

# Pengaturan Pemotong Rumput Berdasarkan Ketebalan Menggunakan Kontrol PID Berbasis Mikrokontroler

Silvia Ratna Wati, Hariyadi Singgih, Yulianto

**Abstrak** – Mesin pemotong rumput yang dibuat ini bergantung pada proses pemotongan dengan kecepatan putar pisanya tidak terpengaruhi ketebalan rumput, ketika rumput banyak dan lebat maka kecepatan potong dapat maksimal. Pengontrolan kecepatan distabilkan menggunakan kontrol PID. Untuk menghindari kebisingan mesin ini menggunakan motor DC dengan sumber listrik dari *battery*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan alat dengan teknologi yang lebih otomatis. Sehingga dapat mengoptimalkan daya guna mesin pada pengaturan kecepatan mesin pemotong rumput berdasarkan ketebalan menggunakan kontrol PID berbasis mikrokontroler. Pengujian dan pengambilan data dilakukan secara eksperimen di tanah datar yang ditumbuhi rumput dengan variasi ketebalan rumput tebal dan tipis. Dari pengujian alat menunjukkan hasil yang baik. Kecepatan pemotongan rumput rata-rata 4500 RPM dapat memotong rumput yang tebal dan tipis. Hasil parameter kontroler PID diperoleh nilai  $K_p = 0.3$ ,  $K_i = 0.1$  dan  $K_d = 0.4$ . Dengan nilai *tuning* PID tersebut didapatkan respon sistem yang stabil.

**Kata kunci** : Motor DC, PID dan *Battery*

## I. PENDAHULUAN

Untuk memenuhi kecepatan kerja pada zaman yang semakin maju. Semakin banyak pekerja menggunakan alat bantu atau mesin untuk memudahkan pekerjaan manusia. Terutama untuk memasang. Banyaknya rumput yang perlu dipotong membuat pekerjaan menjadi lama dan tidak efisien bila dilakukan secara manual. Perkembangan sekarang telah banyak mesin pemotong rumput, mesin pemotong rumput yang telah ada menggunakan BBM. Kelangkaan BBM yang disebabkan oleh kenaikan harga minyak dunia yang signifikan, telah mendorong pemerintah untuk mengajak masyarakat mengatasi serta menggunakan energy alternative untuk sumber energy baru. (Umur, Agus T dan Jatmika, 2015). Upaya untuk mengatasi kelangkaan BBM telah dilakukan pemerintah salah satunya mencari energy alternative. Energi listrik sudah menjadi bagian penting dalam

kehidupan manusia. Sumber listrik ini dapat menjadi alternative kelangkaan BBM. Mesin pemotong rumput yang akan dibuat untuk penelitian kali menggunakan sumber daya akumulator DC dengan tegangan 12 volt 5Ah. Akumulator dapat di idu ulang dngan listrik bertegangan PLN Selain itu terdapat perbedaan kecepatan putar mata pisau ketika mesin memotong rumput yang lebih tebal dan banyak. Motor berputar tidak stabil dan lebih pelan hal ini membuat mesin pemotong rumput tidak efisien. Rumput yang di potong menjadi tidak merata. Pengontrolan pada motor rumput diperlukan untuk menstabilkan putaran agar sesuai dengan kecepatan (rpm) yang diinginkan. Kecepatan putar pisau perlu di atur sesuai dengan ketebalan rumput, Ketika rumput tebal maka kecepatan putaran pisau maksimal sedangkan ketika rumput tidak tebal/tipis kecepatan putaran pisau berubah sedang. Hal ini dapat menghemat penggunaan energi listrik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mesin Pemotong Rumput

Mesin pemotong rumput memiliki dua tipe yaitu mesin pemotong rumput yang gendong dan mesin pemotong rumput yang di dotrong. Fungsi keduanya pun sama, tetapi digunakan sesuai tempat dan ketebalan rumput. Kedua mesin tersebut menggunakan bahan bakar bensin dan ada juga yang menggunakan bahan bakar gas. Hasil dari pembakaran inilah dapat menimbulkan efek rumah kaca dan menyumbang pemanasan global, sehingga diperlukan suatu maka mesin pemotong rumput yang dapat mengurangi polusi udara dan ramah lingkungan.

### 2.2 Sensor Hall



Gambar 1 Modul Sensor Kecepatan

Ini adalah jenis sensor celah opto-coupler yang akan menghasilkan sinyal output High TTL ketika sebuah objek terdeteksi pada celah

Silvia Ratna Wati adalah mahasiswa Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang  
Hariyadi Singgih dan Yulianto adalah staf pengajar Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

Prinsip Kerja :

- Ketika modul tidak terhalang/tertutup, penerima hidup, DO output Low. Ketika terhalang/tertutup, DO output High
- DO dapat dihubungkan ke relay, terdiri dari saklar pembatas dan fungsi lainnya, dapat juga dihubungkan ke modul buzzer termasuk alarm.

