

KONTROL KECEPATAN LAJU MODEL KAPAL CATAMARAN

¹⁾**Budhy Setiawan, Naufal Nurdinasetyo, Indrazno
Siradjuddin**

Politeknik Negeri Malang

¹⁾stbuddy@yahoo.com

Abstrak

Kapal merupakan alat transportasi untuk medan perairan yang digunakan untuk berbagai tujuan. Kapal *Catamaran* merupakan salah satu desain kapal yang banyak digunakan karena desain mekaniknya sangat stabil dalam menghadapi berbagai medan perairan. Namun medan perairan yang kondisinya berubah – ubah secara terus menerus menyebabkan kecepatan laju kapal sulit stabil.

Solusi untuk mengatasi masalah kestabilan kecepatan kapal adalah membuat sistem kontrol kecepatan laju kapal berbasis *PID Control* yang memungkinkan kontrol kecepatan motor DC berdasarkan dari *feedback flowmeter* supaya kecepatan laju kapal tetap stabil. Penggunaan satuan kecepatan laju kapal dalam debit aliran air liter / menit bertujuan untuk mencari padanan konversi debit aliran air menjadi kecepatan laju dalam meter / detik. Hasil pengendalian kecepatan dengan kontrol PID memiliki error rata – rata 16.66 % dengan *rise time* di detik ke 12 dan *settling time* di detik ke 21.

Kata-kata kunci: PID, Kontrol Kecepatan Laju, Kapal *Catamaran*,

Abstract

Ships are a means of transportation for terrain that is used for various purposes. Catamaran ships are one of the most widely used ship designs because their mechanical designs are very stable in the face of various terrain waters. However, the terrain whose conditions change continuously causes the speed of the ship to be difficult to stabilize

The solution to overcome the ship speed stability problem is to make a PID Control based speed rate control system that allows DC motor speed control based on the feedback flow meter so that the speed of the ship's speed remains stable. The use of the speed of the vessel in the liter / minute water flow discharge aims to find the equivalent conversion of the water flow rate into the rate of speed in meters / second. The results

of speed control with PID control have an average error of 16.66% with rise time at 12 seconds and settling time at 21 seconds.

Key words: PID, Speed Speed Control, Catamaran Ship

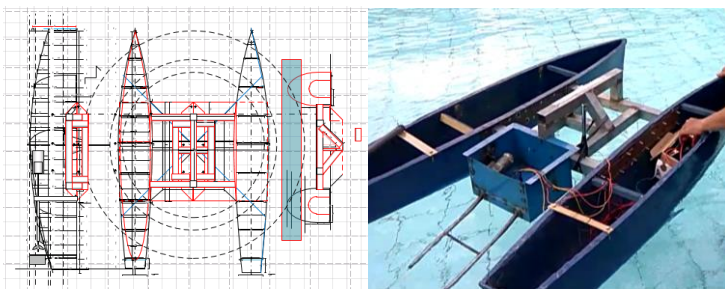
1. PENDAHULUAN

Kondisi medan perairan sangat tidak stabil menyebabkan kecepatan kapal yang tidak stabil, padahal kecepatan kapal yang tidak stabil dapat menyebabkan kerugian moril maupun materiil. Untuk mengatasinya dibuatlah model Kapal *Catamaran* dengan sistem ber judul *Kontrol Kecepatan Laju Model Kapal Catamaran*.

2. KAJIAN PUSTAKA

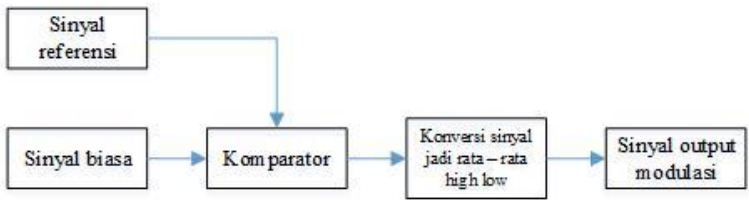
Model Kapal Catamaran

Model kapal *Catamaran* adalah model kapal yang tidak bisa dinaiki manusia dengan konstruksi terdiri dari dua Hull (lambung) berukuran sama besar yang dihubungkan dengan sebuah struktur (rangka, badan, kapal, atau lainnya). Model Kapal *Catamaran* memiliki kestabilan yang tinggi saat berjalan dalam menghadapi gerakan air dan ombak di medan perairan karena *Catamaran* memiliki *beam* (*beam* adalah area yang dicover keseluruhan struktur kapal) yang luas akibat dari dua *Hull* yang terhubung satu sama lain. Pergerakan Kecepatan Model Kapal menggunakan motor DC untuk memutar *shaft* dan *propeller* kapal.



