

Implementasi Kontrol PID pada Pengaturan Kecepatan Motor DC Dalam Pengadukan Pupuk Organik Cair Berbasis Arduino

Tannia Paramitha¹, Mila Fauziah², Hari Kurnia Safitri³,

e-mail: tanniaparamitha5@gmail.com, mila.fauziah@polinema.ac.id, hari.kurnia@polinema.ac.id

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Kata kunci:

Pupuk Organik Cair
Kontrol PID
Motor DC
Ziegler Nichols 2

Keywords:

Liquid Organic Fertilizer
PID Control
DC Motor
Ziegler Nichols 2

ABSTRAK

Penggunaan pupuk kimia sering kali menuai banyak masalah seperti merusak kualitas tanah, kelangkaan pupuk dan harga yang relatif mahal. Penggunaan pupuk organik dengan jenis pupuk organik cair merupakan bentuk inovasi yang harus dikembangkan guna mencukupi kebutuhan pupuk pertanian. Salah satu permasalahan utama dalam pembuatan pupuk organik cair adalah proses pengadukan guna membuat kontak antara mikroorganisme pengurai yaitu *Effective Microorganism 4* dan bahan baku yaitu kotoran kambing di dalam tabung reaktor. Pengendalian kecepatan pengadukan penting untuk menjaga komunitas biotik tidak hancur karena gaya gesek yang ditimbulkan bilah pengaduk. Agar dapat mengatur kecepatan motor digunakan Motor DC 24 V dan *gearbox* untuk menambah torsi pengadukan. Metode kontrol kecepatan pengaduk pada tabung reaktor adalah menggunakan metode PID. Kontrol PID akan mengoreksi kesalahan kecepatan motor yang tidak sesuai dengan setpoint sehingga kecepatan lebih stabil. Pada kontrol PID ini digunakan metode tuning *Ziegler Nichols 2* untuk mendapatkan parameter PID yang sesuai. Hasil pengujian menggunakan metode *Ziegler Nichols 2* mendapatkan nilai PID terbaik yaitu $K_p=0.021$, $K_i=0.021$, $K_d=0.00525$, dengan set point 1260 dan 1800 rpm atau setara dengan 20 dan 30 rpm setelah direduksi *gearbox*. Hasil fermentasi pupuk organik cair berbahan kotoran kambing terbaik menggunakan *paddle* agitator berdasarkan nilai pH dan ppm yaitu pH 6.59 dan TDS 6550 ppm.

ABSTRACT

The use of chemical fertilizers often results in many problems, such as damaging soil quality, scarcity of fertilizers and relatively high prices. The use of organic fertilizers with the type of liquid organic fertilizer is one of the innovations that must be developed to meet the needs of agricultural fertilizers. One of the main problems in the manufacture of liquid organic fertilizer is the stirring process to make contact between the decomposing microorganisms, namely Effective Microorganism 4, and the raw material, namely goat manure in the reactor tube. Controlling the speed of stirring is important to keep the biotic community from being destroyed by the frictional forces generated by the stirring blades. In order to adjust the speed of the motor, a 24 V DC motor and gearbox are used to increase the stirring torque. The stirrer speed control method in the reactor tube is using the PID method. PID control will correct motor speed errors that do not match the setpoint so that the speed is more stable. In this PID control, the Ziegler Nichols 2 tuning method is used to obtain the appropriate PID parameters. The test results using the Ziegler Nichols 2 method obtained the best PID values, namely $K_p = 0.021$, $K_i = 0.021$, $K_d = 0.00525$, with set points of 1260 and 1800 rpm or equivalent to 20 and 30 rpm after reduction of the gearbox. The best fermentation results of liquid organic fertilizer made from goat manure using a paddle agitator based on pH and ppm values, namely pH 6.59 and TDS 6550 ppm.



Penulis Korespondensi:

Tannia Paramitha,
Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Malang,
Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65141.
Email: tanniaparamitha5@gmail.com
Nomor HP/WA aktif: +62 8223 1281 811

1. PENDAHULUAN

Pupuk adalah salah satu penunjang utama produksi dalam upaya meningkatkan kapasitas produksi tanaman pangan utama seperti padi, jagung dan kentang [1]. Kebutuhan pemberian pupuk pada tanaman sering kali menuai banyak masalah. Adanya kelangkaan pupuk kimia bersubsidi maupun non subsidi disebabkan karena ketergantungan petani terhadap penggunaan pupuk kimia dan pemupukan yang tidak diimbangi dengan jumlah ketersediaan pupuk [1]. Terlebih lagi penggunaan pupuk kimia secara berlebihan akan mengakibatkan struktur pada tanah menjadi rusak dan mengeras dengan cepat serta mengakibatkan kadar organik dalam tanah menurun [2]. Sebagai upaya untuk menjaga dan meningkatkan kualitas tanah serta tanaman maka dibutuhkan pemberian pupuk organik pada tanah dan pengurangan penggunaan pupuk kimia [3]. Salah satu jenis pupuk organik adalah Pupuk Organik Cair (POC) yang mempunyai keunggulan dibandingkan pupuk kompos yaitu dapat diaplikasikan dengan mudah dan dibutuhkan dalam jumlah sedikit namun unsur hara dapat langsung diserap tanaman [4]. Penentuan mutu pupuk organik cair tergantung pada komposisi bahan utama, jenis mikroorganisme pengurai, metode produksi, karakteristik produk akhir, serta proses pengemasan. [5]. Bahan pokok yang digunakan dalam produksi pupuk organik cair ini adalah kotoran kambing sedangkan mikroorganisme pengurainya adalah *Effective Microorganism 4*. Kotoran kambing dipilih karena kandungan unsur hara di dalamnya yang tinggi [6].