2.3 Liquid Cristal Display (LCD)



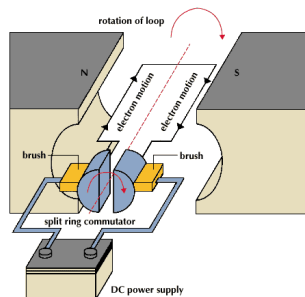
Gambar 2 LCD (Liquid Cristal Display)

LCD adalah suatu system yang dapat menampilkan data dalam bentuk karakter. Data yang ditampilkan pada LCD merupakan data ASCII (American Standart Code Internatsional Interchange), data ini telah mengkodekan nilai alphabet dan numerik menjadi data digital. LCD tipe 16x2 ini memiliki 2 baris dimana masing-masing baris memuat 16 karakter.

Dalam modul LCD (Liquid Cristal Display) terdapat mikrontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (Liquid Cristal Display). Mikrokontroler pada suatu LCD dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan mikrokontroler internal LCD adalah

2.4 Motor DC

Motor DC Motor arus searah (motor DC) adalah mesin yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanis. Sebuah motor listrik berfungsi untuk mengubah daya listrik menjadi daya mekanik. Pada prinsip pengoperasiannya, motor arus searah sangat identik dengan generator arus searah. Kenyataannya mesin yang bekerja sebagai generator arus searah akan dapat bekerja sebagai motor arus searah. Oleh sebab itu, sebuah mesin arus searah dapat digunakan baik sebagai motor arus searah maupun generator arus searah.



Gambar 3. Motor D.C Sederhana

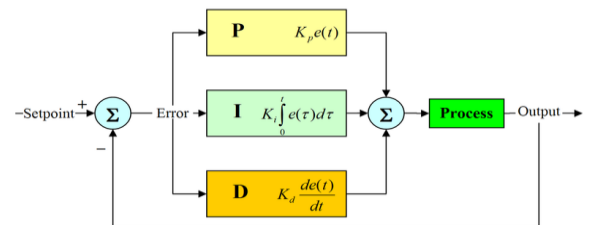
Perubahan energi mekanik ini digunakan untuk misalnya memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan dll. Motor listrik digunakan juga dirumah (mixer, bor listrik, fan angin) dan di industri. Motor DC merupakan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik.

Kumparan medan pada motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bias berputar bebsa di antara kutub-kutub magnet permanen.

Catu tegangan DC dari baterai/accumulator menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar diatas disebut anker dynamo. Anker dynamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet.

2.5 Kontroler PID (Proportional-Integral-Derivative Controller)

Kontroler adalah komponen yang berfungsi meminimasi sinyal kesalahan. Tipe kontroler yang paling populer ialah kontroler PID. Elemen-elemen kontroler P, I dan D masingmasing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan offset dan menghasilkan perubahan awal yang besar.



Gambar 4 Diagram Blok PID

Persamaan kontroler PID dalam bentuk Laplace:

$$M(s) = Kc (E(s) + \frac{1}{T1s} E(s) + T_D s E(s)) \tag{1}$$

Dan nilai baru dapat di tentukan oleh perhitungan sebagai berikut:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \tag{2}$$

Dengan:

Kp : Gain proporsional, parameter tuning

Ki : Gain Integral, parameter tuning

Kd : Gain Derivatif, parameter tuning

e : Error

Ysp : Setpoint

Ym : Variabel proses

t : Waktu

T: Variabel integrasi; nilainya diambil dari waktu nol sampai Transfer fungsi dalam bentuk [Domain Laplace](#) kontroler PID adalah:

$$L(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \tag{3}$$

Dengan :

s : frekuensi bilangan kompleks

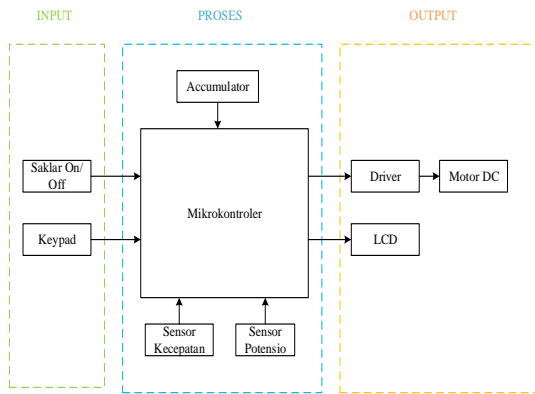
Dengan  $K_p, K_i$ , dan  $K_d$ , semuanya positif, menandakan koefisien untuk term proporsional, integral, dan derivatif, secara berurutan (atau  $P, I$ , dan  $D$ ).