Gambar 1. Model Kapal *Catamaran*

Pengontrolan Kecepatan Laju Model Kapal melalui motor DC yang memutar *shaft* dan *propeller* Kapal menggunakan kontrol PWM berbasis mikrokontroler ATmega32 dengan metode PID. PWM (Pulse Width Modulation) adalah teknik pengontrolan tegangan rata – rata aliran listrik yang masuk ke dalam sebuah alat elektronik. Cara pengontrolan tegangan rata – ratanya yaitu dengan ON / OFF tegangan antara pemberi tegangan dan alat elektronik penerima dalam rentang waktu sangat cepat yaitu milisecond.



Gambar 2. Blok Diagram PWM

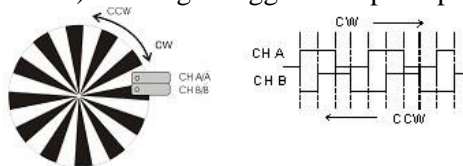
PID dan PWM

PID (*Proportional-Integral-Derivative*) Controller adalah mekanisme kontrol *closed loop* menggunakan *feedback* yang *feedbacknya* memodulasi secara kontinu / terus menerus. Kontroler PID menghitung secara terus menerus *error value* $e(t)$ sebagai perbedaan antara setpoint $r(t)$ yang diharapkan dengan variable proses $y(t)$. Error value ini lalu dikoreksi dengan menggunakan penghitungan dari persamaan *Proportional, Integral, and Derivative* yang menjadi asal dari nama kontrol PID ini, yang hasilnya jadi referensi mikrokontroler untuk mengubah Process harus melakukan apa untuk menstabilkan outputnya.

Kegunaan PWM pada proses kontrol PID proyek ini yaitu, *feedback* dari *flowmeter* YF-S201 akan dibandingkan dengan set point pada microcontroller yang disetel oleh pengguna, lalu sinyal PWM diubah lebar pulsa *Duty Cycle* nya yang menuju motor DC untuk mengendalikan kecepatan kapal melalui *shaft* yang memutar *propeller* sehingga *error value* $e(t)$ bernilai mendekati nol dan dijaga seperti itu, supaya sistem stabil.

Menghitung Kecepatan Kapal Menggunakan Sensor YF-S201

YF-S201 adalah sensor pengukur volume air mengalir dengan rentang antara 1 – 30 Liter per menit. Tegangan Kerja sensor antara 5 – 18 V dengan rentang frekuensi duty cycle 0 – 100% yaitu 7.5 – 225 Hz. Tegangan keluaran sensor dan pulsa yang keluar terskala linear dengan volume air yang terukur, yaitu naik 0.045 V dan 0.75 Jz tiap kenaikan 0.1 Liter / menit. *Rotary Encoder* pada flowmeter, digunakan untuk mengubah putaran menjadi sinyal digital. Cara kerjanya yaitu dua buah sensor optis (chanel A/A dan chanel B/B) pendeteksi “hitam dan putih” digunakan digunakan sebagai acuan untuk menentukan arah gerakan, entah searah jarum jam (clock-wise. CW atau berlawanan arah jarum jam (counter clock-wise. CCW). Jumlah pulsa (baik A atau B) dihitung menggunakan prinsip counter.



Gambar 3. Rotary Encoder



Gambar 4. Flowmeter YF-S201

Teori menghitung kecepatan laju kapal ini didasarkan melalui perhitungan *flowmeter*. Perhitungan kecepatan laju kapal menggunakan *flowmeter* bisa menggunakan dua metode yaitu secara elektronika berdasar respon pulsa sensor dari datasheet yang kemudian dikali dengan jumlah putaran baling – baling *flowmeter*. Metode lainnya yaitu secara mekanis menggunakan

berapa kali volume *flowmeter* penuh yang kemudian dikali dengan jumlah putaran baling – baling *flowmeter*.