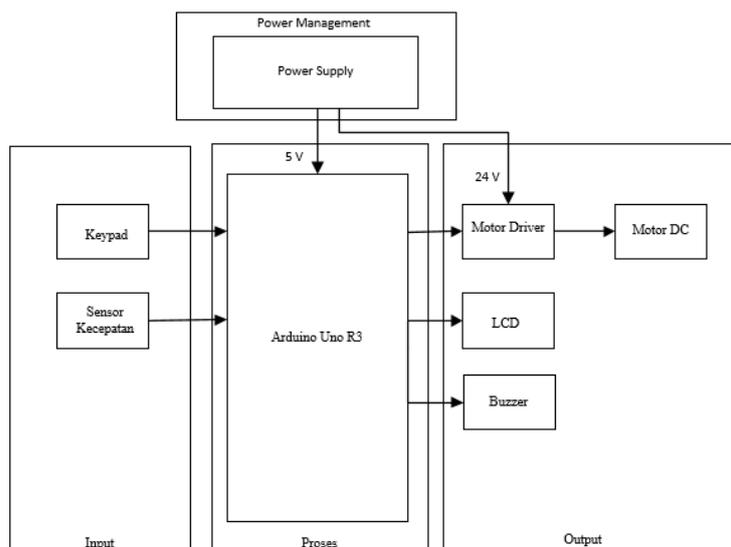
Implementasi teknologi yang dapat dimanfaatkan pada proses pengadukan ini adalah menjaga kecepatan proses pengadukan tetap berjalan dengan rendah dan konstan. Pengadukan dengan menggunakan kecepatan rendah bertujuan agar bakteri EM4 tidak rusak sebelum proses fermentasi akibat adanya gaya geser yang berlebih akibat proses pengadukan. Hasil fermentasi pupuk organik cair tidak akan maksimal apabila bakteri tidak berkembang secara baik. Pada pembuatan pupuk organik cair, menggunakan mikroorganisme pengurai yaitu *Effective Microorganism 4* harus dilakukan dengan agitator pengaduk yang perlahan sehingga gaya geser yang ditimbulkan rendah namun dapat memastikan isi dari reactor tercampur dengan sempurna. Selain itu pengadukan juga harus dilakukan dengan waktu sebentar yang sudah ditetapkan [7]. Penelitian pengadukan pupuk organik cair yang hanya menggunakan mikroorganisme pengurai menggunakan kecepatan 60 RPM [8] sedangkan pengadukan pupuk organik cair menggunakan limbah tandan kosong kelapa sawit menggunakan kecepatan 30 RPM [9]. Untuk mendapatkan kecepatan motor yang konstan maka digunakanlah metode pengontrolan dengan menambahkan parameter PID [10]. Adapun hasil pengadukan yang paling efektif akan ditentukan berdasarkan waktu, bentuk bilah pengaduk, dan kecepatan pengadukan yang akan menentukan hasil fermentasi pupuk organik cair. Dengan implementasi teknologi ini diharapkan dapat memberikan kemudahan dan dapat memanfaatkan proses fermentasi yang dibantu dengan teknologi untuk merancang sistem yang berfokus pada kontrol kecepatan motor pada proses pengadukan pupuk cair berbahan kotoran kambing agar proses pengadukan lebih efektif.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Blok Sistem

Prinsip kerja dari blok diagram sistem gambar 1 adalah sensor kecepatan *proximity* akan membaca kecepatan motor DC. Kecepatan motor tersebut akan distabilkan dan disesuaikan kecepatannya oleh Kontrol PID sesuai dengan set point yang diberikan. Mikrokontroler Arduino Uno R3 akan membandingkan nilai kesalahan atau error kecepatan yang dibaca oleh sensor *proximity* kemudian akan mengeluarkan perintah untuk menyesuaikan motor sesuai dengan *setpoint* yang diberikan.





Gambar 1: Blok Diagram Sistem

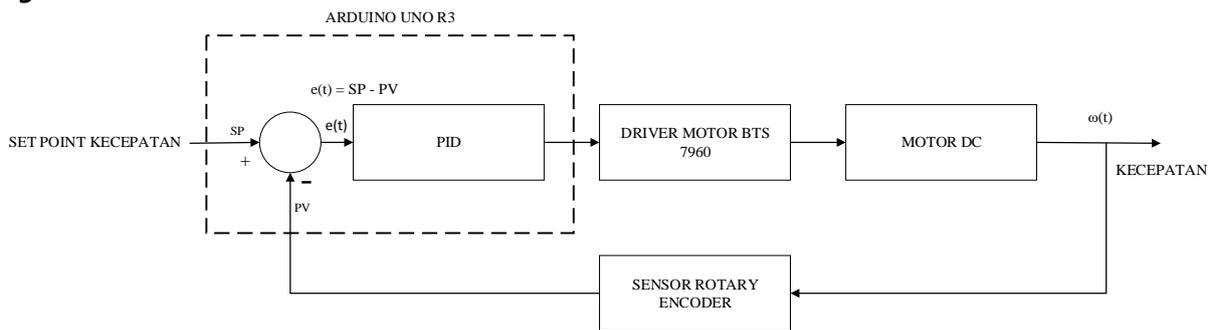
Kemudian setelah obat fermentasi, molase dan air tercampur dengan rata, maka proses selanjutnya adalah memasukkan kotoran kambing sesuai dengan takaran kedalam mesin pengadukan. Pemberian beban ini tentu menyebabkan proses pengadukan akan menjadi terhambat karena motor penggerak menerima beban yang lebih besar. Sensor proximity akan terus membaca kecepatan pengadukan yang sedang berjalan kemudian mikrokontroler yang didalamnya terdapat kontrol PID akan membandingkan dan mengontrol keluaran kecepatan agar tetap sesuai dengan *setpoint*. Keypad digunakan untuk memberi input jenis bilah pengaduk yang akan digunakan, waktu pengadukan serta *set point* kecepatan yang diinginkan. Kemudian setelah alat dijalankan akan menampilkan waktu pengadukan dan kecepatan yang dideteksi oleh sensor.