Tabel 1 Tanggapan Sistem Kontrol PID Terhadap Perubahan Parameter:

Tanggapan Loop tertutup	Waktu Naik	Overshoot	Waktu Turun	Kesalahan Keadaan Tunak / (steady state)
Proposional ( $K_p$ )	Menurun	Meningkat	Perubahan Kecil	Menurun
Integral ( $K_i$ )	Menurun	Meningkat	Meningkat	Hilang
Derivative ( $K_d$ )	Perubahan Kecil	Menurun	Menurun	Perubahan Kecil

### III. METODOLOGI

#### 3.1 Diagram Blok



Gambar 5 Diagram Blok Sistem

Penjelasan dari gambar diagram blok system diatas yaitu

➤ Saklar On/Off

Saklar On/Off digunakan untuk mengaktifkan dan mematikan mesin pemotong rumput.

➤ Sensor Kecepatan/Sensor Hall

Sensor Hall digunakan sebagai sensor kecepatan putaran motor DC. Sensor Hall digunakan sebagai feedback yang nilai pembacanya nanti akan digunakan sebagai referensi untuk mendapatkan nilai error dan kecepatan motor DC akan di tampilkan pada LCD.

➤ Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler digunakan untuk pengontrolan system kerja alat serta memproses hasil pendeteksi sensor untuk mendapatkan hasil sesuai *setpoint* LCD

LCD yang digunakan adalah LCD 16x2, LCD digunakan untuk menampilkan hasil pendeteksi dari sensor *hall* saat system sedang berjalan .

➤ Driver Motor DC

Driver motor digunakan sebagai pengendali motor sesuai perintah kontroler mikrokontroler.

➤ Motor DC

Motor DC digunakan sebagai *actuator* yang berfungsi untuk pemutar pisau pada mesin pemotong rumput.

- Tegangan = 12 Volt
- Arus = 3.2 A

➤ Keypad

Keypad digunakan untuk memasukkan nilai / tuning PID pada mesin pemotong rumput.

➤ Battery

Battery digunakan sebagai power supply untuk men-supply tegangan pada mikrokontroler ATmega dan Motor DC.

- Tegangan = 12 Volt
- Arus = 5 A

#### 3.2 Mekanik



Gambar 6 Hardware Mekanik

Pada Mesin Pemotong Rumput spesifikasi alat yang ditawarkan adalah sebagai berikut :

1. Dimensi

- Panjang = 41.5 cm
- Lebar = 24.8 cm
- Tinggi = 18 cm

2. Bahan casing/base = Besi

3. Sensor = Hall

4. Processor = Atmega16

5. Kontrol = PID

6. Komunikasi data = USB

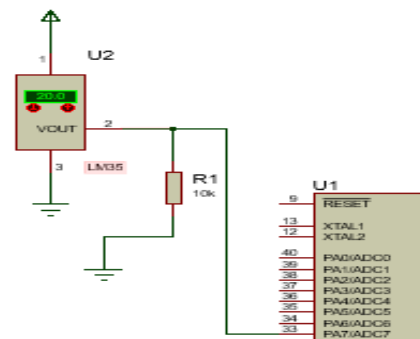
7. Display = LCD

8. Input Data = Keypad

9. Pemotong = Pisau

- Panjang = 22.5 cm

#### 3.3 Rancangan Sensor Hall



Gambar 7 Rangkaian Sensor Hall

Sensor Hall digunakan untuk mendeteksi kecepatan putar motor. Sensor Hall bereaksi terhadap medan magnet yang di hubungkan dengan poros motor yang berputar. Sensor memberikan output tegangan kontinyu yang meningkat dengan medan magnet yang kuat dan menurun dengan medan magnet yang lemah. Pada output linier sensor Hall, karena kekuatan medan magnet meningkatkan sinyal output . Dalam penggunaan pada alat ini semakin sering sensor mendeteksi medan magnet maka tegangan output semakin tinggi dan bila semakin sedikit sensor mendeteksi medan magnet maka tegangan output semakin lemah.

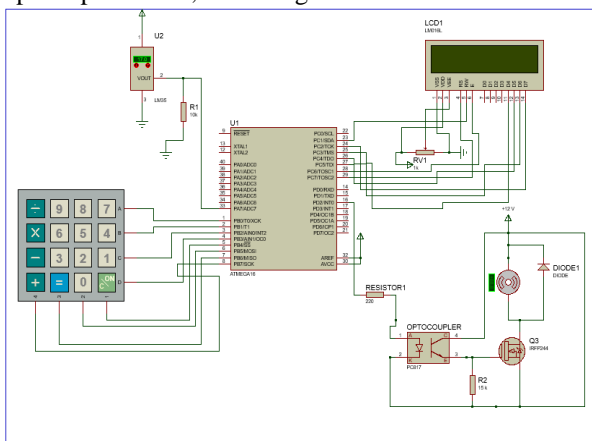
Tabel 2 Konfigurasi Sensor Hall

PIN Sensor	PORT A PIN Mikrokontroler
Vcc	Vcc
Gnd	Gnd
Data	7

Sensor Hall sendiri memiliki 3 pin, pin 1 dihubungkan dengan VCC pada mikrokontroler pin 2 dihubungkan dengan data pada pin mikrokontroler dan pin 3 di hubungkan dengan ground pada mikrokontroler.

