

Penyemai Benih Otomatis Untuk *Rover* Pertanian Pintar

1st Imam Darmawan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

imamdarmawan@student.telkomuniver
sity.ac.id

2nd Angga Rusdinar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id

3rd Fiky Y. Suratman
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

fysuratman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — *Konsep pertanian cerdas menggunakan Teknologi Informasi dan Komunikasi (IT) untuk melakukan proses implementasi untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Saat menggunakan pertanian pintar akan memanfaatkan teknologi yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem penyemai benih otomatis pada rover menggunakan kendali PID dan mengimplementasikan rover penyemai benih otomatis pada pertanian agar menciptakan mobile robot yang dapat membantu petani dalam melakukan penyemaian. Rover penyemai benih otomatis adalah sebuah rover yang bekerja menggunakan motor dc dan motor servo. Motor DC yang dikendalikan oleh kendali PID untuk menggerakkan rack and pinion gear untuk menurunkan dan mengangkat bor guna melubangi tanah dan motor servo membuka tabung benih untuk menabur benih secara otomatis. Hasil dari penelitian ini yaitu rover melakukan pengeboran tanah dengan kedalaman hingga 5 cm. Adapun rata-rata akurasi kedalaman sebesar 96,44%, rata-rata akurasi jarak antar lubang sebesar 95,03% dan rata-rata akurasi jumlah biji per lubang sebesar 84%. Perbedaan kedalaman dan jarak antar lubang dapat terjadi dikarenakan tanah yang tidak begitu rata seperti adanya gundukan, batu dan lainnya.*

Kata kunci — *penyemai benih, pertanian pintar, mobile robot dan kendali PID.*

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi lahan yang subur dan dianugerahi dengan kekayaan alam yang berlimpah khususnya pada bidang pertanian dengan luas lahan mencapai 10,41 juta hektar pada tahun 2021 [1]. Dalam melakukan kegiatan bertani, para petani masih bekerja secara tradisional dengan menanam secara manual pada lahan pertaniannya. Hal itu mengakibatkan petani tidak bisa melakukan hal produktif lainnya dikarenakan harus bercocok

tanam secara manual. Dibutuhkan peralihan dari pertanian tradisional menjadi pertanian pintar.

Pertanian pintar dapat didefinisikan sebagai sistem pertanian yang menggunakan Teknologi Informasi dan Komunikasi (IT) untuk melakukan proses implementasi untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan [2].

Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi yang ada, khususnya di bidang robotika, sektor pertanian Indonesia dapat beralih dari pertanian tradisional ke pertanian cerdas. Robotika adalah bidang teknologi yang berhubungan dengan desain robot, konstruksi, operasi, penempatan struktural, manufaktur, dan penggunaan [3]. Robot berfungsi untuk membantu dan meringankan pekerjaan manusia dan dalam hal ini khususnya pekerjaan pada bidang pertanian yaitu menyemai benih agar petani dapat menghemat tenaga dan waktu sehingga dapat mengerjakan hal lain agar bisa lebih produktif.

Dengan meninjau permasalahan yang telah dibahas, sehingga akan dilakukan perancangan sebuah *mobile robot* yaitu berupa *rover* penyemai benih. *Rover* penyemai benih adalah sebuah *rover* yang bekerja menggunakan motor dc dan motor servo. Motor DC yang dikendalikan oleh kendali PID untuk menggerakkan rack and pinion gear untuk menurunkan dan mengangkat bor guna melubangi tanah dan Motor servo membuka tabung benih untuk menabur benih secara otomatis. *Rover* ini akan diaplikasikan pada ruang terbuka dengan objek pengujian yaitu biji jagung.

II. KAJIAN TEORI

A. Pertanian Pintar

Pertanian adalah suatu bentuk produksi berbasis pertumbuhan flora dan fauna untuk memenuhi kebutuhan pangan sebagai bagian dari suatu agroekosistem untuk kelangsungan hidup bersama. Indonesia memiliki potensi dibidang pertanian dengan luas lahan mencapai 10,41 juta hektar pada tahun 2021 [1]. *Smart farming* dapat didefinisikan sebagai sistem pertanian yang menggunakan Teknologi Informasi dan Komunikasi (IT) untuk melakukan proses implementasi untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Pertanian cerdas (*Smart Farming*) menampilkan informasi melalui peta dan data yang lebih kompleks. Secara khusus, ini menampilkan semua yang dibutuhkan petani untuk melakukan aktivitas sehari-harinya, menyederhanakan

proses, mempercepat proses, meningkatkan akurasi penargetan, dan mempercepatnya [2].

B. Rover

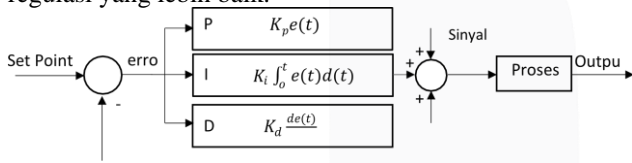
Rover atau *mobile robot* adalah sebuah struktur robot yang dicirikan dengan memiliki penggerak berbentuk roda yang menggerakkan seluruh tubuh robot sehingga robot dapat bergerak dari satu titik ke titik lainnya.

Mobile robot dapat bergerak secara mandiri tanpa bantuan operator manusia. Sebuah robot dikatakan otonom jika dapat menentukan tindakan yang harus dilakukan untuk melakukan suatu tugas dengan menggunakan sistem perseptual. Rover membutuhkan unit kognitif atau sistem kontrol untuk mengoordinasikan semua subsistem yang membentuknya. Kognisi bertanggung jawab untuk menganalisis data input dari sensor dan mengambil tindakan yang tepat untuk mencapai tujuan mobile robot. Kognisi bertanggung jawab atas skema sistem kontrol.

Sistem penggerak robot merupakan aspek penting dari desain robot bergerak dan tidak hanya bergantung pada media tempat robot bergerak, tetapi juga pada standar teknis seperti pengoperasian, keterkendalian, kondisi medan, efisiensi, stabilitas, dan sebagainya [4].

