

## Prototipe Robot Penancap Alat Ukur pH Tanah Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Otonom

Muhammad Nawawi<sup>1</sup>, Akhmad Fauzi Ikhsan<sup>2</sup>, Irman Nurichsan<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Garut, Jl. Jati No 42 B, Tarogong Kaler, Kab. Garut, Jawa Barat, 44151, Indonesia

Korespondensi: [nawawimoch91@gmail.com](mailto:nawawimoch91@gmail.com)

### ARTICLE HISTORY

Received: 07-12-2025

Revised: 20-12-2025

Accepted: 20-12-2025

### Abstrak

Penelitian ini merancang prototipe robot penancap alat ukur pH berbasis mikrokontroler dengan sistem kontrol nirkabel. Robot dapat bergerak otomatis menuju titik lokasi yang telah ditentukan menggunakan GPS dan perhitungan azimuth dari sensor kompas digital. Proses penancapan sensor pH dilakukan menggunakan motor servo dengan kedalaman tertentu. Pengujian dilakukan di beberapa titik lokasi untuk mengevaluasi akurasi navigasi dan keberhasilan penancapan. Hasil menunjukkan robot mampu mencapai titik koordinat dengan deviasi kurang dari 13,5 cm, namun penancapan sensor pH mengalami kegagalan 100%. Sistem navigasi berjalan baik dengan RPM motor stabil dan kontrol nirkabel berfungsi dengan baik. Kesimpulannya, robot berhasil dalam navigasi tetapi gagal dalam proses penancapan otomatis.

**Kata kunci:** Robot penancap pH, mikrokontroler, navigasi GPS, kontrol nirkabel.

### *Prototype of an Autonomous Soil pH Measurement Robot Using a Microcontroller*

### *Abstract*

*This research designed a prototype of a pH measuring insertion robot based on a microcontroller with a wireless control system. The robot can automatically move to predefined locations using GPS and azimuth calculations from a digital compass sensor. The pH sensor is inserted into the ground using a servo motor at a specific depth. Tests were conducted at several locations to evaluate navigation accuracy and insertion success. The results showed that the robot could reach target coordinates with a deviation of less than 13.5 cm, but the pH sensor insertion failed 100%. The navigation system worked well with stable motor RPM, and the wireless control functioned properly. In conclusion, the robot succeeded in navigation but failed in the automatic sensor insertion process.*

**Key words:** *pH insertion robot, microcontroller, GPS navigation, wireless control.*

## 1. Pendahuluan

Pengukuran pH tanah merupakan parameter penting dalam agronomi karena berpengaruh langsung terhadap ketersediaan hara, aktivitas mikroba, dan produktivitas tanaman, sehingga pemetaan pH yang representatif menjadi krusial untuk pemupukan dan pengelolaan lahan presisi [1]. Metode manual memiliki keterbatasan berupa cakupan spasial yang sempit, ketergantungan pada operator, biaya tinggi, dan respons lambat, yang mendorong pengembangan solusi otomatis berbasis robotik [1], [2]. Penelitian terkini mengarah pada integrasi robot mobile dengan navigasi otonom, mekanisme penancapan, dan sensor in-situ untuk analisis tanah secara real-time, namun implementasi lapangan masih menghadapi kendala pada akurasi posisi, keandalan penancapan, dan ketahanan aktuator [1], [2].

Penggunaan GNSS komersial murah, seperti NEO-6M, umumnya hanya memberikan akurasi skala meter, sehingga klaim presisi tinggi tanpa koreksi diferensial perlu dikaji secara kritis [3]. Selain itu, aktuator mikro dengan torsi terbatas berpotensi gagal pada proses penancapan jika tidak didukung perhitungan mekanik yang memadai [4]. Literatur juga menunjukkan bahwa banyak sistem masih bersifat semi-otonom dan belum dilengkapi sensor verifikasi penetrasi, sehingga keberhasilan penancapan sering dievaluasi secara subjektif [1], [5].

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi prototipe robot penancap sensor pH tanah yang mampu bernavigasi secara otonom ke waypoint dengan toleransi posisi tertentu, melakukan penancapan dengan aktuasi yang memadai, serta memverifikasi keberhasilan penetrasi secara otomatis. Otonomi didefinisikan secara kuantitatif sebagai kemampuan sistem mengeksekusi rangkaian tugas navigasi, penancapan, verifikasi, pencatatan pH, dan perpindahan antar waypoint tanpa intervensi operator selama misi berlangsung.