3.4 Rancangan Mikrokontroler

Mikronkontroler ATmega sebagai pengendali utama sistem, yang berkerja mengolah data dari *power supply*, menerima nilai masukan dari keypad,menerima nilai keluaran dari sensor Hall, memproses data Kecepatan , menampilkan kecepatan pada LCD, dan mengaktifkan driver.



Gambar 8 Rangkaian Elektrik Alat

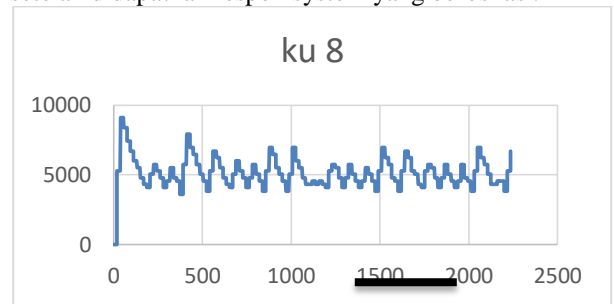
Tabel 3 Konfigurasi Mikrokontroler

PORT	Bagian
A	Sensor Hall
B	Keypad
C	LCD
D	Driver

3.5 Perancangan Kontrol PID Ziegler-Nichols

Seperti yang dijelaskan pada landasan teori mengenai metode osilasi Ziegler-Nichols bahwa setting nilai Kp, Ki dan Kd diset tidak terhingga (Ki=infinity) , nilai Kd di set nol (Kd=0) dan nilai Kp diset bertahap mulai dari nol (0) hingga mencapai suatu nilai yang membuat reaksi system tersebut berosilasi.

Dapat di lihat pada gambar 4.5 diberikan nilai konstanta Kp=8 serta nilai konstanta Ki dan Kd diberikan nilai 0 dengan set point 4500 Rpm. Nilai konstanta Kp akan berubah menjadi nilai Ku setelah didapatkan respon system yang berosilasi.



Gambar 9 Hasil Pengujian Osilasi KU 8

$KU = 8$

$Pu = t2 - t1.1$

$Pu = (1007 \times 0.05) - (877 \times 0.05)$

$Pu = 50.35 - 43.85$

$Pu = 6.5$

Diperolehnya nilai Ku dan Pu , maka nilai Kp , Ki dan Kd dapat dicari dengan rumus berikut:  $Kp = 0.6 \times Ku$

$Kp = 0.6 \times 8$

$Kp = 4.8$

$Ki = \frac{Kp}{\left(\frac{Pu}{2}\right)}$

$Ki = \frac{4.8}{\left(\frac{6.5}{2}\right)}$

$Ki = \frac{4.8}{3.25}$

$Ki = 1.47 = Kd = Kp(0.125 \times Pu)$

$Kd = 4.8(0.125 \times 6.5)$

$Kd = 3.9$

Dengan diperolehnya nilai Kp = 4.8, Ki = 1.47 dan Kd = 3.9, selanjutnya nilai yang telah diperoleh dapat dimasukkan kedalam program PID untuk di proses kembali. Apakah hasil respon dapat membuat system menjadi stabil.

3.6 Perancangan Kontrol PID Trial and Error

Dalam perancangan kontrol PID selain menggunakan metode Ziegler-Nichols juga dapat menggunakan dengan metode Trial and Error. Metode ini dilakukan dengan memasukkan nilai Kp, Ki dan Kd secara acak. Pada metode ini harus dilakukan secara berulang dengan memasukkan nilai PID yang berbeda. Tujuan dari metode ini dilakukan untuk mendapatkan hasil respon sistem paling stabil.

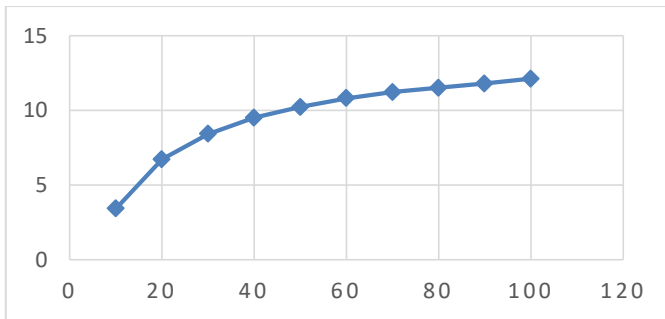
IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian Driver Motor DC