C. Kendali PID

Kontrol PID adalah jenis metode kontrol yang banyak digunakan. Selain itu, sistem kontrol ini dapat dengan mudah dikombinasikan dengan metode kontrol lain seperti fuzzy dan robust. Hal ini memudahkan sistem ini untuk menjadi sistem regulasi yang lebih baik.



GAMBAR 1 DIAGRAM BLOK KENDALI PID

Dimana:

1. *Set Point* adalah nilai masukan dari sebuah sistem.
2. *Error* adalah selisih nilai dari sensor umpan balik dan nilai masukan.
3. Sinyal Kontrol adalah nilai ekuivalensi dari kendali P, kendali I, dan kendali D.
4. *Output* adalah nilai yang dihasilkan dari digunakannya kendali PID yangtelah didapatkan.

Kontroler PID terdiri dari 3 jenis cara pengaturan yang saling dikombinasikan, yaitu *P (Proportional) Controller*, *D (Derivative) Controller*, dan *I (Integral) Controller*. Masing-masing memiliki parameter tertentu yang harus di-set untuk dapat beroperasi dengan baik, yang disebut sebagai konstanta. Setiap jenis, memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1 RESPONS KONTROLER PID TERHADAP PERUBAHAN KONSTANTA

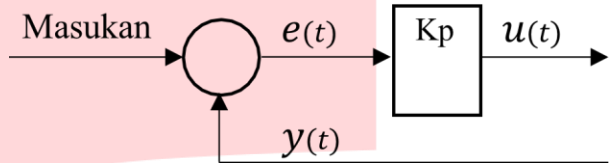
<i>Closed-Loop Responsse</i>	<i>Rise Time</i>	<i>Overshoot</i>	<i>Settling Time</i>	<i>SS Error</i>
<i>Kp</i>	<i>Decrease</i>	<i>Increase</i>	<i>Small change</i>	<i>Decrease</i>
<i>Ki</i>	<i>Decrease</i>	<i>Increase</i>	<i>Increase</i>	<i>Eliminate</i>

<i>Kd</i>	<i>Small change</i>	<i>Decrease</i>	<i>Decrease</i>	<i>Small change</i>
-----------	---------------------	-----------------	-----------------	---------------------

Parameter ini tidak independen. Oleh karena itu, mengubah salah satu nilai konstan dapat menyebabkan sistem tidak merespons seperti yang diharapkan. Tabel di atas hanya digunakan sebagai panduan saat mengubah konstanta. Metode *trial and error* biasanya digunakan untuk merancang pengontrol PID. Oleh karena itu, desainer harus bereksperimen dengan pengontrol dan kombinasi konstan untuk mendapatkan hasil terbaik dengan cara yang paling sederhana [5].

D. Kendali Proporsional

Kendali proporsional menghasilkan nilai keluaran yang sebanding atau proporsional dengan sinyal masukan. Diagram blok untuk kontrol proporsional dapat dilihat pada Gambar 2.



GAMBAR 2 DIAGRAM BLOK KENDALI PROPOSIONAL

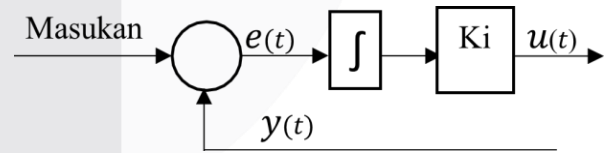
Hubungan antara sinyal keluaran proporsional $\mu(t)$ dengan sinyal kesalahan (*error*) $e(t)$ terlihat pada persamaan berikut.

$$\mu(t) = K_p e(t) \quad (2.1)$$

Konstanta proporsional (K_p) bertindak sebagai penguat tanpa dampak dinamis pada kinerja sistem. Hubungannya dengan kontrol kecepatan adalah bahwa semakin besar nilai konstanta proporsionalitas (K_p), semakin baik sistem, terutama pada waktu naik dan turun, tetapi kontrol proporsional saja tidak cukup untuk menghilangkan steady state error dikarenakan pada saat sinyal error nol maka keluaran proporsional juga akan bernilai nol sehingga kecepatan melambat dan mempertahankan steady state error. Jika besar nilai konstanta proporsional (K_p) berlebihan maka mengakibatkan respons sistem akan berosilasi [5].

E. Kendali Integral

Kendali integral memiliki tujuan untuk mengeliminasi *steady state error* yang dihasilkan oleh kendali proporsional. Diagram blok kendali integral dapat dilihat pada Gambar 3.



GAMBAR 3 DIAGRAM BLOK KENDALI INTEGRAL

Hubungan kendali integral $\mu(t)$ dengan sinyal kesalahan (*error*) $e(t)$ terlihat pada persamaan berikut.

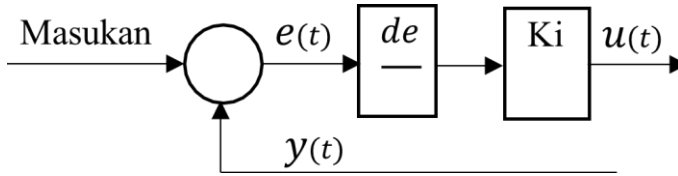
$$\mu(t) = K \int_0^t e(t) dt \quad (2.2)$$

Keluaran dari kendali integral berupa perkalian antara konstanta integral dengan jumlah sinyal kesalahan (*error*) $e(t)$ pada rentang periode waktu. Nilai kendali integral akan semakin kecil pada saat sinyal kesalahan mendekati nol, ketika sinyal kesalahan bernilai nol maka kendali integral

akan mempertahankan nilai sebelumnya sehingga *steady state error* dapat dieliminasi. Apabila nilai K_i berlebihan maka akan mengakibatkan respons keluaran sistem berosilasi [5].