Penghitungan kecepatan laju kapal secara elektronika rumus – rumusnya adalah :

$$v = \text{kecepatan} \left(\frac{\text{meter}}{\text{detik}} \right)$$

$$d = \text{jarak (meter)}$$

$$t = \text{waktu (meter)}$$

$$K = \text{keliling baling – baling flowmeter (meter)}$$

$$Q = \text{debit aliran air (liter)}$$

$$\text{vol} = \text{volume (dm}^3\text{)}$$

Sedangkan persamaannya adalah :

$$v = \frac{d}{t} = Q \times 11 \text{ cm} \times 0,01 \quad (1)$$

atau

$$v = \frac{\frac{\Delta \text{pulsa}}{s} \times 11 \text{ cm} \times 0,01}{\text{detik}} \quad (2)$$

Sementara penghitungan kecepatan laju kapal secara mekanik menggunakan dimensi volume adalah :

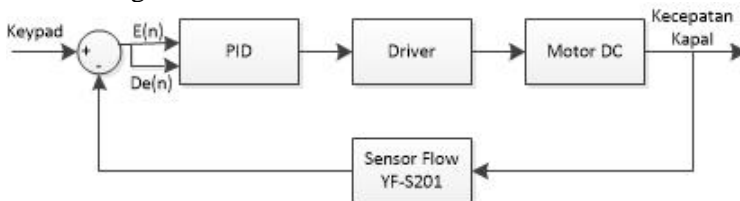
$$v = \frac{d}{t} = \frac{Q}{V} \times K \quad (\text{dalam dm/s}) \quad (3)$$

$$v = \frac{d}{t} \times 0,1 \quad (\text{dalam m/s}) \quad (4)$$

$$v = \frac{d}{t} \times \frac{3600}{1000} \quad (\text{dalam km/jam})$$

3. METODE

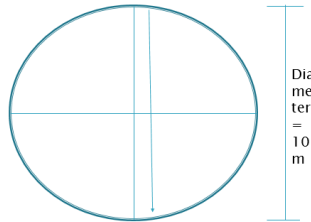
Metode penelitian yang digunakan ini adalah metode experimental (observasi) dan metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mencatat secara *trial error*.



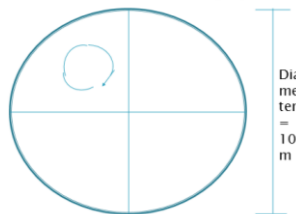
Gambar 5. Blok Diagram Kontrol

3.1 Jalur Percobaan Kapal

1. Jalur Lurus Kapal berjalan dari titik tengah kolam secara lurus sepanjang 5 m.
2. Jalur Berputar – putar kapal berputar di $\frac{1}{4}$ area kolam untuk uji PID kapal dengan setpoint 3 liter / menit.



Gambar 6. Jalur Lurus Untuk Uji Kecepatan



Gambar 7. Jalur Berputar – Putar Untuk Uji PID

3.2 Perancangan PID

Setpoint untuk kontrol PID kecepatan kapal yang diset adalah 3 liter / menit, karena meski medan air tenang, debit aliran air tenang masih di kisaran 0.5 – 2.5 liter / menit sehingga kontrol tidak bisa di set di bawah 3 liter / menit.

Perhitungan konstanta P yaitu :

$$P = K_p * error \quad (5)$$

Perhitungan konstanta I yaitu :

$$I = K_i * \epsilon Error * \Delta Time \quad (6)$$

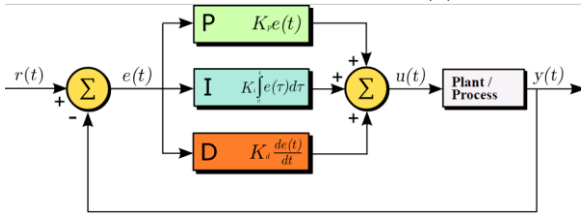
Perhitungan konstanta D yaitu :

$$D = K_d * (error - lastError) / deltaTime \quad (7)$$

$$lastError = error \quad (8)$$

Sehingga dari penerapan tersebut dapat dihitung rumus PID yaitu :

