Tuah yang telah mendanai penilitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- 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.
- 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.
- Bondan Al Akbar Sebastian, (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
- Budhy Setiawan, Naufal Nurdinasetyo, Indrazno Siradjuddin. (2018). *Kontrol Kecepatan Laju Model Kapal Catamaran*, Jurnal ELTEK, Vol 16 No 02, Oktober 2018 ISSN 1693-4024.
- Datasheet Mikrokontroler Arduino Mega 2560, datasheet.pdf, 2018
- Datasheet GPS modul V.KEL, www.vkelcom.com
- Heri Andrianto, & Aan Darmawan. (2016). *Arduino Belajar Cepat dan Pemrograman*, Bandung: Informatika.
- Ogata, Katsuhiko. (1997). *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*, Jakarta: Erlangga.
- Undang-Undang Republik Indonesia nomor 21 tahun 1992 tentang Pelayaran  
[www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) : website mikrokontroler arduino