F. Kendali Derivatif

Kendali derivatif memiliki tujuan untuk mengurangi *overshoot*. Diagram blok kendali derivatif dapat dilihat pada Gambar 4.



GAMBAR 4 DIAGRAM BLOK KENDALI DERIVATIF

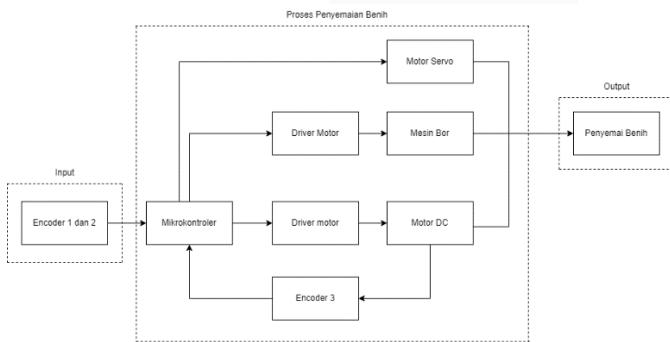
Hubungan kendali derivatif $\mu(t)$ dengan sinyal kesalahan (*error*) $e(t)$ dapat dilihat pada persamaan 2.3.

$$\mu(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.3)$$

Hasil dari kendali derivatif berupa perkalian antara konstanta derivatif dengan kemiringan sinyal kesalahan (*error*) pada rentang periode waktu. Kendali ini bekerja ketika terdapat perubahan pada masukan. Jika tidak, kendali tidak akan menghasilkan keluaran, maka dari itu kendali derivatif tidak bisa digunakan sendiri. kendali derivatif akan secara otomatis menurunkan *settling time* karena kendali derivatif dapat mengurangi *overshoot* pada respons sistem [5].

III. METODE

A. Diagram Blok Individu

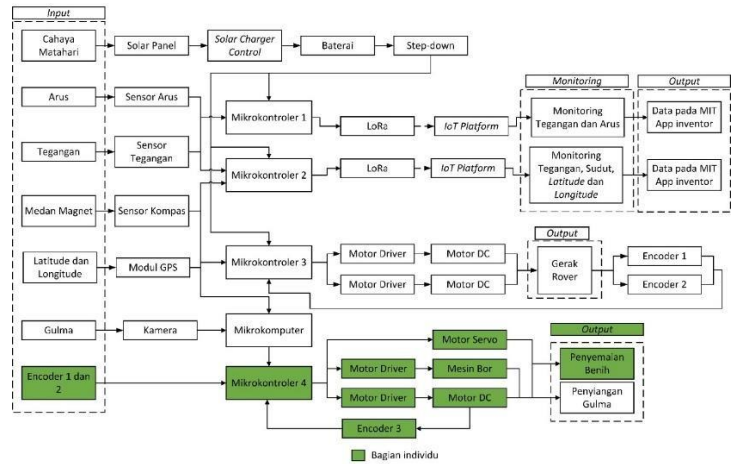


GAMBAR 5 DIAGRAM BLOK INDIVIDU

Pada gambar 5 menunjukkan diagram blok sistem individu yaitu diagram blok sistem penyemai benih otomatis pada *rover* yang dimulai dari encoder 1 dan 2 sebagai *input* kemudian mikrokontroler, motor driver, motor dc, encoder 3 dan mesin bor melakukan proses melubangi tanah serta terdapat motor servo untuk membuka dan menutup tabung benih dan menghasilkan *output* berupa penyemaian benih.

B. Diagram Blok Kelompok

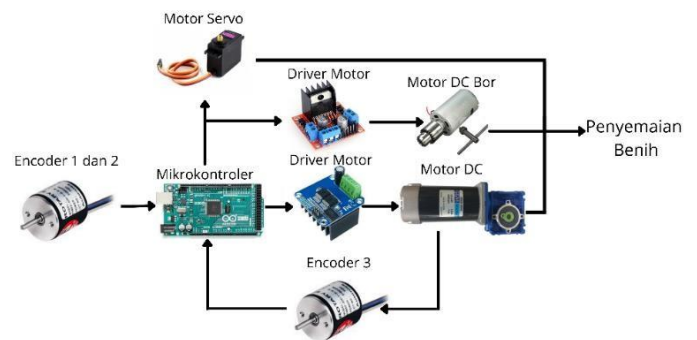
Gambar 6 merupakan gambar diagram blok kelompok secara keseluruhan yang menunjukkan seluruh rancangan sistem dari *rover* pertanian pintar. Warna hijau menunjukkan diagram blok untuk bagian penyemai benih pada *rover*.