$$PID = P + I + D \tag{9}$$

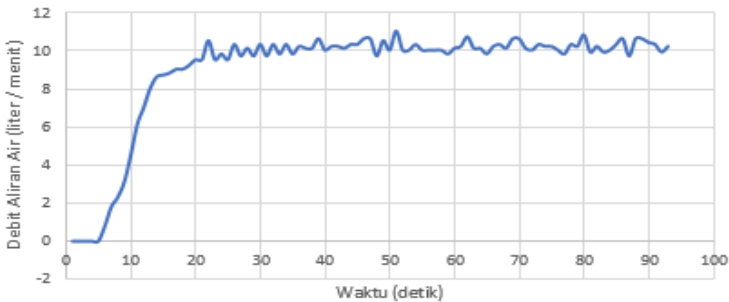


Gambar 8. Blok Diagram PID

3.3 Pengendalian Kecepatan Kapal tanpa Kontrol

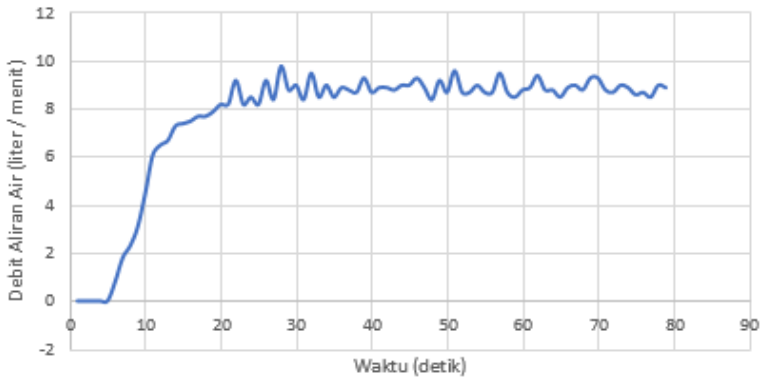
Pengendalian tanpa kontrol PID dengan memberi perintah PWM di titik tengah bernilai 127 melalui mikrokontroler. Pengambilan data menggunakan 2 sampel yaitu kapal tidak dibebani apa – apa dan kapal dibebani batu seberat 8 kg. Hasil pengendalian kecepatan tanpa kontrol PID ini nanti nya dibandingkan dengan kontrol menggunakan PID untuk mengetahui efek pengendalian PID.

Grafik Pengambilan Data Tanpa Kontrol, PWM 127, Tanpa beban di Kapal



Gambar 9. Tanpa Kontrol, PWM 127, Tanpa Beban

Grafik Pengambilan Data Tanpa Kontrol, dengan beban 8 kg di kapal, PWM 127



Gambar 10. Tanpa Kontrol, PWM 127, Beban 8 Kg

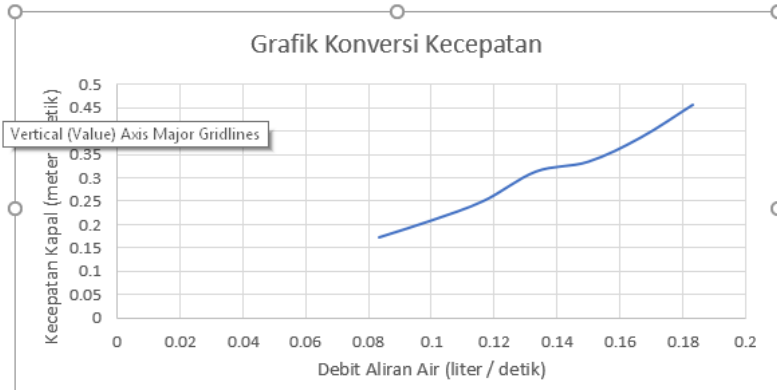
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Kecepatan Kapal *Catamaran*

Pengujian untuk mengkonversi kecepatan debit aliran air (liter / menit) menjadi kecepatan kapal (menit / detik) dengan metode *trial and error*, setpoint debitn 5 – 11 liter / menit, jalur tempuh kapal lurus sepanjang 5 m dan durasi kapal berjalan dihitung menggunakan *stopwatch*.



Gambar 11. Tanpa Kontrol, PWM 127, Beban 8 Kg



Gambar 12. Grafik Konversi Kecepatan Ke Debit Aliran Air

4.2 Konversi Kecepatan Menggunakan Pulsa YF-S201

Dari rumus – rumus sebelumnya, maka disimpulkan bahwa :

$$v = \frac{d}{t} = Q \times 11 \text{ cm} \times 0,01 \quad (1)$$

atau

$$v = \frac{\frac{\Delta \text{pulsa}}{s} \times 11 \text{ cm} \times 0,01}{\text{detik}} \quad (2)$$

Dengan hasil perhitungan yaitu :

Tabel 1. Hasil Konveersi Kecepatan Metode Pulsa

Setpoint (liter / menit)	Hitungan Pulsa (meter / detik)	Hitungan Pulsa (kilo / jam)
5	0,00913	0,0328
6	0,011	0,0396
7	0,01287	0,0463
8	0,01463	0,0527
9	0,0165	0,0594
10	0,01837	0,0661
11	0,0203	0,073