## 2. Metode

### 2.1 Arsitektur Sistem

Sistem prototipe dirancang dengan arsitektur modular yang terdiri atas subsistem navigasi dan lokalisasi (GNSS dan kompas digital), subsistem penggerak berupa motor DC dua roda dengan driver L298N, subsistem aktuasi penancapan yang mencakup lengan mekanis dan aktuator, subsistem pengukuran pH menggunakan probe pH dan rangkaian pembaca, serta subsistem komunikasi nirkabel untuk pemantauan dan kendali jarak jauh. Pendekatan modular ini memungkinkan evaluasi kinerja navigasi dan mekanisme penancapan secara terpisah serta mempermudah iterasi desain, seperti penggantian aktuator atau penambahan sensor verifikasi penetrasi, sesuai kebutuhan pengembangan sistem [6], [7].

### 2.2 Metode Navigasi

Navigasi berbasis *waypoint* diimplementasikan melalui tahapan pembacaan posisi GNSS, perhitungan azimuth menuju target menggunakan data kompas digital, serta pengendalian selisih kecepatan PWM antar roda untuk melakukan koreksi arah gerak (*heading*). Kriteria kedatangan pada *waypoint* ditentukan berdasarkan ambang jarak radial dalam satuan meter. Untuk meredam fluktuasi sinyal GNSS komersial, data posisi difilter menggunakan metode *running average* sederhana dengan jendela waktu  $t$ , dengan laju

pengambilan sampel GNSS dicatat selama eksperimen. Kondisi “tiba” didefinisikan apabila jarak Euclidean terhadap waypoint lebih kecil atau sama dengan  $R_{tol}$ , misalnya  $R_{tol} = 0,5$  m atau disesuaikan dengan kebutuhan presisi sistem. Seluruh parameter kendali, meliputi gain koreksi *heading*, kecepatan dasar PWM, dan nilai  $R_{tol}$ , ditetapkan pada tahap pra-uji dan dioptimalkan berdasarkan hasil empiris [8], [11].

Metrik evaluasi kinerja navigasi yang digunakan meliputi jarak akhir terhadap target dalam satuan meter, *root mean square error* (RMSE) posisi, deviasi heading dalam derajat, serta waktu tempuh dalam detik. Untuk menjamin validitas statistik, setiap skenario pengujian dilakukan secara berulang dengan jumlah pengulangan  $n \geq 5$ , dan hasilnya dilaporkan dalam bentuk nilai rata-rata disertai simpangan baku, serta interval kepercayaan apabila diperlukan [11].

### 2.3 Mekanisme Penancapan dan Verifikasi

Mekanisme penancapan terdiri dari lengan pemegang *probe* dan aktuator yang menggerakkan *probe* untuk memasuki tanah. Perancangan memperhitungkan geometri lengan (panjang lengan dari titik pivot ke *probe*) dan kebutuhan torsi pada sambungan yang melakukan penetrasi. Perhitungan dasar torsi menggunakan persamaan  $\tau = F \times r$  di mana  $F$  adalah gaya penetrasi yang dibutuhkan (berdasarkan jenis tanah eksperimen) dan  $r$  adalah lengan momen efektif; *safety factor* digunakan untuk memilih aktuator. Jika aktuator servo mikro (mis. SG90) dipakai, lakukan perhitungan banding antara torsi teoritis yang dibutuhkan dan torsi nominal servo; apabila torsi aktual kurang, rekomendasi meliputi penggunaan servo bertorsi lebih besar, *gearbox*, atau aktuator linear dengan *gearbox*. Panduan perhitungan torsi dan pemilihan gear ratio disesuaikan dengan literatur praktik robotik dan panduan teknis servo/aktuator [9], [10], [15].

Verifikasi keberhasilan penetrasi dilakukan menggunakan salah satu metode, yaitu limit switch mekanis, sensor gaya (*load cell*), atau pemantauan arus/tegangan aktuator untuk mendeteksi kondisi stall atau overcurrent saat penancapan. Mekanisme ini memungkinkan penentuan status penetrasi secara objektif serta penerapan strategi *retry* hingga jumlah maksimum percobaan atau adaptasi gaya dan sudut penancapan jika terjadi kegagalan [7], [19]. Seluruh data sensor dicatat beserta *timestamp* dan informasi lokasi untuk keperluan analisis korelasi posisi dan status penancapan.