GAMBAR 6 DIAGRAM BLOK KELOMPOK

C. Desain Perangkat Keras

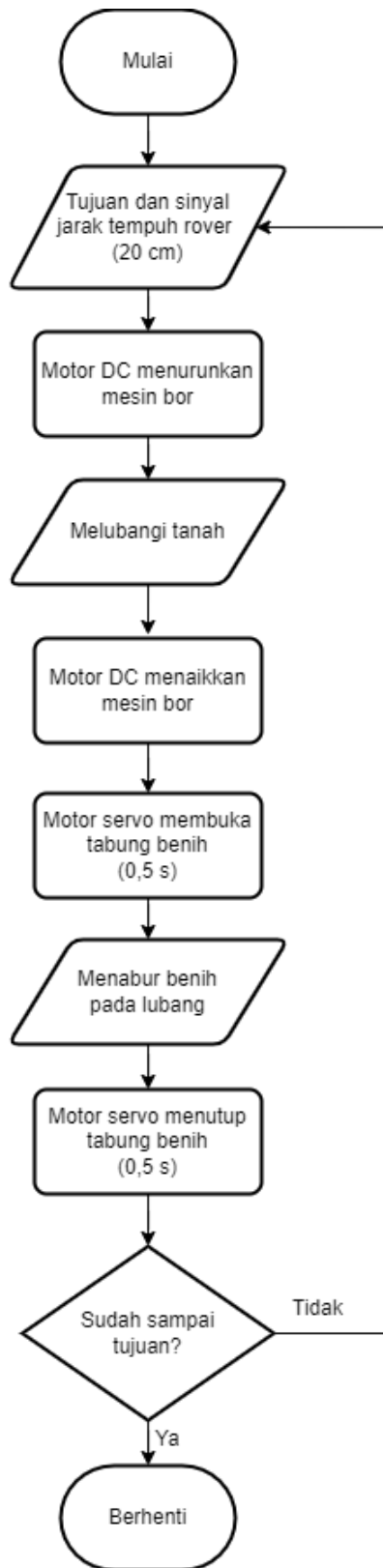
Desain perangkat keras pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler arduino mega sebagai perangkat yang melakukan kendali dengan kendali PID. Encoder 1 dan 2 akan memberikan sinyal ke mikrokontroler kemudian akan memberikan perintah terhadap motor dc agar berputar untuk menurunkan bor guna melubangi tanah, setelah bor melubangi tanah motor dc akan memutar berlawanan arah untuk menaikkan bor. Setelah tanah dilubangi, maka motor servo akan membuka tabung benih kemudian menabur benih ke dalam lubang yang telah dibuat. Proses tersebut akan dilakukan berulang kali hingga mendapatkan sinyal bahwa *rover* telah selesai menjalankan misinya dan sampai di titik tujuan.



GAMBAR 7 DESAIN PERANGKAT KERAS.

D. Desain Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dengan kendali PID dan menggunakan Bahasa pemrograman Bahasa C. *Integrated Development Environment (IDE)* digunakan sebagai aplikasi dalam merancang perangkat lunak dan untuk melakukan pemrograman pada mikrokontroler arduino mega. Pada Gambar 8 menunjukkan diagram alir algoritma sistem pada penyemai benih otomatis untuk *rover* pertanian pintar.



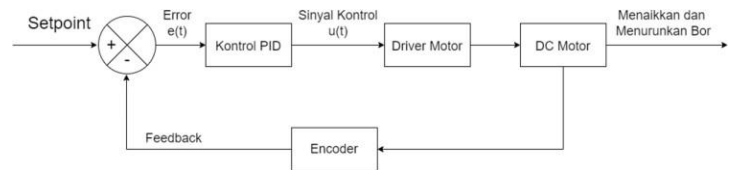
GAMBAR 8 DIAGRAM ALIR SISTEM

E. Perancangan Logika Kendali PID

Kontrol yang digunakan pada penyemai benih otomatis untuk rover pertanian pintar ini adalah kendali PID. Pada sistem ini terdapat suatu masukan (*input*) berupa data dari titik koordinat. Pada Gambar 9 menunjukkan diagram blok

kendali PID sebagai kendali penyemai benih otomatis untuk rover pertanian pintar.

Pada Gambar 9 adalah penjelasan dari bagian-bagian diagram blok sistem perancangan kendali PID.



GAMBAR 9 DIAGRAM BLOK SISTEM PERANCANGAN KENDALI PID

1. *Input*, berupa nilai setpoint PWM.
2. *Error* $e(t)$, berupa hasil selisih dari pembacaan encoder dan data masukan.
3. Kendali PID, berupa pengolahan dari nilai masukan dan nilai error.
4. Sinyal kontrol $u(t)$ merupakan hasil dari pengolahan kendali PID berupa nilai PWM dan arah putaran motor.
5. Driver motor, merupakan modul motor driver yang digunakan untuk mengontrol suatu kecepatan dan arah putar motor DC berdasarkan sinyal kontrol dari PID.
6. Motor Dc adalah beban yang akan dikontrol kecepatan dan arah putarnya dengan PWM sesuai keluaran PID .
7. Encoder merupakan perangkat yang tugasnya mendeteksi putaran motor dan memberikan *feedback* kepada kendali PID.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Alat



GAMBAR 10 HASIL PERANCANGAN ALAT

Pada Gambar 10 menunjukkan hasil dari perancangan penyemai benih pada rover. *Software* yang digunakan untuk merancang alat ini adalah Fusion 360. Pada rover ini, penulis mengerjakan bagian perancangan penyemai benih pada rover pintar, dengan tujuan untuk memudahkan petani dalam melakukan penyemaian benih jagung. Rover ini memiliki dimensi yaitu panjang 105 cm, lebar 85 cm dan tinggi 70 cm.

B. Perancangan Rack dan Pinion Gear

Pada penelitian ini, rak dan pinion gear digunakan untuk menaikkan dan menurunkan mesin bor ketika proses melubangi tanah. *Rack gear* berupa baja persegi panjang yang memiliki gigi ditunjukkan pada Gambar 11 dan *pinion gear* merupakan baja berbentuk lingkaran yang memiliki gigi.



GAMBAR 11 PINION GEAR

Pada Gambar 11 menunjukkan pinion gear yang berfungsi sebagai penggerak terhadap rak gear. Pinion gear yang digunakan pada penelitian ini memiliki nilai modul sebesar 2,1 dengan diameter 40 mm dengan jumlah gigi 19. Nilai modul didapatkan dari persamaan berikut :

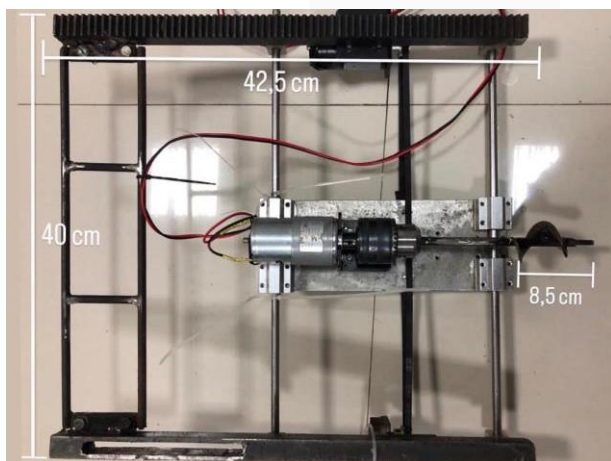
$$Ma = \frac{D}{Z}$$

$$Ma = \frac{40}{19}$$

$$= 2,1.$$

Keterangan :

Ma = Modulus pinion gear.
D = Diameter Pinion gear.
Z = Jumlah gigi pinion gear.