Hasil keluaran dari proses sistem ini ada tiga yaitu *driver* motor yang terhubung pada motor DC sebagai penggerak *gearbox* yang akan memutar bilah pengaduk, *Driver* motor DC berfungsi untuk meneruskan hasil keluaran dari kontroler untuk putaran motor yaitu berupa kecepatan dari motor DC. Sinyal digital dari Arduino akan diubah menjadi sinyal analog disini sehingga dapat diteruskan menuju motor DC. Sedangkan untuk menghubungkan motor DC dan *gearbox* dibutuhkan *pulley* dan *belt* untuk mentransmisikan putaran motor DC ke *gearbox*. Keluaran kedua adalah LCD yang terpasang pada *box* panel untuk menampilkan timer dan kecepatan saat sistem berjalan. Keluaran ketiga adalah *buzzer* sebagai penanda bahwa mesin telah selesai beroperasi.

Terdapat dua kecepatan yang ditampilkan yaitu kecepatan motor DC dan kecepatan bilah pengaduk. Sensor kecepatan yang digunakan berjenis *proximity* yang berfungsi membaca kecepatan pengaduk dengan cara menghitung periode pulsa yang dihasilkan dalam satuan Rpm. Kemudian proses kendali dilakukan pada mikrokontroler yang pada sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3. Pada alat ini Arduino akan mengendalikan kecepatan motor DC agar sesuai *setpoint* yang diberikan melalui eksekusi program yang diberikan. Proses pengadukan dilakukan sesuai waktu yang telah ditentukan agar bakteri tidak rusak karena proses pengadukan yang terlalu lama. Setelah proses pengadukan selesai maka hubungkan selang udara dengan tabung air sebagai tempat pembuangan udara. Hal inilah yang menyebabkan udara didalam tabung pengadukan hilang sehingga fermentasi dilakukan secara anaerob atau bakteri tumbuh dan berkembang ditempat yang tidak terdapat oksigennya sehingga proses fermentasi akan lebih cepat. Proses fermentasi berlangsung selama 14 hari untuk mencapai kematangan campuran, kemudian bahan tersebut disaring untuk memisahkan antara ampas dan cairan pupuk. Hanya cairan pupuk yang digunakan, sementara ampasnya dipisahkan. [12]



2.2 Diagram Blok Kontrol



Gambar 2: Blok Diagram Kontrol

Salah satu metode kontrol yang dapat diterapkan pada motor DC adalah penggunaan kontrol PID, sebagaimana yang terlihat pada gambar 2 di atas. Tujuan dari pengontrolan kecepatan motor DC pada proses pengadukan pupuk organik cair ini adalah mendapatkan putaran motor DC yang sesuai dengan set point. Kontrol PID digunakan untuk mendapatkan respon sistem umpan balik yang cepat dan dalam keadaan steady state sehingga kecepatan motor akan sesuai dengan set point. Pada diagram blok kontrol gambar 2, sensor kecepatan digunakan untuk membaca kecepatan motor yang berguna sebagai PV (Process Value) kemudian akan diselisihkan dengan nilai set point. Hasil selisih tersebut merupakan nilai error dengan rumus $e(t) = SP - PV$. Kemudian nilai eror tersebut akan diproses oleh kontrol PID. Hasil pengolahan data dari PID akan ditransmisikan menuju motor DC melalui driver motor sehingga keluarannya berupa $w(t)$ atau kecepatan.

2.3 Perancangan Mekanik



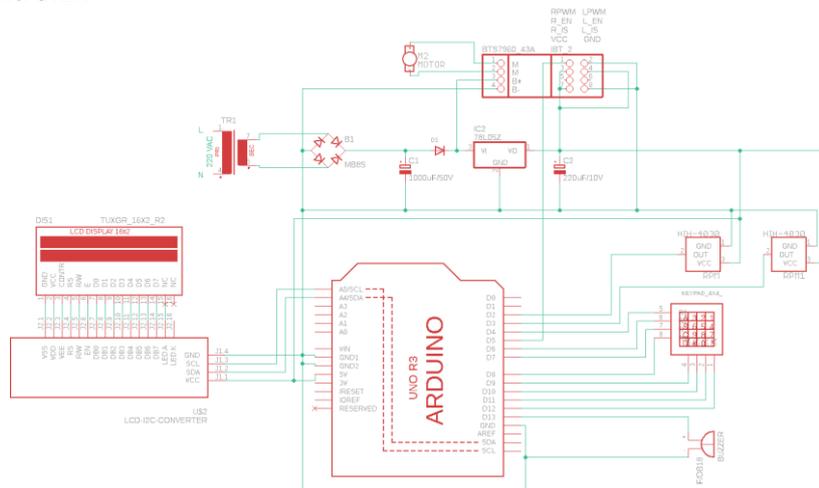
Gambar 3: Perancangan Mekanik Sistem Pengaduk A (*Paddle*), Pengaduk B (Turbin)