### 2.4 Kontrol, Definisi Otonomi, dan Logika Operasi

Definisi operasional *otonom* pada penelitian ini adalah kemampuan sistem untuk menjalankan rangkaian tugas secara berurutan yang meliputi navigasi menuju waypoint, inisiasi penancapan, verifikasi penetrasi, pembacaan pH, pencatatan dan pengiriman data, serta perpindahan ke waypoint berikutnya tanpa intervensi operator selama misi berlangsung. Implementasi otonomi direalisasikan menggunakan *finite state machine* (FSM) yang terdiri atas state IDLE, NAVIGATE, ALIGN, PENETRATE, VERIFY, MEASURE, LOG, dan NEXT. Pada FSM tersebut, kondisi transisi tertentu, misalnya ketika proses verifikasi penetrasi tidak terpenuhi, akan memicu mekanisme *retry* dan pencatatan kejadian. Apabila jumlah *retry* telah mencapai batas maksimum  $N_{max}$ , sistem akan menetapkan status kesalahan dan melaporkannya kepada operator.

### 2.5 Protokol Eksperimen dan Pengumpulan Data

Pengujian dilakukan di area lapang bersyarat *open-sky* dengan  $X$  *waypoint* (mis. 5) yang ditetapkan sebelumnya. Setiap *waypoint* diuji ulang  $N$  kali (disarankan  $N \geq 10$  untuk analisis statistik memadai), dan pada tiap percobaan dicatat: koordinat target, koordinat

akhir, deviasi posisi (m), *heading error* (°), waktu tempuh (s), status penancapan (berhasil/gagal), arus/tegangan aktuator saat penetrasi, dan nilai pH yang terbaca. Untuk analisis statistik digunakan  $\text{mean} \pm \text{std}$ , RMSE untuk posisi, dan persentase keberhasilan penancapan (*success rate* % dengan CI 95% apabila sampel memadai) [11].

## 2.6 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

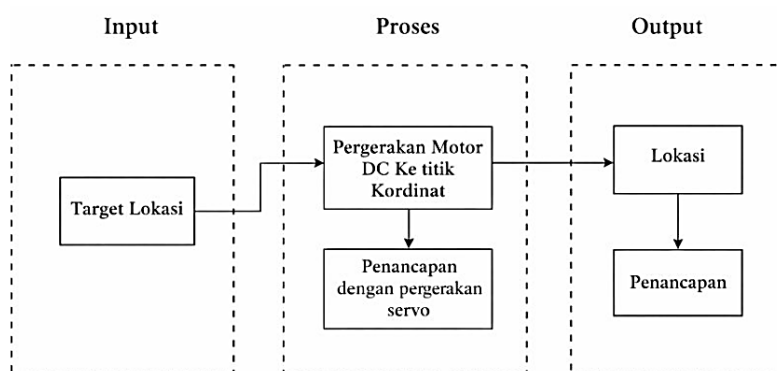
### No Perangkat Keras Kegunaan

- |    |              |  |
|----|--------------|--|
| 1  | Arduino Uno  | unit kendali utama yang mengolah data koordinat dari modul GPS NEO-6M untuk menentukan posisi robot, mengendalikan pergerakan motor DC melalui modul L298N, serta mengatur motor servo melalui modul PCA9685 pada proses penancapan sensor pH. |
| 2. | Modul GPS    | memperoleh sinyal satelit dan mengirimkan data posisi berupa koordinat latitude, longitude, serta informasi waktu dalam format NMEA ke Arduino.  |
| 3. | Modul Kompas | Navigasi waypoint.   |
| 4. | Driver Motor | Kendali Motor  |
| 5. | Motor dc     | Untuk menuju titik tujuan  |
| 6. | Servo        | Proses Penancapan  |

### Perangkat Lunak Kegunaan

- |    |             |   |
|----|-------------|---|
| 1. | Arduino IDE | Software yang digunakan untuk membuat kode program yang akan digunakan pada system. |
| 2. | Fritzing    | Untuk skematik rangkaian  |