GAMBAR 12 RACK GEAR DAN MESIN BOR

Pada Gambar 12 menunjukkan *rack gear* yang berfungsi mengubah gerak rotasi dari pinion gear menjadi gerak linear. Pada penelitian ini, *rack gear* memiliki panjang 42,5 cm. Panjang tersebut disesuaikan dengan jarak *pinion gear* ke tanah yaitu 40 cm. Panjang *rack gear* 2,5 cm lebih panjang dibandingkan jarak *pinion gear* ke tanah agar ketika bor

diturunkan secara maksimal, *rack gear* tidak terlepas dan tetap menempel pada pinion gear.

C. Perancangan Sistem Penabur Benih

Sistem penabur benih pada penelitian kali ini menggunakan dua komponen utama yaitu tabung benih dan motor servo.



GAMBAR 13 SISTEM PENABUR BENIH

Pada Gambar 13 menunjukkan sistem penabur benih pada *rover* dengan menggunakan botol sebagai tabung benih dengan kapasitas 1 liter dan menggunakan motor servo MG996R untuk membuka dan menutup tabung benih guna menjatuhkan benih ketika proses penyemaian.

D. Perancangan Mekanik Penyemai Benih

Pada Gambar 14 menunjukkan pinion gear guna menggerakkan rak gear untuk gerakan naik turun pada saat proses pengeboran, tabung benih sebagai wadah dan motor servo sebagai aktuator untuk membuka dan menutup tabung benih. Selain itu, terdapat juga mesin bor dengan panjang matabor 8,5 cm dengan jarak antara matabor dan tanah adalah 3 cm.

Berdasarkan ukuran dari masing-masing komponen, terdapat batasan kedalaman untuk *rover* melakukan pengeboran tanah yaitu sesuai dengan panjang mata bor 8,5 cm. Kedalaman tanah untuk menyemai biji jagung yang tepat yaitu berkisar antara 3-5 cm.

Untuk mendapatkan kedalaman 3-5 cm, dibutuhkan perhitungan sebagai berikut:

$$\Pi \times D : (\text{kedalaman} + \text{jarak mata bor ke tanah}) = n$$

$$\Pi \times 4 : (5+3) \text{ cm} = 1,57.$$

$$Dt : n = Db.$$

$$360 : 1,57 = 229,3^\circ$$

Keterangan:

n = *variable* pembagi untuk mendapatkan kesesuaian antara keliling pinion gear dengan derajat putar yang dibutuhkan.

D = Diameter pinion gear.

Dt = Derajat total.

Db = Derajat yang dibutuhkan.

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan hasil bahwa untuk mendapatkan kedalaman 5 cm dibutuhkan putaran sebesar 229,3° atau $\approx 229^\circ$ pada pinion gear. Untuk mendapatkan 229° putar pada pinion gear maka dilakukan kalibrasi antara kecepatan motor dc dengan lama putarnya.

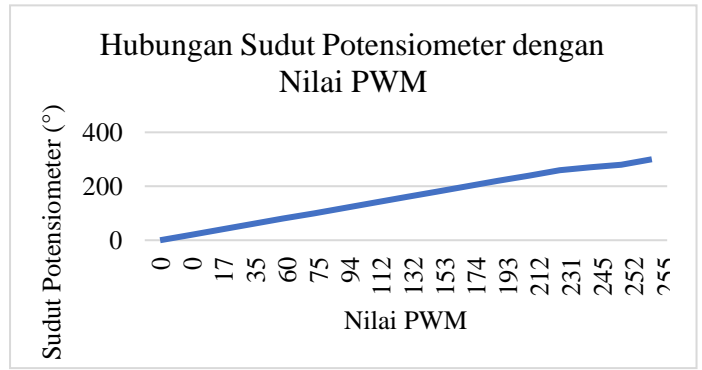
E. Pengaruh Sudut Potensiometer Terhadap Nilai PWM Bor
 Perubahan nilai PWM pada mesin bor dibutuhkan untuk menyesuaikan kecepatan putaran mesin bor dengan kelembaban tanah yang akan dilubangi. Nilai PWM didapat dari *mapping* nilai pada potensiometer. Pada mesin bor, nilai PWM akan diperoleh dari perubahan sudut pada potensiometer. Nilai sudut yang digunakan terbatas hanya sampai 300°. Nilai sudut antara 0° sampai 300° akan dikonversi ke nilai PWM dari 0 sampai dengan 255. Adapun pengaruh sudut potensiometer terhadap nilai PWM ditunjukkan pada Tabel 2.

$$\begin{aligned} & \text{tegangan untuk setiap 1 nilai digital} \\ & = \frac{\text{nilai tegangan sumber}}{\text{nilai digital}} \\ & 0,019608 \text{ Volt} = \frac{5 \text{ Volt}}{255} \end{aligned}$$