Pada pengujian drivermMotor DC nilai Duty Cycle pada PWM dari Mikrokontroler ATmega 16 diberikan dengan nilai yang berbeda-beda. Nilai Duty Cycle yang diberikan mulai 10 – 100. Tegangan untuk motor DC diatur 12 Volt. Ketika nilai Duty Cycle diberikan nilai yang berbeda akan mempengaruhi tegangan pada motor DC. Hasilnya seperti pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4** Hasil Pengujian Tegangan (VDC) pada Driver Motor DC

Duty Cycle (%)	Tegangan (VDC)
10	3.4
20	6.7
30	8.4
40	9.5
50	10.2
60	10.8
70	11.2
80	11.5
90	11.77
100	12.1



**Gambar 9** Grafik Hasil Pengujian Tegangan (VDC) pada Driver Motor DC

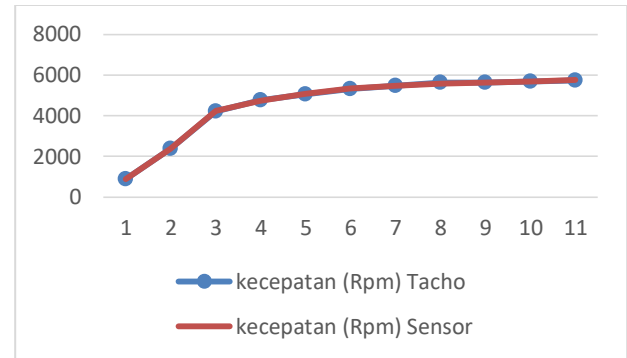
Pada tabel dan grafik di atas dapat dilihat perubahan nilai Duty Cycle yang diberikan mempengaruhi Tegangan Motor DC (VDC). Pada grafik didapatkan hasil pengukuran yang linier. Semakin besar nilai Duty Cycle semakin besar nilai Tegangan Motor DC (VDC). Begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai Duty Cycle maka semakin kecil nilai tegangan Motor DC (VDC).

A. 4.2 Pengujian Sensor Hall

**Tabel 5** Hasil Pengujian Sensor Hall

Duty Cycle	kecepatan (Rpm) Tachometer	kecepatan (Rpm) Sensor	Error %
5	882	882	0
10	2383	2371	0.5
20	4219	4246	0.6
30	4765	4742	0.4

40	5063	5074	0.2
50	5321	5349	0.5
60	5461	5460	0.02
70	5627	5570	1.01
80	5617	5625	0.1
90	5672	5680	0.1
100	5738	5753	0.3



**Gambar 10** Hasil Perbandingan Sensor Hall dan Tachometer

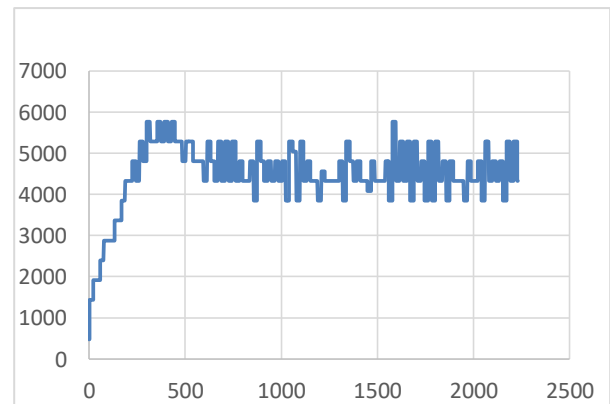
Pengujian ini dilakukan dengan memberikan nilai Duty Cycle yang berbeda-beda. Pengujian sensor Rotary Encoder diambil dua data pertama dari sensor encoder dan Tachometer. Kedua data diambil pada waktu yang sama sehingga dapat diketahui perbedaan atau error dari data pertama dan data kedua. Nilai error dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$error = \frac{sensor\ rotary\ encoder - tachometer}{tachometer} \times 100\% \dots\dots\dots$$

Dari data tabel dapat diketahui bahwa error yang dimiliki tidak melebihi 5%. Toleransi Error untuk sensor masih dianggap normal bila dibawah 5%.