## 2.7 Diagram Blok

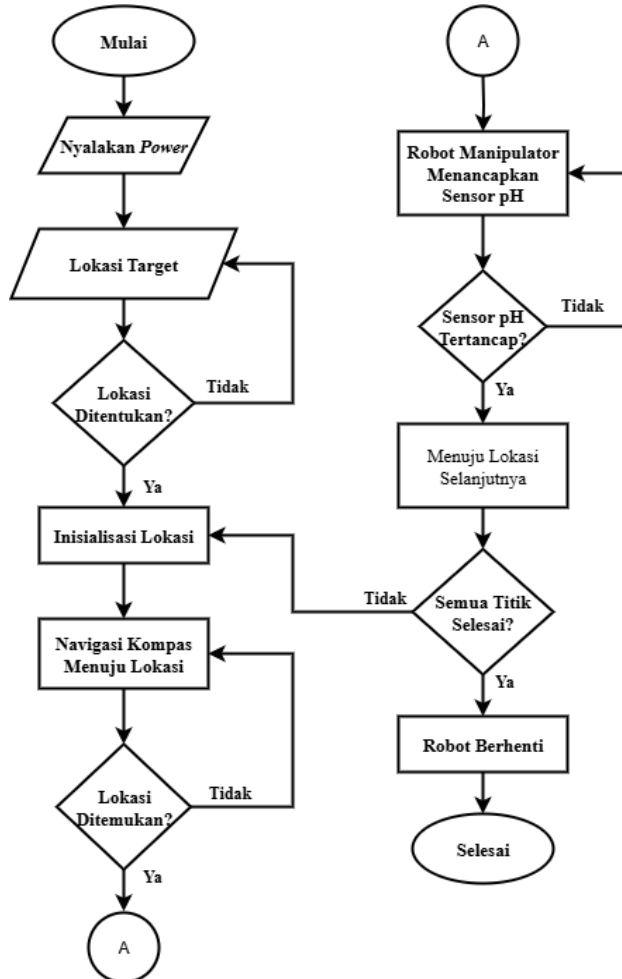


Gambar 1. Diagram Blok.

Gambar 1 menunjukkan diagram blok prototipe penancap alat ukur pH, alur proses dapat dijelaskan ulang sebagai berikut dengan konteks yang lebih spesifik, Input yaitu Proses dimulai dengan Target Lokasi, yang berisi koordinat atau posisi target di mana alat ukur pH akan ditempatkan untuk pengukuran. Proses Pergerakan Motor DC ke Titik Koordinat : Data dari File Target Lokasi digunakan untuk menggerakkan motor DC menuju titik koordinat yang ditentukan. Motor DC bertugas memindahkan prototipe penancap ke lokasi yang sesuai untuk pengukuran pH. Penempatan dengan Servo : Setelah motor DC mencapai titik koordinat, servo mengambil alih untuk melakukan penyesuaian presisi.

Servo memastikan alat ukur pH ditempatkan dengan akurat pada permukaan atau media yang akan diukur, seperti tanah atau larutan. Output Lokasi adalah Hasil dari pergerakan motor DC dan penyesuaian servo menghasilkan data posisi aktual alat ukur pH. Penancapan adalah tujuan akhirnya. Alur ini mencerminkan sistem otomatis prototipe penancap alat ukur pH, di mana motor DC dan servo bekerja bersama menempatkan alat pada lokasi target, dengan data posisi dan pengukuran disimpan untuk keperluan studi atau aplikasi lebih lanjut sesuai jurnal ini.

2.8 Flowchart Keseluruhan



Gambar 2. Flowchart Keseluruhan.

Sistem bekerja secara otonom melalui tahapan yang terstruktur seperti Gambar 2. Proses diawali dengan inisialisasi sistem dan penentuan lokasi target, kemudian robot melakukan navigasi menuju waypoint yang dituju. Apabila lokasi belum tercapai, proses navigasi akan diulang hingga posisi target terpenuhi. Setelah mencapai lokasi, robot melakukan penancapan sensor pH dan memverifikasi keberhasilan penetrasi. Jika verifikasi gagal, sistem akan mengulangi proses penancapan. Selanjutnya, sistem berpindah ke lokasi pengukuran berikutnya hingga seluruh titik selesai, kemudian robot menghentikan operasi. Alur ini menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan navigasi, pengukuran, dan pengambilan keputusan secara mandiri tanpa intervensi operator.