TABEL 2 PENGARUH SUDUT POTENSIOEMETER TERHADAP NILAI PWM

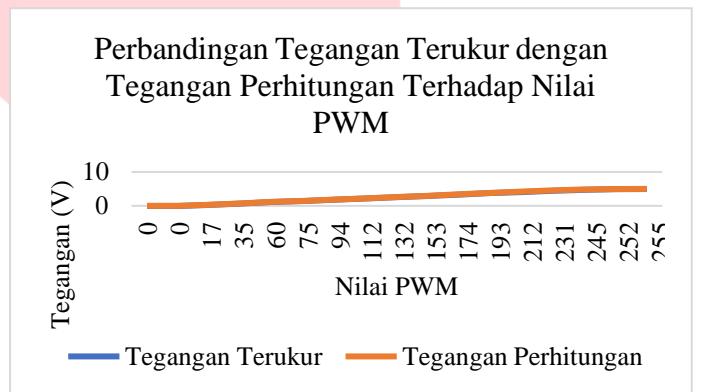
No	Sudut (°)	Tegangan terukur (V)	PWM	Tegangan perhitungan (V)
1	0	0	0	0
2	20	0.3	0	0
3	40	0.352	17	0.333
4	60	0.7	35	0.686
5	80	1.181	60	1.176
6	100	1.484	75	1.47
7	120	1.853	94	1.843
8	140	2.2	112	2.196
9	160	2.582	132	2.588
10	180	2.977	153	3
11	200	3.38	174	3.411
12	220	3.765	193	3.784
13	240	4.127	212	4.156
14	260	4.5	231	4.529
15	280	4.90	252	4.941
16	300	4.97	255	5

Pada Gambar 14 menunjukkan hubungan antara sudut potensiometer dengan nilai PWM mesin bor. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa besar nilai PWM berbanding lurus dengan nilai sudut dari potensiometer. Semakin besar nilai sudut, maka semakin besar juga nilai PWM yang didapatkan. Pada penelitian ini, pengeboran diuji pada beberapa kondisi tanah diantaranya tanah dengan kelembaban 60% membutuhkan PWM sebesar 255, kelembaban 70% membutuhkan PWM sebesar 150 dan kelembaban 80% membutuhkan PWM sebesar 130.



GAMBAR 14 HUBUNGAN SUDUT OTENSIOEMETER DENGAN NILAI PWM

Pada Gambar 15 menunjukkan perbandingan antara tegangan terukur dengan tegangan perhitungan terhadap nilai sudut potensiometer. Paada gambar tersebut dapat dilihat bahwa terdapat sedikit perbedaan antara tegangan terukur dengan tegangan perhitungan.



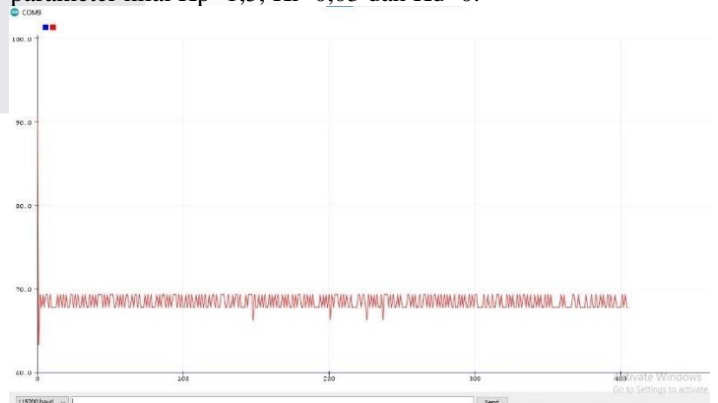
GAMBAR 15 PERBANDINGAN TEGANGAN TERUKURDENGAN TEGANGAN PERHITUNGAN TERHADAP NILAI PWM

F. Pengujian Parameter Kontrol PID

Pada pengujian parameter PID, akan diuji untuk menentukan nilai PID yang paling tepat. Nilai yang diuji akan diterapkan ke sistem dan akan dilihat respon yang lebih baik untuk motor DC dalam merespon *setpoint* yang telah ditentukan. *Setpoint* pada pengujian kali ini yaitu 60. Sumbu X pada hasil pengujian merupakan waktu (ms) dan sumbu Y merupakan nilai PWM.

G. Nilai Kp=1.5, Ki=0.03, Kd=0

Pada percobaan ini menguji nilai PID dengan menggunakan parameter kilai Kp=1,5, Ki=0,03 dan Kd=0.

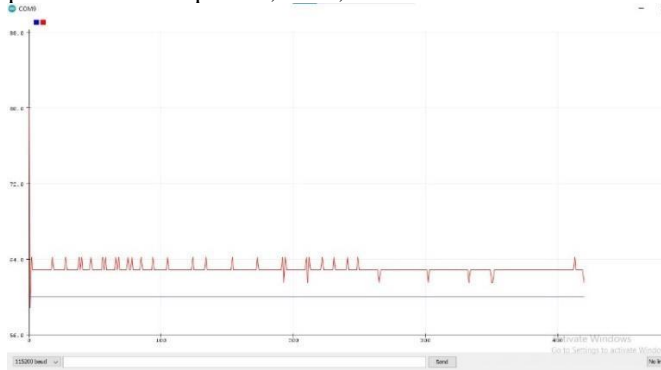


GAMBAR 16 NILAI KP = 1,5, KI = 0,03, KD = 0

Dari Gambar 16 yaitu sumbu Y menunjukkan hasil yang bergerak diatas setpoint yaitu pada PWM 68 dengan overshoot sebesar 33,8%, hal ini dikarenakan nilai Kp yang berlebih. Selain itu, terlihat juga sistem beresilasi dan adanya error steady state sebesar 13%.

H. Nilai $K_p=1.31$, $K_i=0.036$, $K_d=0$

Pada percobaan ini menguji nilai PID dengan menggunakan parameter nilai $K_p=1.31$, $K_i=0,036$ dan $K_d=0$.

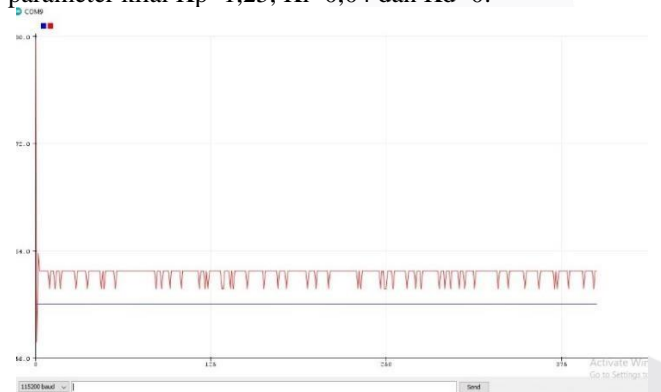


GAMBAR 17 NILAI $K_p=1,31$, $K_i=0,036$, $K_d=0$

Dari Gambar 17 yaitu sumbu Y menunjukkan hasil yang bergerak pada nilai PWM 63. Pada pengujian ini menghasilkan overshoot sebesar 28,57%, dengan sistem beresilasi dan error steady state sebesar 5%.