Dalam perancangan jenis pengaduk digunakan dua jenis yang memiliki bentuk yang berbeda yaitu pengaduk dengan bentuk *paddle* atau dayung dan turbin. Agitator A atau Agitator pertama diadaptasi dari jenis dayung atau *paddle* Agitator. Agitator tipe ini menghasilkan aliran dalam arah radial dan tangensial dengan pergerakan vertikal yang hampir tidak ada sama sekali. Agitator jenis *paddle* sesuai untuk digunakan pada pengadukan dengan jenis beban liquid yang begitu kental. Agitator B atau Agitator kedua diadaptasi dari jenis turbin. Agitator tipe ini dapat digunakan untuk berbagai tingkat kekentalan atau viskositas pada berbagai jenis material. Dalam perancangan ini, lebar bilah pengaduk akan disesuaikan dengan kebutuhan pencampuran pada pupuk organik cair. Pada alat ini



digunakan motor DC, *belt*, *pully* dan *gearbox* sebagai actuator proses pengadukan. *Gearbox* yang digunakan pada alat ini adalah gearbox reducer dengan type WPX60 yang mempunyai rasio 1:60. *Gearbox reducer* merupakan salah satu komponen utama pada motor yang digunakan untuk menyalurkan torsi (*torque*) dari motor DC ke batang pengaduk sehingga batang pengaduk dapat menghasilkan pergerakan yaitu putaran. *Gearbox* ini juga dapat mengubah daya atau torsi menjadi tenaga yang lebih besar. Besar torsi dan kecepatan putaran yang dihasilkan *gearbox* berbanding terbalik. Semakin besar torsi *gearbox* yang dihasilkan maka kecepatan putaran akan semakin lambat dan apabila semakin cepat kecepatan putar *gearbox* torsi akan semakin kecil.

2.4 Perancangan Elektronik



Gambar 4: Perancangan Elektronik Sistem

Spesifikasi Elektronik Sistem berdasarkan pada Gambar 4:

- a. Motor
 - Jenis Motor : MY1025
 - *Voltage* : 24 Volt
 - *Max Rpm* : 2750 Rpm
 - *Max arus* : 14 A
- b. Mikrokontroler
 - Tipe Mikrokontroler : Arduino Uno R3
 - VCC : 5 V
- c. Sensor Kecepatan
 - Tipe Sensor : *Proximity*
 - Input DC : 5 VDC
- d. Driver Motor
 - Tipe IC : IC BTS 7960
 - Input DC : 6 - 27 VDC
- e. Power Supply
 - DC Output : 24 Volt
 - Arus *Max* : 15 Ampere

2.5 Perancangan Kontrol PID

Metode *Ziegler-Nichols* Osilasi adalah salah satu metode yang digunakan dalam pengaturan parameter kontrol PID pada sistem kontrol. Metode ini melibatkan uji eksperimen dengan memberikan input yang berubah-ubah secara periodik pada sistem. Selama uji eksperimen, diamati respons output sistem dan dicari pola osilasi pada respon

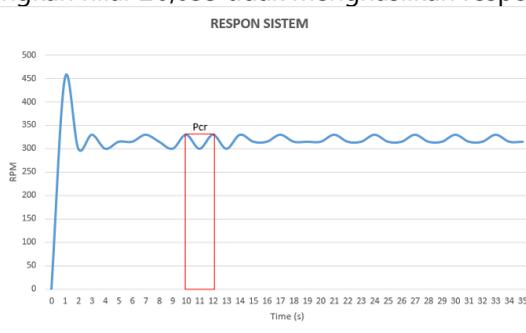


tersebut. Setelah ditemukan pola osilasi, dilakukan pengukuran terhadap periode osilasi, yaitu waktu yang diperlukan untuk satu siklus osilasi. Berdasarkan periode osilasi yang diukur, nilai-nilai parameter kontrol PID dapat dihitung menggunakan rumus-rumus seperti pada tabel 1 dibawah ini.

TABEL 1: PERSAMAAN METODE ZIEGLER NICHOLS 2

Tipe kontroler	Kp	Ki	Kd
P	0.5Kcr	∞	0
PI	0.45Kcr	0.83Pcr	0
PID	0.6Kcr	0.5Pcr	0.125Pcr

Dalam menentukan nilai PID langkah awal yang dilakukan adalah memberikan nilai konstanta integral (Ki) dan kontanta derivative (Kd) nol sedangkan konstanta proportional (Kp) diberi nilai mulai dari angka terkecil / nol (0,01) hingga menemukan nilai respon sistem yang berosilasi. Pada sistem yang dirancang, sistem akan berosilasi dengan baik ketika nilai Kp diberi 0,035 sedangkan nilai $\leq 0,035$ tidak menghasilkan respon sistem.



Gambar 6: Respon Osilasi Pengaduk Dengan KP 0,035

Kp yang didapat dari respon sistem yang berosilasi disebut dengan parameter kritis (Kcr). Sehingga Nilai Kp = 0,035 tersebut merupakan parameter kritis (Kcr). Sedangkan dari gambar 6 diatas juga didapatkan periode kritis (Pcr) yaitu Lama waktu yang diperlukan oleh sistem untuk menyelesaikan satu siklus osilasi adalah saat nilai Kp sama dengan Kcr. Setelah mendapatkan hasil dari Kcr dan Pcr maka dapat menentukan nilai Kp, Ki dan Kd dengan rumus metode *Ziegler Nichols 2*. Dari grafik pada gambar 6 terlihat bahwa osilasi terjadi pada detik ke 26 sampai 24, maka dapat dihitung persamaan berdasarkan rumus menjadi:

$$Ku = Kcr = 0.035 \tag{1}$$

$$Tu = Pcr = 12 - 10 = 2 \tag{2}$$

Dari nilai Kcr dan Pcr maka dapat diperoleh nilai Kp, Ki dan Kd menggunakan persamaan PID dari tabel 3.4.