4.3 Konversi Kecepatan Menggunakan Dimensi Volume YF-S201

Dari rumus – rumus sebelumnya, maka disimpulkan bahwa :

$$\text{setpoint} = \frac{v}{t} \quad (\text{liter/menit, karena sensor flow}) \quad (10)$$

$$vol = \pi \times r^2 \times t \quad (11)$$

$$V = 3,14 \times 1,75 \text{ cm}^2 \times 3,8 \text{ cm}$$

$$V = 36,5 \text{ cm}^3 \text{ atau}$$

$$V = 0,0365 \text{ dm}^3 \text{ atau } 0,0365 \text{ liter}$$

$$K = 2 \times \pi \times r \quad (12)$$

$$K = 2 \times 3,14 \times 1,75$$

$$K = 11 \text{ cm atau } 1,1 \text{ dm}$$

$$v = \frac{d}{t} = \frac{Q}{V} \times K \text{ (dalam dm/s)} \quad (3)$$

$$v = \frac{d}{t} \times 0,1 \text{ (dalam m/s)} \quad (4)$$

$$v = \frac{d}{t} \times \frac{3600}{1000} \text{ (dalam km/jam)} \quad (5)$$

Dengan hasil perhitungan yaitu :

Tabel 2. Hasil Konversi Kecepatan Metode Volume

Setpoint (liter / menit)	Hitungan Pulsa (meter / detik)	Hitungan Pulsa (kilo / jam)
5	0,00913	0,0328
6	0,011	0,0396
7	0,01287	0,0463
8	0,01463	0,0527
9	0,0165	0,0594
10	0,01837	0,0661
11	0,0203	0,073

4.3 Perbandingan Hasil Praktek Konversi Kecepatan dengan Teori Konversi Kecepatan

Berdasarkan hasil masing – masing metode, konversi berdasarkan dimensi volume yang perhitungannya lebih mendekati hasil praktek *Stopwatch*.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Konversi Menggunakan Teori Dengan Praktek Lapangan

Setpoint (liter / menit)	Praktek (meter / detik)	Pulsa (meter / detik)	Volume (meter / detik)
5	0,172	0,00913	0,25

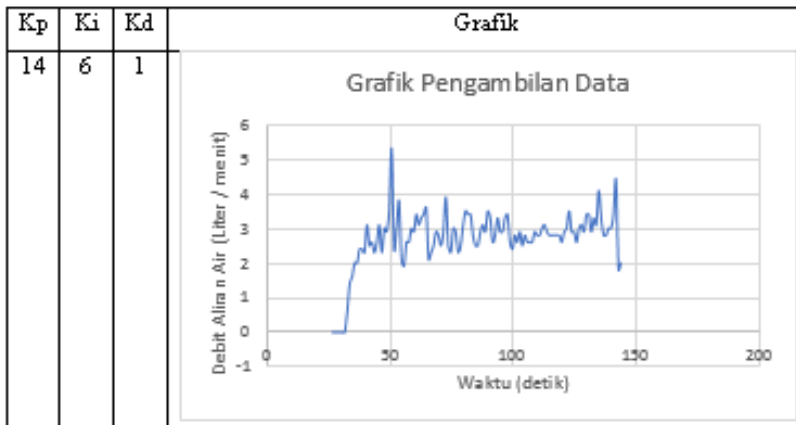
6	0,208	0,011	0,301
7	0,25	0,01287	0,352
8	0,312	0,01463	0,44
9	0,33	0,0165	0,452
10	0,385	0,01837	0,503
11	0,45	0,0203	0,55