I. Nilai $K_p=1,25$, $K_i=0,04$, $K_d=0$

Pada percobaan ini menguji nilai PID dengan menggunakan parameter kilai $K_p=1,25$, $K_i=0,04$ dan $K_d=0$.

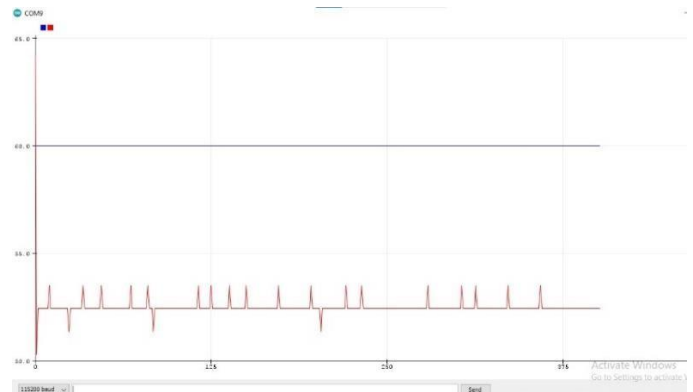


GAMBAR 18 NILAI $K_p=1,25$, $K_i=0,04$, $K_d=0$

Dari Gambar 18 yaitu sumbu Y menunjukkan pergerakan sistem diatas setpoint yaitu pada nilai PWM 62 dan dengan overshoot sebesar 26,9%. Selain itu, terlihat juga sistem beresilasi dan dengan error steady state sebesar 3%.

J. Nilai $K_p=1,003$, $K_i=0,0335$, $K_d=0$

Pada percobaan ini menguji nilai PID dengan menggunakan parameter kilai $K_p=1,003$, $K_i=0,0335$ dan $K_d=0$.

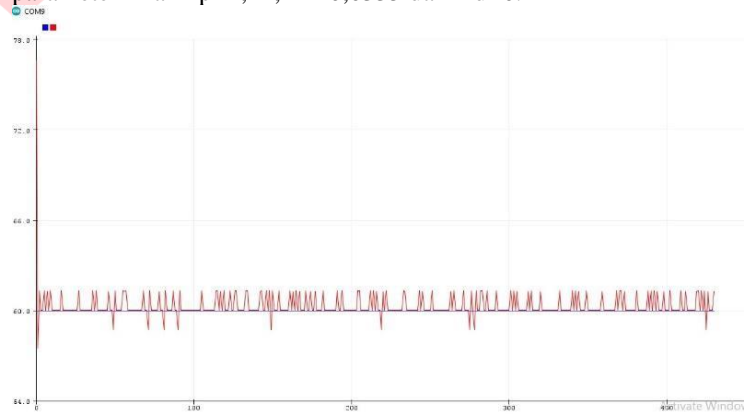


GAMBAR 19 NILAI $K_p=1,003$, $K_i=0,0335$, $K_d=0$

Dari Gambar 19 yaitu sumbu Y menunjukkan pergerakan sistem yang bergerak dibawah setpoint yaitu pada PWM sebesar 53 dan dengan overshoot sebesar 20,75%. Selain itu, terlihat juga sistem masih beresilasi dan terdapat adanya error steady state sebesar 11,67%.

K. Nilai $K_p=1,21$, $K_i=0,0335$, $K_d=0$

Pada percobaan ini menguji nilai PID dengan menggunakan parameter kilai $K_p=1,21$, $K_i=0,0335$ dan $K_d=0$.



GAMBAR 20 NILAI $K_p=1,21$, $K_i=0,0335$, $K_d=0$

Berdasarkan hasil pada Gambar 20, maka pada percobaan kali ini dengan sedikit mengurangi nilai parameter K_p dan K_i untuk mengurangi overshoot dan hasil yang lebih stabil seperti ditunjukkan pada Gambar 20 sumbu Y menunjukkan sistem bergerak pada PWM 60, dengan sistem yang masih beresilasi dan overshoot sebesar 0% . Berdasarkan hasil tersebut, maka sistem yang digunakan menggunakan parameter pada pengujian ini.

L. Perbandingan Parameter PID

Setelah melakukan pengujian dengan parameter PID yang berbeda-beda, didapatkan hasil pada tabel 3 berikut:

TABEL 3 PERBANDINGAN PARAMETER PID

Parameter	Overshoot	Error Steady State
$K_p=1.5$, $K_i=0.03$, $K_d=0$	33,8%	13%
$K_p=1.31$, $K_i=0.036$, $K_d=0$	28,57%	5%
$K_p=1,25$, $K_i=0,04$ dan $K_d=0$	26,9%	3%
$K_p=1,003$, $K_i=0,0335$ dan $K_d=0$	20,75%	11,67%

$K_p=1,21$, $K_i=0,0335$ dan $K_d=0$	26,6%	0%
------------------------------------------	-------	----

Berdasarkan perbandingan pada **tabel 4.2**, sehingga didapatkan hasil yaitu parameter PID yang menghasilkan putaran motor paling stabil dengan nilai $K_p=1,21$, $K_i=0,0335$ dan $K_d=0$ mendapatkan *overshoot* sebesar 26,6% dengan *error steady state* sebesar 0%.