- Perhitungan nilai Kp

$$\begin{aligned} Kp &= 0.6 \times Kcr \\ &= 0.6 \times 0.035 \\ &= 0.021 \end{aligned} \tag{3}$$

- Perhitungan nilai Ki

$$\begin{aligned} Ti &= 0.5 \times Pcr \\ &= 0.5 \times 2 \\ &= 1 \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned} Ki &= \frac{Kp}{Ti} \\ &= \frac{0.021}{1} \\ &= 0.021 \end{aligned}$$

- Perhitungan nilai Kd

$$\begin{aligned} Td &= 0.125 \times Pcr \\ &= 0.125 \times 2 \\ &= 0.25 \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned} Kd &= Kp \times Td \\ &= 0.021 \times 0.25 \\ &= 0.00525 \end{aligned}$$



Dari perhitungan nilai diatas maka didapatkan nilai $K_p = 0.021$, $K_i = 0.021$, $K_d = 0.00525$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Driver Motor DC

Pada pengujian driver motor dilakukan dengan memberikan nilai variasi PWM kemudian mengukur tegangan keluaran dari Driver motor. Hasil dari pengujian ini, driver motor menunjukkan perubahan tegangan yang berbanding lurus dengan perubahan nilai PWM seperti yang terdapat pada Tabel 2 di bawah ini. Dengan adanya perubahan tegangan menuju ke tegangan maksimal dari driver motor DC yaitu 24 Volt seiring dengan pemberian nilai PWM yang semakin besar, maka data menunjukkan bahwa driver motor DC dapat digunakan pada implementasi ini.

TABEL 2: PENGUJIAN DRIVER MOTOR DC

Data Driver Motor Tanpa Beban	
PWM	TEGANGAN
0	0
10	0,9
20	1,8
30	2,7
40	3,6
50	4,5
60	5,4
70	6,3
80	7,2
90	8,1
100	9
110	9,8
120	10,7
130	11,6
140	12,5
150	13,5
160	14,4
170	15,3
180	16,2
190	17,1
200	17,9
210	18,8
220	19,8
230	20,7
240	21,6
250	22,5
255	23,4

3.2 Pengujian Sensor Kecepatan

Pada pengujian sensor dan kecepatan akan diperoleh hasil perbandingan antara sensor dan kalibrator *tachometer*. Presentase *error* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$E = \frac{r_1 - r_2}{r_2} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

E = presentase nilai *error* (%)

r_1 = nilai pembacaan pada sensor kecepatan *proximity* (Rpm)

r_2 = nilai pembacaan pada *tachometer* (Rpm)

Sedangkan untuk mengetahui *error* secara keseluruhan pada pengujian kecepatan ini digunakan persamaan:

$$E_r = \frac{E_t}{P_d} \quad (7)$$



Keterangan:

E_r = Nilai *error* rata-rata (%)

E_t = Nilai *error* total (%)

P_d = Jumlah nilai pengambilan data

1. Pengujian Sensor Kecepatan pada Motor 24 V

Pengujian kecepatan motor ini dilakukan guna mengetahui sensor kecepatan *proximity* dapat bekerja dan membaca kecepatan motor dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mengatur nilai PWM dari 0 hingga 255 kemudian membandingkan hasil pengujian kecepatan motor dan *tachometer*. Hasil pengujian sensor kecepatan pada motor dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan PWM berbanding lurus dengan hasil kecepatan yang diukur baik menggunakan sensor kecepatan ataupun tachometer. Perbedaan kecepatan dari kedua data tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan sehingga pada pengujian ini sensor kecepatan motor DC dapat digunakan pada implementasi ini.

TABEL 3: SENSOR KECEPATAN PADA MOTOR DC

Data Hasil Pengujian Sensor Kecepatan pada Motor			
PWM	RPM Motor	RPM Tacometer	ERROR (%)
0	0	0	
10	45	47,5	5,26
20	165	160	3,13
30	285	280	1,79
40	390	396	1,52
50	510	512,5	0,49
60	630	630	0,00
70	735	745,5	1,41
80	840	830	1,20
90	870	866,5	0,40
100	975	983,5	0,86
110	1110	1104,5	0,50
120	1215	1221,5	0,53
130	1335	1333,5	0,11
140	1575	1569,5	0,35
150	1680	1685	0,30
160	1800	1797	0,17
170	1920	1927	0,36
180	2040	2046,5	0,32
190	2160	2161	0,05
200	2280	2280	0,00
210	2355	2352	0,13
220	2430	2412	0,75
230	2490	2502	0,48
240	2502	2490	0,48
250	2625	2622	0,11
255	2730	2742	0,44
Rata-rata Error Pembacaan			0.0787%

2. Pengujian Sensor Kecepatan pada Pengaduk

Pengujian kecepatan pada pengaduk ini dilakukan guna mengetahui sensor kecepatan *proximity* dapat bekerja dan membaca kecepatan pengaduk hasil reduksi dari *gearbox* dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mengatur nilai PWM dari 0 hingga 255 kemudian membandingkan hasil pengujian kecepatan pengaduk dan *tachometer*. Hasil pengujian sensor kecepatan pada pengaduk dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini. Hasil pengujian



menunjukkan tidak ada perbedaan kecepatan yang signifikan dari sensor dan alat pembanding sehingga sensor kecepatan yang di pasang pada pengaduk dapat digunakan dengan baik.