### 3. Hasil dan Pembahasan



**Gambar 3.** Prototipe yang telah dirancang.

Gambar 3 menampilkan prototipe robot bergerak yang telah dirancang dan direalisasikan, terdiri atas platform beroda dengan sistem kendali berbasis mikrokontroler, modul navigasi, serta mekanisme manipulator untuk penancapan sensor pH. Prototipe ini digunakan sebagai sarana implementasi dan pengujian sistem navigasi serta operasi otonom yang diusulkan.

#### 3.1 Data Hasil Pengujian GPS

**Tabel 1.** Data Hasil Pengujian GPS dan Data Selisih

No	Sensor GPS (NEO-6M)		GPS Ponsel		Error	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
1	- 7.226172	107.870262	- 7.226152	107.870675	0.000803	0.000019
2	- 7.226185	107.870254	- 7.226165	107.870243	0.000580	0.000404
3	- 7.226191	107.870239	- 7.2261921	107.870221	0.000796	0.003182
4	- 7.226178	107.870262	- 7.226158	107.870254	0.000187	0.002049
5	- 7.226175	107.870300	- 7.226175	107.870300	0.000082	0.000001

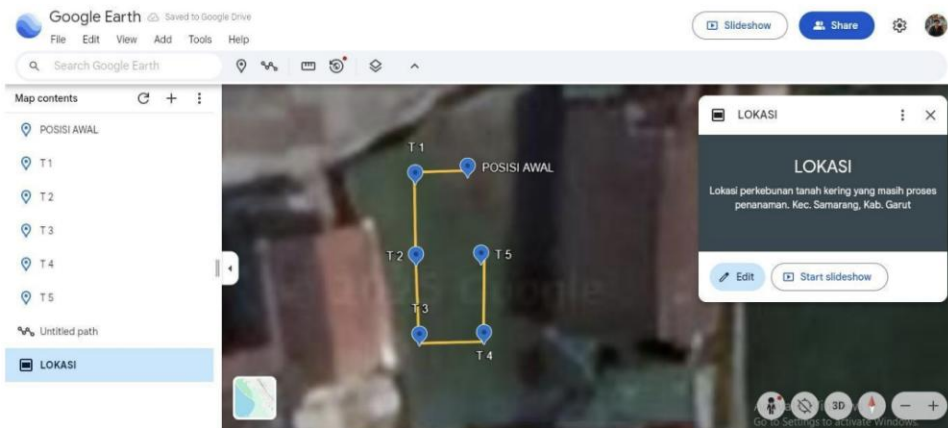
Berdasarkan Tabel 1, hasil pengujian menunjukkan bahwa koordinat yang diperoleh dari sensor GPS memiliki kesesuaian yang baik dengan GPS ponsel sebagai referensi. Error latitude dan longitude berada pada orde  $10^{-4}$  hingga  $10^{-3}$  derajat, dengan variasi error yang relatif kecil dan masih dalam batas toleransi sistem GPS non-diferensial. Perbedaan error yang lebih besar pada longitude dibandingkan latitude mengindikasikan pengaruh geometri satelit dan kondisi lingkungan. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa sensor GPS memiliki akurasi yang memadai untuk aplikasi pemantauan posisi.

#### 3.2 Data Hasil Pengujian Navigasi

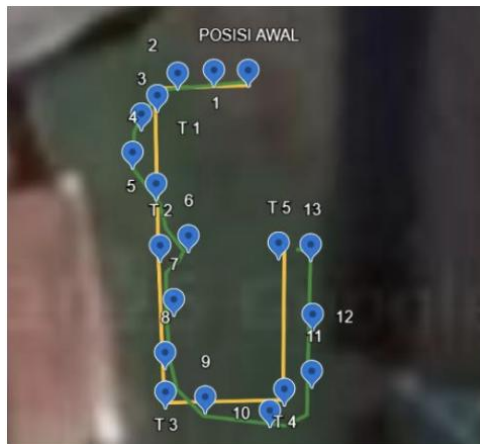
Berdasarkan tabel 2 hasil data yang telah ditetapkan sebagai target lokasi, target lokasi di-plot pada GoogleEarth (Gambar 4). Semua pembacaan modul sensor GPS dicatat secara berurutan dengan timestamp (format UTC). Koordinat target dimuat dari file target, sedangkan posisi aktual diperoleh langsung dari modul GNSS (NEO-6M).