M. Ketepatan Penyemaian Benih

Ketepatan penyemaian benih berdasarkan pada beberapa parameter yaitu akurasi kedalaman lubang yang dihasilkan oleh *rover* sesuai dengan kedalaman yang ditetapkan yaitu 3-5 cm, akurasi jarak antar lubang dengan target jarak antar lubang yaitu 20 cm dan jumlah biji jagung perlubang dengan target 1-3 biji. Penelitian ini dilakukan pada lahan dengan tingkat kelembaban tanah sebesar 70%.

TABEL 4 KETEPATAN PENYEMAIAN BENIH

Lubang ke-	Kedalaman (cm)	Jarak antar lubang (cm)	Jumlah biji perlubang	Akurasi kedalaman	Akurasi jarak antar lubang	Akurasi jumlah biji perlubang
1	3,5	19	2	100%	95%	100%
2	3,5	19,5	3	100%	97,5%	100%
3	3	20	3	100%	100%	100%
4	3,3	17	5	100%	85%	60%
5	3	20	1	100%	100%	100%
6	3,4	22,5	0	100%	87,5%	0%
7	1,8	22	3	60%	90%	100%
8	2	19,5	1	66,7%	97,5%	100%
9	3,1	20	3	100%	100%	100%
10	3,3	20	2	100%	100%	100%
11	3	21	4	100%	95%	75%
12	3,5	20,5	3	100%	97,5%	100%
13	3,2	20	2	100%	100%	100%
14	2,5	19	0	83,33%	95%	0%
15	2,8	22	2	93,33%	90%	100%
16	2,7	21	3	90%	95%	100%
17	3	19,8	1	100%	99%	100%
18	3,4	17	0	100%	85%	0%
19	4	18	3	100%	90%	100%
20	4,5	20,5	1	100%	97,5%	100%
21	4,3	18	3	100%	90%	100%
22	4	19	3	100%	95%	100%
23	3,5	20,3	1	100%	98,5%	100%
24	4,7	20	4	100%	100%	75%
25	3,5	18	2	100%	90%	100%
26	4,5	21,5	2	100%	92,5%	100%
27	3,8	20	0	100%	100%	0%
28	4,2	19,7	1	100%	98,5%	100%
29	3,9	19	2	100%	95%	100%
30	3,6	21	2	100%	95%	100%

Berdasarkan Tabel 4, perbedaan kedalaman dan jarak antar lubang dapat terjadi dikarenakan tanah yang tidak begitu rata seperti adanya gundukan, batu dan lainnya, sehingga didapatkan rata-rata akurasi kedalaman sebesar 96,44%, rata

rata akurasi jarak antar lubang sebesar 95,03% dan rata-rata akurasi jumlah biji perlubang sebesar 84%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dalam Berdasarkan hasil penelitian, pengujian dan analisis Penyemai benih pada *rover*, maka kesimpulan pada tugas akhir ini adalah :

1. Dengan perancangan mekanik pada penyemai benih pada *rover* dihasilkan kedalaman pengeboran maksimal yaitu 8,5 cm. Namun, pada penelitian kali ini kedalaman yang digunakan yaitu 3-5 cm. *Pinion gear* memiliki diameter 4 cm dengan keliling 12,56 cm dan memiliki jumlah gigi 19. Mata bor memiliki panjang 8,8 cm dan *rack gear* memiliki panjang 42,5 cm. Dengan ukuran pada kedua gear dan panjang mata bor, sehingga untuk mencapai kedalaman 5 cm dibutuhkan putaran sudut pinion gear sebesar 229°.
2. Nilai PWM dari mesin bor didapat dari *mapping* nilai pada potensiometer. Pada alat ini, nilai PWM akan diperoleh dari perubahan sudut pada potensiometer. Nilai sudut yang digunakan terbatas hanya sampai 300°. Nilai sudut antara 0° sampai 300° akan dikonversi menjadi nilai PWM dari 0 sampai dengan 255. Terdapat sedikit perbedaan antara tegangan terukur dengan tegangan perhitungan. Pada penelitian ini, pengeboran diuji pada beberapa kondisi tanah diantaranya tanah dengan kelembaban 60% membutuhkan PWM sebesar 255, kelembaban 70% membutuhkan PWM sebesar 150 dan kelembaban 80% membutuhkan PWM sebesar 130.
3. Berdasarkan hasil tuning pid didapatkan parameter yang paling stabil adalah $K_p=1,21$, $K_i=0$, dan $K_d=0,0335$. Dengan parameter tersebut didapatkan *overshoot* 26,6% , sistem masih beresilasi dan *error steady state* sebesar 0%.
4. Pada saat uji coba sistem penyemai benih, perbedaan kedalaman dan jarak antar lubang dapat terjadi dikarenakan tanah yang tidak begitu rata seperti adanya gundukan, batu dan lainnya, sehingga didapatkan rata-rata akurasi kedalaman sebesar 96,44% dan rata-rata akurasi jarak antar lubang sebesar 95,03% dan rata-rata akurasi jumlah biji perlubang sebesar 84%.

REFERENSI

- [1] B. P. Statistik, "Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2021," Badan Pusat Statistik, 2021.
- [2] F. Mufti and L. Hamidah, Smart farming 4.0 : solusi pertanian Indonesia, Yogyakarta: Salma Idea, 2020.
- [3] Lexico, "Robotics," Oxford Dictionaries, [Online]. Available: <https://www.lexico.com/definition/robotic>. [Accessed 13 Oktober 2021].

- [4] F. Rubio, F. Valero and C. Llopis-Albert, "A review of Mobile Robotics: Concepts, methods, Theoretical Framework, and Applications," *International Journal of Advanced Robotic System*, vol. 16, pp. 1-22, 2019.
- [5] F. Suryatini and A. Firasanti, "KENDALI P, PI, DAN PID ANALOG PADA PENGATURAN

KECEPATAN MOTOR DC DENGAN PENALAAAN ZIEGLER-NICHOLS," *Journal of Electrical and Electronics*, vol. 6, pp. 65-80, 2018.