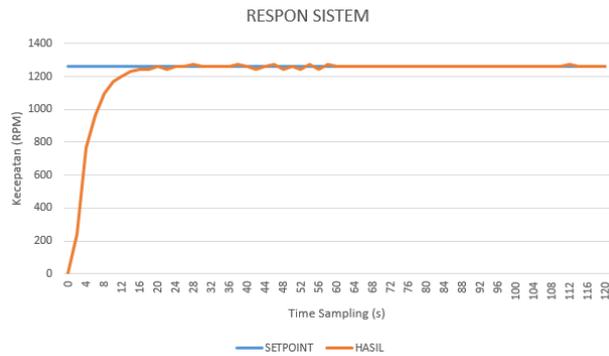
TABEL 4 : PENGUJIAN SENSOR KECEPATAN PADA PENGADUK

Data Hasil Pengujian Sensor Kecepatan pada Pengaduk			
PWM	RPM Pengaduk	RPM Tacometer	ERROR (%)
0	0	0	0%
10	1	1	0%
20	3	3	0%
30	5	4,95	1,01%
40	7	6,9	1,44%
50	9	9,3	3,22%
60	11	11,2	1,78%
70	13	12,8	1,56%
80	15	14,9	0,67%
90	17	16,8	1,19%
100	19	18,7	1,60%
110	21	21,2	0,94%
120	23	23,2	0,86%
130	25	25,4	1,57%
140	27	27,2	0,73%
150	29	29,3	1,02%
160	31	30,8	0,64%
170	33	33,2	0,62%
180	35	35,4	1,12%
190	36	35,8	0,55%
200	38	38,2	0,52%
210	40	40,8	1,96%
220	41	41,3	0,72%
230	43	42,6	0,93%
240	45	44,8	0,44%
250	46	45,3	1,54%
255	46	45,8	0,43%
Rata-rata Error Pembacaan			0,878%

3.3 Pengujian Kontrol PID Tanpa Beban

Pengujian control PID (*Proportional Integral Derivative*) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui respon sistem plant (motor) ketika diberikan nilai konstanta Kp, Ki dan Kd. Pengujian dilakukan dengan mengambil data pada serial monitor *software* Arduino dan merubah data tersebut menjadi grafik dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Pada pengujian kecepatan Motor DC tanpa menggunakan beban ini digunakan time sampling sebesar 2 second atau 2000 ms. Berdasarkan perhitungan respon sistem osilasi dari metode *Ziegler Nichols* diperoleh nilai Kp = 0.021, Ki = 0.021 dan Kd 0.00525. Pengujian ini akan dilakukan pada setpoint kecepatan 1260 RPM atau sebanding dengan 20 RPM pada kecepatan pengadukan. Metode *Ziegler Nichols 2* dengan Kp = 0.021, Ki = 0.021, Kd = 0.00525 dan Diberikan *Setpoint* Motor 1260 RPM. Berdasarkan gambar 7 dapat diperoleh analisa perhitungan respon tersebut yaitu: Td (waktu tunda) = 3,5 detik, Tr (waktu naik)= 20 detik, Ts (*settling time*) = 28 detik, Tp (waktu puncak) = 28 detik, Mo (*Overshoot* maksimum) = 1,19%, *Error steady state* atas = 1,19% *Error steady state* bawah = -1,19%.



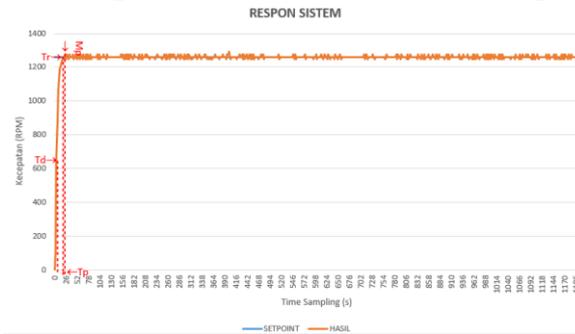


Gambar 7: Respon Sistem dengan Metode ZN Osilasi

3.4 Pengujian Kontrol PID Dengan Beban dan Tuning PID

Pada pengujian menggunakan beban dilakukan dengan beban seberat 10 liter diantaranya adalah 3 kg Kotoran kambing, 6 liter air, 150 ml EM4 dan 150 ml Molase. Pengujian menggunakan jenis bilah *paddle* dan turbin dengan kecepatan pengadukan 20 RPM (Kecepatan Motor 1260 RPM) dan 30 RPM (Kecepatan Pengadukan 1800 RPM) dan dua jenis waktu yaitu 20 menit dan 40 menit.

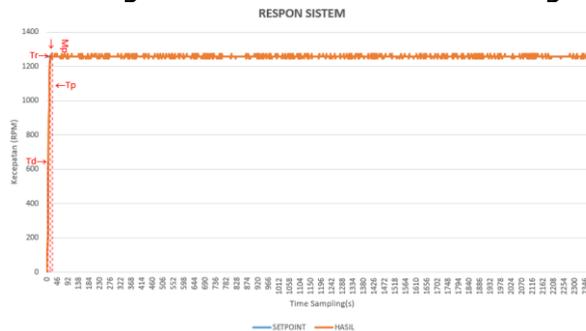
1. Kecepatan Motor 1260 RPM dengan waktu 20 menit dan Turbin Agitator



Gambar 8: Respon Sistem dengan Beban Turbin Agitator

Berdasarkan gambar 8 dapat diperoleh analisa perhitungan respon tersebut yaitu: T_d (waktu tunda) = 3,8 detik, T_r (waktu naik) = 22 detik, T_s (*settling time*) = 24 detik, T_p (waktu puncak) = 20 detik, M_o (*Overshoot* maksimum) = 1,19%, *Error steady state* atas = 2,38% *Error steady state* bawah = -2,38%.