4.5 Pengujian Sistem

- 4500 RPM



**Gambar 11** Respon Motor Mesin Pemotong Rumput Setpoint 4500 RPM

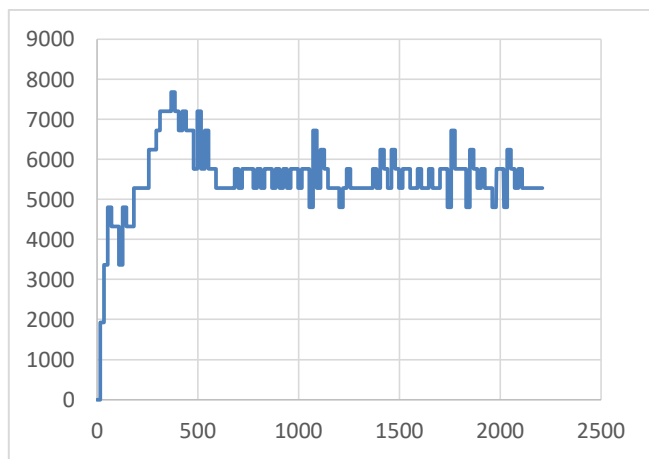
Dari gambar 11 Respon sistem menunjukkan waktu naik (*rise time*) paling cepat dibandingkan dengan respon sistem lainnya 0.05 s dan mengalami *overshoot* hingga mencapai 5760 RPM atau 28%. Pada sistem ini mengalami overshoot ketika motor mulai mendapat beban. Hal ini sesuai dengan kontrol PID ketika ada beban kecepatan motor

berkurang PID bekerja dan membuat kecepatan motor lebih cepat. Kecepatan motor memiliki *error steady state* 4 %, yang menunjukkan hasil respon sistem yang stabil. Dari beberapa hasil respon sistem *setpoint* 4500 RPM memiliki respon baik. Pada *setpoint* 4500 RPM dapat digunakan untuk memotong rumput tetapi tidak dapat untuk memotong rumput yang banyak dikarenakan kecepatan terlalu rendah untuk melakukan pemotongan.

**Tabel 5** Respon Sistem Saat Pemotongan 4500 RPM

No	Respon Kontrol PID	Hasil
1	Rise Time /waktu naik (tr)	1x0.05 = 0.05 s
2	Delay Time / waktu sebelum naik (td)	0x 0.05 = 0 s
3	Settling Time/ waktu turun (ts)	281x 0.05 =14.05 s
4	Peak Time/ waktu puncak (tp)	263x0.05 = 13.15 s
5	Error steady state (%ess)	4800 -4500/4500 x 100%=6.6 %
6	Percent Overshoot (PO)	5760-4500/4500 x 100% =28 %

- 5500 RPM



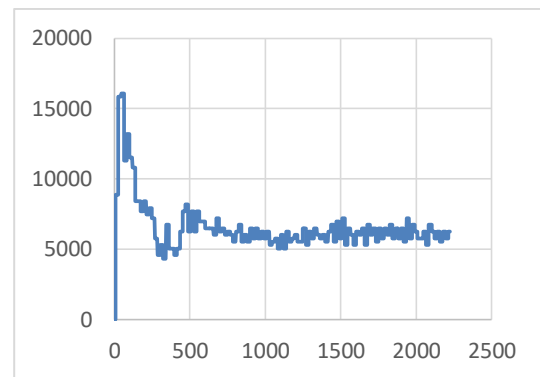
**Gambar 12** Grafik Respon Sistem saat Pemotongan dengan *setpoint* 5500 RPM

Dari gambar 12 Respon sistem menunjukkan waktu naik (*rise time*) 0.85 s dan mengalami *overshoot* hingga mencapai 6720 RPM atau 22.1%. Pada sistem ini mengalami *overshoot* ketika motor mulai mendapat beban. Hal ini sesuai dengan kontrol PID yang membuat kecepatan motor lebih cepat. Kecepatan motor memiliki *error steady state* 4.7 %, yang menunjukkan hasil respon sistem yang stabil. Dari beberapa hasil respon sistem *setpoint* 5500 RPM memiliki respon baik. Pada *setpoint* 5500 RPM dapat digunakan untuk memotong rumput yang tipis dan tebal.

**Tabel 6** Respon Sistem Saat Pemotongan 5500 RPM

No	Respon Kontrol PID	Hasil
1	Rise Time /waktu naik (tr)	17x0.05 = 0.85 s
2	Delay Time / waktu sebelum naik (td)	16x 0.05 = 0.8 s
3	Settling Time/ waktu turun (ts)	x 0.05 = 6.7 s
4	Peak Time/ waktu puncak (tp)	373x0.05 = 18.65 s
5	Error steady state (%ess)	5760 -5500/5500 x 100%= 4.7 %
6	Percent Overshoot (PO)	6720-5500/5500 x 100% = 22.1 %

- 6000 RPM



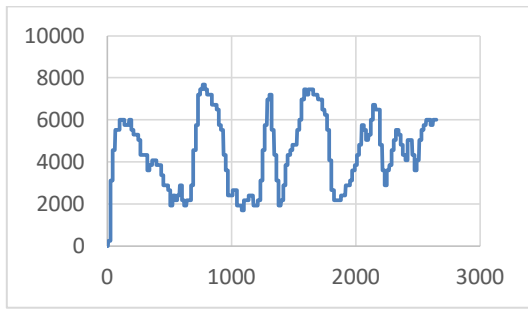
**Gambar 13** Grafik Respon Sistem saat Pemotongan dengan *setpoint* 6000 RPM

Dari gambar 13 Respon sistem menunjukkan waktu naik (*rise time*) 0.85 s dan mengalami *overshoot* paling tinggi hingga mencapai 13200 RPM atau 120 %. Pada sistem ini mengalami *overshoot* ketika motor mulai mendapat beban. Hal ini sesuai dengan kontrol PID yang membuat kecepatan motor lebih cepat. Kecepatan motor memiliki *error steady state* 4 %, yang menunjukkan hasil respon sistem yang cukup stabil Pada *setpoint* 6000 RPM dapat digunakan untuk memotong rumput yang tipis dan tebal.