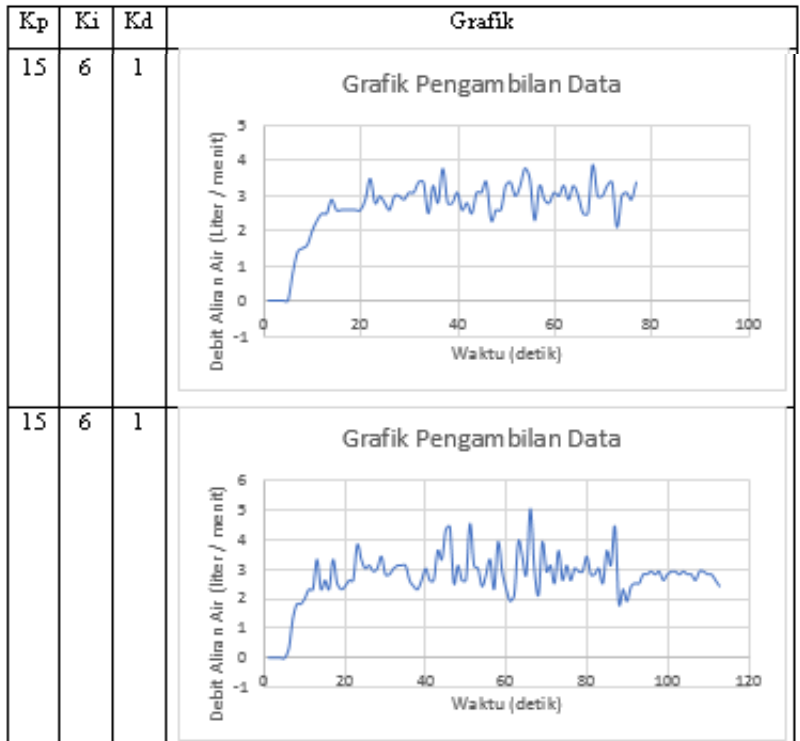
4.4 Pengujian Kontrol PID Trial and Error

Bertujuan agar dapat mengetahui dan mengerti tentang pengaruh kontrol PID pada kecepatan kapal dengan cara mengubah – ubah nilai Kp, Ki, dan Kd dengan nilai setpoint yang sama yaitu 3 Liter / menit pada jalur berputar di ¼ kolam dengan jumlah putaran 4 kali kemudian melihat perubahan pada kontrol kecepatan kapalnya.

Tabel menunjukkan bahwa kontrol menggunakan PID lebih baik dibanding dengan tanpa kontrol. Rise time tanpa kontrol adalah di detik ke-21 dibanding dengan menggunakan PID yaitu detik ke-12. Settling time tanpa kontrol adalah detik ke-40 dibanding dengan menggunakan PID yaitu detik ke-25. Nilai Kp, Ki, dan Kd yang terbaik yaitu Kp=15, Ki=6, dan Kd=1. Berikut hasilnya :

Tabel 4. Hasil Pengujian PID Trial And Error





5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

- 1) Pengendalian Kecepatan Laju Model Kapal *Catamaran* dengan metode PID *trial and error* menghasilkan nilai konstanta PID yang paling tepat yaitu $K_p = 15$, $K_i = 6$, dan $K_d = 1$ untuk respon terbaik dengan *settling time* pada detik ke 21 dan *rise time* pada detik ke 12. Error rata – rata pengendalian PID adalah 16.66 %.
- 2) *Setpoint* kecepatan laju model kapal dalam debit aliran air paling kecil adalah 3 liter / menit karena kondisi kecepatan debit aliran air medan perairan berkisar antara 0,5 – 2,5 liter / menit.

- 3) Konversi debit aliran air menjadi kecepatan laju model kapal bisa menggunakan dua metode yaitu secara Elektronika menggunakan Pulsa dan secara mekanis menggunakan Dimensi Volume. Hasil konversi keduanya jika dibandingkan dengan praktek sesungguhnya, hasil perhitungan secara mekanis lebih mendekati hasil praktek.
- 4) Kecepatan Kapal dalam debit aliran air memiliki rentang antara 3 – 11 liter / menit.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Malvino, Albert Paul. 1984. Prinsip – Prinsip Elektronik. Jakarta. Erlangga
- [2] <https://habitat04.blogspot.com/Teori-Motor-DC-dan-Jenis-Jenis-Motor-DC>. Diakses pada 12 April 2018
- [3] <https://www.hobbytronics.co.uk/datasheets/sensors/YF-S201.pdf>. Diakses pada 10 Mei 2018
- [4] <http://files.amperka.ru/store-media/products/water-flow-sensor/media/YF-S201.pdf>. Diakses pada 10 Mei 2018
- [5] Ardi Pradana, Dominikus Widya Sentosa. 2013. “ *Rancang Bangun Autonomous Speed Boat KKCTBN 2013 dengan Navigasi Sensor Kompas dan Ultrasonik* “, Politeknik Negeri Malang, Malang.
- [6] Ahmad Zein, Nur Fadly Rosady. 2013. “ *Autonomous Boat dengan Sensor Kompas dan Ultrasonic* “, Politeknik Negeri Malang, Malang