2. Kecepatan Motor 1260 RPM dengan waktu 40 menit dan Turbin Agitator

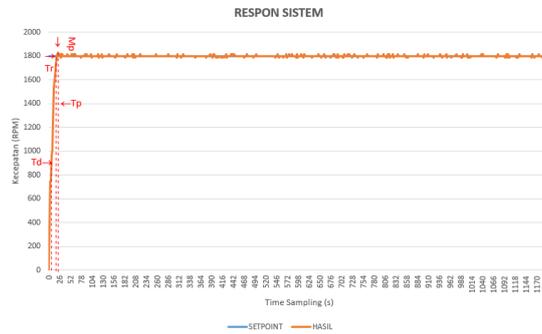


Gambar 9: Respon Sistem dengan Beban Turbin Agitator



Berdasarkan gambar 9 dapat diperoleh analisa perhitungan respon tersebut yaitu: T_d (waktu tunda) = 6,5 detik, T_r (waktu naik) = 18 detik, T_s (*settling time*) = 20 detik, T_p (waktu puncak) = 20 detik, M_o (*Overshoot* maksimum) = 1,19%, *Error steady state* atas = 1,19% *Error steady state* bawah = -1,19%.

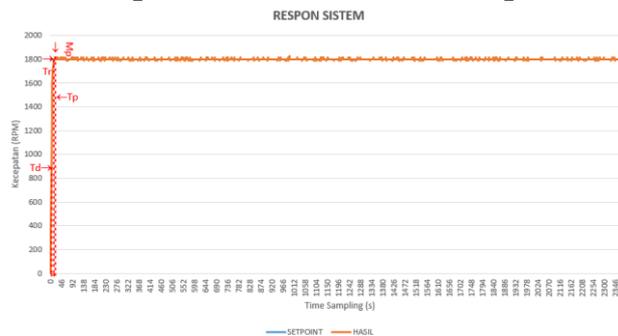
3. Kecepatan Motor 1800 RPM dengan waktu 20 menit *Paddle* Agitator



Gambar 10: Respon Sistem dengan Beban *Paddle* Agitator

Berdasarkan gambar 10 dapat diperoleh analisa perhitungan respon tersebut yaitu: T_d (waktu tunda) = 5,5 detik, T_r (waktu naik) = 24 detik, T_s (*settling time*) = 26 detik, T_p (waktu puncak) = 22 detik, M_o (*Overshoot* maksimum) = 1,6%, *Error steady state* atas = 1,66% *Error steady state* bawah = -0,83%.

4. Kecepatan Motor 1800 RPM dengan waktu 40 menit *Paddle* Agitator



Gambar 11: Respon Sistem dengan Beban *Paddle* Agitator

Berdasarkan gambar 11 dapat diperoleh analisa perhitungan respon tersebut yaitu: T_d (waktu tunda) = 4,8 detik, T_r (waktu naik) = 22 detik, T_s (*settling time*) = 24 detik, T_p (waktu puncak) = 18 detik, M_o (*Overshoot* maksimum) = 0,83%, *Error steady state* atas = 1,66% *Error steady state* bawah = -0,83%.

3.4 Hasil Pengujian

Pada tabel 5 dibawah ini ditunjukkan hasil pengadukan dengan beberapa jenis kecepatan waktu dan agitator. Hasil pengadukan ini kemudian difermentasi dengan anaerob atau fermentasi kedap udara. Fermentasi dilakukan selama 14 hari. Hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 5 adalah hasil setelah proses pengadukan sebelum dilakukan proses fermentasi. dari hasil pengadukan seluruh proses pengadukan menunjukkan terdapat busa yang menunjukkan proses pengadukan berjalan dengan baik. Hasil penelitian pH dan TDS akan ditunjukkan pada tabel 6.



TABEL 5 : HASIL PROSES PENGADUKAN

No	Jenis Pengujian	Gambar
1	Kecepatan Motor 1260 RPM = Kecepatan Pengaduk 20 RPM dengan waktu 20 menit dan Turbin Agitator	
2	Kecepatan Motor 1260 RPM = Kecepatan Pengaduk 20 RPM dengan waktu 40 menit dan Turbin Agitator	
3	Kecepatan Motor 1800 RPM = Kecepatan Pengaduk 30 RPM dengan waktu 20 menit Paddle Agitator	
4	Kecepatan Motor 1800 RPM = Kecepatan Pengaduk 30 RPM dengan waktu 40 menit Paddle Agitator	

3.5 Analisa Data

Tabel 6 di bawah ini merupakan hasil proses fermentasi dari pupuk organik cair. Setelah fermentasi, pupuk kemudian disaring dan diambil airnya kemudian diuji menggunakan pH meter dan TDS Meter untuk mengetahui kandungan nutrisi di dalamnya.

TABEL 6 : HASIL PENGUJIAN PH DAN PPH

Nomor Pengujian	pH	TDS Meter (pph)
1	5,42	4860
2	6,05	5160
3	7,10	6260
4	6,59	6550

Dari data pH yang telah diambil dengan menggunakan pH meter digital didapatkan bahwa pH pupuk organik cair terendah pada 5.42 dan pH tertinggi 7,10 Standar mutu pH pupuk organik cair yang ditetapkan dalam Peraturan Nomor 261/KPTS/SR.310.M/4/2019 mengindikasikan kisaran pH minimal antara 4 hingga 9. Namun perlu diteliti lebih lanjut mengenai kandungan lain yang terdapat pada pupuk organik cair. Selain dari pH, pengujian hasil fermentasi dilakukan dengan menggunakan TDS meter yang merupakan indicator untuk mengukur kepekatan larutan nutrisi yang ada pada pupuk organik cair. Larutan pupuk organik ciar dengan nilai TDS yang tinggi menunjukkan bahwa larutan nutrisi lebih pekat dan lebih banyak dibandingkan dengan larutan pupuk organik cair dengan nilai TDS yang lebih rendah. Dari hasil pengujian ppm menggunakan TDS Meter, nilai tertinggi ditunjukkan pada pengujian ke-4 dengan nilai TDS 6550 ppm dan nilai terendah adalah 4860 ppm.



4. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian didapatkan bahwa pembacaan sensor kecepatan proximity dengan tachometer menunjukkan bahwa sensor proximity sebagai sensor kecepatan dapat digunakan dengan baik dengan nilai error 0,813% dan 0,878%. Error yang dihasilkan menunjukkan bahwa sensor proximity sebagai sensor kecepatan dapat berfungsi dengan baik. Kotoran kambing berfungsi sebagai gangguan pada sebuah kontrol. Kontrol yang sesuai pada alat ini adalah kontrol PID yang akan tetap mempertahankan kecepatan ketika diberikan gangguan. Pada proses pengadukan menggunakan metode PID dengan penerapan metode Ziegler Nichols 2 diperoleh nilai $K_p = 0,021$ $K_i = 0,021$ dan $K_d = 0,00525$ dengan menggunakan pengujian beban 10 kg, setpoint kecepatan 20 dan 30 RPM dan waktu pengadukan 20 dan 40 menit. Hasil terbaik berdasarkan pengukuran pH dan TDS meter menunjukkan kecepatan optimal pengadukan 30 RPM dan penggunaan agitator jenis *paddle* menghasilkan putaran pengadukan terbaik dengan hasil pH 7,10 dan 6,59 sedangkan TDS meter 6260 ppm dan 6560 ppm. Waktu pengadukan yang digunakan 20 dan 40 menit menunjukkan hasil yang sama bagusnya hal ini menjadi indikator bahwa activator mikroorganisme Effective Microorganism 4 dapat efektif digunakan untuk fermentasi meski dilakukan pengadukan dengan waktu yang singkat dan lama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. L. Kudrati and A. Kusmiati, "Faktor-faktor yang berperan dalam kelangkaan pupuk bersubsidi," *J-Sep*, vol. 4, no. 1, pp. 63–80, 2010, [Online]. Available: <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/JSEP/article/view/370/228>
- [2] S. U. Lestari and M. Muryanto, "ANALISIS BEBERAPA UNSUR KIMIA KOMPOS *Azolla mycrophylla*," *J. Ilm. Pertan.*, vol. 14, no. 2, 2018, doi: 10.31849/jip.v14i2.441.
- [3] A. Parnata, *Meningkatkan hasil panen dengan pupuk organik. AgroMedia Pustaka. Bandung*. Jakarta: Agromedia Pustaka, 2010. [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=HXNt8hyCij0C&oi=fnd&pg=PA9&dq=limbah+wortel+limbah+kubis+limbah+sayuran+bioetanol+kandungan&ots=mNV91u-wLB&sig=_cdljR8JC_9a4MwsXv9yaVTtjYM
- [4] Murbandono, *Membuat Kompos Penebar Swadaya*. Jakarta, 1990.
- [5] T. Nur, A. R. Noor, and M. Elma, "PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR DARI SAMPAH ORGANIK RUMAH TANGGA DENGAN BIOAKTIVATOR EM4 (Effective Microorganisms)," *Konversi*, vol. 5, no. 2, 2018, doi: 10.20527/k.v5i2.4766.
- [6] S. S. Tri Pamungkas and E. Pamungkas, "PEMANFAATAN LIMBAH KOTORAN KAMBING SEBAGAI TAMBAHAN PUPUK ORGANIK PADA PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) DI PRE-NURSERY," *Mediagra*, vol. 15, no. 01, pp. 66–76, 2019, doi: 10.31942/md.v15i01.3071.
- [7] A. W. Utama, R. I. Putri, and M. Rifa'i, "Kontrol Kecepatan Motor DC Menggunakan Metode PI Pada Proses Pengadukan Smart Biogas Berdasarkan Suhu Reaktor," 2021.
- [8] I. H. ROSMA, D. Y. SUKMA, and S. SARE, "Pengadukan Pupuk Cair Otomatis Berbasis Mikrokontroler pada Sistem Fertigasi Pintar," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 9, no. 4, p. 827, 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i4.827.
- [9] R. Nurrohmanysah, A. Indriyani, E. Ekaliana, and M. Telaumbanua, "Alat Pembuat Pupuk Cair Otomatis dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Berbasis Mikrokontroler," *Agroteknika*, vol. 2, no. 2, pp. 51–58, 2019, doi: 10.32530/agroteknika.v2i2.43.
- [10] F. Suryatini and A. Firasanti, "Kendali P, PI, dan PID analog pada pengaturan kecepatan motor dc dengan penalaan ziegler-nichols," *JREC J. Electr. Electron.*, vol. 6, no. 1, 2018.
- [11] B. Breneztafani, I. Sirajuddin, and T. Winarno, "Implementasi Kontrol PID Pada Kecepatan Motor Untuk Pencucian Telur," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 6, no. 2, p. 62, 2021, doi: 10.33795/elkolind.v6i2.162.
- [12] S. Suparhun, M. Anshar, and Y. Tambing, "Pengaruh Pupuk Organik Dan POC Dari Kotoran Kambing Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.)," *e-J. Agrotekbis*, vol. 3, no. 5, 2015.