**Tabel 7** Respon Sistem Saat Pemotongan 6000 RPM

No	Respon Kontrol PID	Hasil
1	Rise Time /waktu naik (tr)	9x0.05 = 0.45 s
2	Delay Time / waktu sebelum naik (td)	8x 0.05 = 0.4 s
3	Settling Time/ waktu turun (ts)	268x 0.05 =13.4 s
4	Peak Time/ waktu puncak (tp)	83x0.05 = 4.15 s
5	Error steady state (%ess)	5760 -6000/6000 x 100%= 4 %
6	Percent Overshoot (PO)	13200-6000/6000 x 100% = 120 %

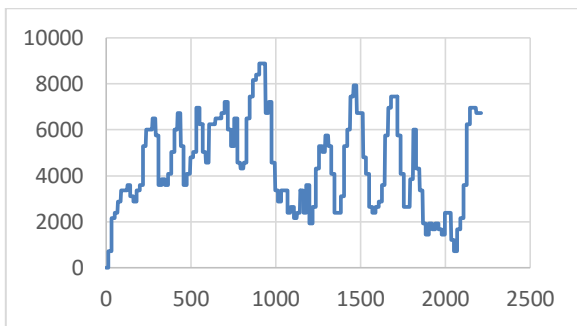
- *Setpoint* 4500 RPM



**Gambar 14** Grafik Respon Sistem saat Pemotongan dengan *setpoint* 4500 RPM

Pada gambar 14 diatas menunjukkan kecepatan motor DC saat pemotongan rumput pada *setpoint* 4500 RPM. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa sistem respon tidak stabil dan tidak mencapai *steady state*. Hal ini dikarena ketika pemotongan, beban yang didapatkan bervariasi dan terus menerus. Ketika motor mendapatkan beban PID bekerja dengan menaikkan kecepatan sesaat rumput sudah terpotong dan selanjutnya mendapatkan rumput baru untuk dipotong dengan beban yang lebih berat maka sesaat kecepatan turun kemudian PID bekerja untuk menaikkan kecepatan. Beban rumput baru ada sebelum respon sistem mencapai *steady state*. Pada *Setpoint* 4500 RPM dapat memotong rumput pada keadaan tipis dan motor akan off saat memotong rumput yang terlalu tebal. Hal ini dikarenakan kecepatan RPM kurang tinggi.

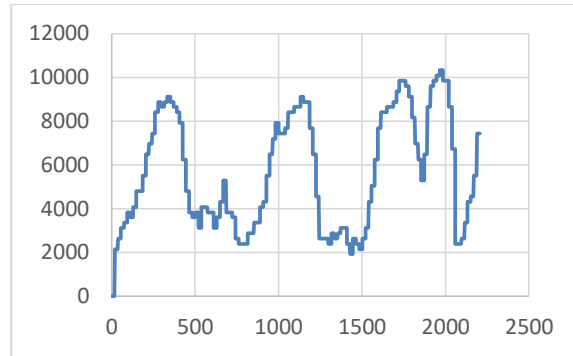
- *Setpoint* 5500 RPM



**Gambar 15** Grafik Respon Sistem saat Pemotongan dengan *setpoint* 5500 RPM

Pada gambar 15 diatas menunjukkan kecepatan motor DC saat pemotongan rumput pada *setpoint* 5500 RPM. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa sistem respon tidak stabil dan tidak mencapai *steady state*. Hal ini dikarena ketika pemotongan, beban yang didapatkan bervariasi dan terus menerus. Ketika motor mendapatkan beban kecepatan turun PID bekerja dengan menaikkan kecepatan sesaat kemudian rumput sudah terpotong dan selanjutnya mendapatkan rumput baru untuk dipotong dengan beban yang lebih berat maka sesaat kecepatan turun kemudian PID bekerja untuk menaikkan kecepatan. Beban rumput baru ada sebelum respon sistem mencapai *steady state*. Pada *Setpoint* 5500 RPM dapat memotong rumput pada keadaan tipis dan lebat.

- *Setpoint* 6000 RPM



**Gambar 16** Grafik Respon Sistem saat Pemotongan dengan *setpoint* 5500 RPM

Pada grafik diatas menunjukkan kecepatan motor DC saat pemotongan rumput pada *setpoint* 6000 RPM. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa sistem respon tidak stabil dan tidak mencapai *steady state*. Hal ini dikarena ketika pemotongan, beban yang didapatkan bervariasi dan terus menerus. Ketika motor mendapatkan beban kecepatan turun PID bekerja dengan menaikkan kecepatan sesaat kemudian rumput sudah terpotong dan selanjutnya mendapatkan rumput baru untuk dipotong dengan beban yang lebih berat maka sesaat kecepatan turun kemudian PID bekerja untuk menaikkan kecepatan. Beban rumput baru ada sebelum respon sistem mencapai *steady state*. Pada *Setpoint* 6000 RPM dapat memotong rumput pada keadaan tipis dan lebat.

**Tabel 8** Hasil Respon Sistem *Setpoint* 4500 RPM

No	Respon Kontrol PID	Hasil
1	Rise Time /waktu naik (tr)	$9 \times 0.05 = 0.45$ s
2	Delay Time / waktu sebelum naik (td)	$8 \times 0.05 = 0.4$ s
3	Settling Time/ waktu turun (ts)	$176 \times 0.05 = 8.8$ s
4	Peak time/ waktu puncak (tp)	$158 \times 0.05 = 7.9$ s
5	Error steady state (%ess)	$\frac{5520 - 5500}{5500} \times 100\% = 0.36\%$
6	Percent overshoot (PO)	$\frac{5760 - 5500}{5500} \times 100\% = 4.72\%$

### B. Hasil Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan diruang terbuka ditempat datar yang memiliki rumput lebat dan rumput tipis. Pengujian dilakukan menggunakan Setpoint 4500 RPM dengan nilai Kp 0.3 Ki 0.1 dan Kd 0.4. Dapat dilihat hasil pengujian sebagai berikut:



## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penerapan, pengujian dan analisa pada sistem pengendalian motor pada mesin pemotong rumput menggunakan kontrol PID, dapat disimpulkan :

1. Alat ini bekerja dengan kontroler PID yang digunakan untuk pengendalian kecepatan putar pisau yang dapat memotong rumput dengan ketebalan bervariasi pada tanah datar.
2. Alat ini dapat melakukan pemotongan rumput hanya dengan kecepatan putar pisau tinggi antara 4500 RPM hingga 6000 RPM.

3. Dari bab IV Pengujian dan Analisa didapatkan metode PID *Ziegler-Nichol* tidak sesuai untuk alat ini. Hasil respon yang tidak stabil ketika ada beban dan tidak ada beban dan tidak mencapai *setpoint*.
4. Dari Pengujian dan Analisa didapatkan metode *Trial and Error* lebih sesuai untuk menerapkan kontrol pada mesin pemotong rumput ketika ada beban dan tidak ada beban. Nilai Kp 0.3 Ki 0.1 Kd 0.4 dengan nilai *Setpoint* 5500

### 5.2 Saran

Dari penelitian ini masih terdapat beberapa kekurangan yang dapat ditambahkan dalam proses penyempurnaan alat yang ada, dan yang dapat ditambahkan yaitu:

1. Untuk desain alat ini hanya dapat digunakan pada tanah datar.
2. Keamanan pada pisau putar ketika membentur kerikil/batu perlu diperhatikan agar tidak terjadi cacat pada pisau karena benturan dan terlemparnya batu ke arah pengguna alat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jatmiko, Tain A. ,Umar. (2014).” Perancangan Mesin Listrik Pemotong dengan Energi Akumulator”. *Jurnal Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta Vol.14,No.2. Hal 13-19.* Surakarta.
- [2] Wijaya H. (2014) “Pemotong Rumput Elektrik”. *Naskah Publikasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam.* Batam.
- [3] Arga Rifky (2014)” Sistem Pengaturan Kecepatan Motor DC pada Alat Pengaduk Adonan Dodol Menggunakan Kontroler PID”*Jurnal Teknik Elektro Universitas Brawijaya Hal 1-6.*
- [4] Amal Wira (2013) “Tugas Manajemen Tanaman Manajemen Rumput lapangan Bola” *Naskah Publikasi Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.*
- [5] Yusuf Muhammad (2014) “Survei Kualitas Rumput Lapangan Stadion penyelenggara Pertandingan Sepakbola (Stadion Tempat Peserta Liga Resmi PSSI yang Ada di Jawa Timur)” *“Jurnal Ilmu keolahragaan, Fakultas Ilmu Olahraga, Universitas negeri Surabaya.*
- [6] Hafida Marwa Amaroh (2017) “Kontrol Kecepatan Putar Motor pada Proses Pembuatan Arum Manis dengan Metode PID”. *Naskah publikasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.*
- [7] Ardi Birdayansyah, Noer Sudjarwanto, Osea Zebua (2015) “Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Perintah Suara Berbasis Mikronroler Arduino”*Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Vol 9,No. 2, Lampung.*