**Tabel 2.** Pengujian Navigasi *Waypoint*

No	Latitude	Longitude
Start	- 7.226172	107.870262
T1	- 7.226185	107.870254
T2	- 7.226191	107.870239
T3	- 7.226178	107.870262
T4	- 7.226175	107.870295
T5	- 7.226175	107.870300



**Gambar 4.** Plot *waypoint* pada GoogleEarth, sebagai titik target.



**Gambar 5.** Data hasil perjalanan yang dilalui robot dan data *waypoint* yang seharusnya dialui.

Berdasarkan Gambar 5, lintasan aktual robot menunjukkan kesesuaian dengan *waypoint* yang telah diprogram. Robot mampu mencapai setiap titik tujuan secara berurutan, meskipun terdapat deviasi lintasan pada beberapa segmen, terutama saat perubahan arah. Deviasi ini dipengaruhi oleh akurasi GNSS dan respons kendali heading, namun seluruh *waypoint* tetap tercapai dalam batas toleransi. Hasil ini menunjukkan bahwa navigasi berbasis *waypoint* dapat berfungsi dengan baik dan konsisten.

### 3.3 Data Hasil Pengujian Motor DC

Tabel 4 merangkum kinerja motor DC berdasarkan hasil pengujian berulang ( $n = 5$ ) pada berbagai lintasan navigasi. Lintasan lurus menunjukkan nilai RPM dan kecepatan linier yang lebih tinggi dengan waktu tempuh yang lebih singkat, menandakan efisiensi penggerak yang lebih baik. Sebaliknya, lintasan dengan manuver belok kiri menghasilkan

penurunan RPM dan kecepatan serta peningkatan waktu tempuh akibat kebutuhan koreksi arah melalui pengaturan diferensial kecepatan roda. Hasil ini menunjukkan bahwa jenis lintasan berpengaruh signifikan terhadap performa motor DC pada sistem robot bergerak.

**Tabel 4.** Rekapitulasi Kinerja Motor DC pada Berbagai Lintasan

Lintasan Navigasi	Jenis Gerak	RPM rata-rata	Kecepatan rata-rata (m/s)	Waktu Tempuh Rata-rata (s)
Posisi Awal – Titik 1	Belok kiri + lurus (1 m)	65.6	0.224	4.45
Titik 1 – Titik 2	Lurus (1.5 m)	114.4	0.39	3.81
Titik 2 – Titik 3	Lurus (1.2 m)	100.2	0.342	3.50
Titik 3 – Titik 4	Belok kiri + lurus (0.8 m)	52.8	0.182	4.38
Titik 4 – Titik 5	Belok kiri + lurus (1 m)	61.4	0.21	4.66

### 3.4 Data Hasil Pengujian PWM terhadap Error Sudut

Berdasarkan Tabel 5, hasil pengujian kendali PWM menunjukkan keterkaitan langsung antara error sudut, distribusi PWM kiri–kanan, dan simpangan jalur robot. Pada Titik 1, error sudut sebesar  $+5^\circ$  menyebabkan pergeseran jalur ke kiri dengan simpangan posisi sebesar 13,2 cm, yang mengindikasikan bahwa perbedaan PWM yang cukup besar belum mampu mengoreksi arah secara optimal. Seiring berkurangnya error sudut pada Titik 2 dan Titik 3 menjadi  $+2^\circ$  dan  $+1^\circ$ , simpangan posisi turut menurun menjadi 12,0 cm dan 11,5 cm, yang menunjukkan peningkatan kestabilan arah gerak robot.

Sebaliknya, pada Titik 4 dan Titik 5, error sudut bernilai negatif ( $-4^\circ$ ) dengan konfigurasi PWM yang berlawanan mengakibatkan penyimpangan jalur ke kanan dengan simpangan posisi terbesar, yaitu 13,5 cm. Arah penyimpangan ini konsisten dengan tanda error sudut yang terjadi. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin kecil error sudut, semakin kecil pula simpangan jalur yang dihasilkan. Namun demikian, variasi simpangan yang masih cukup besar pada beberapa titik menandakan perlunya penyetelan parameter kendali PWM yang lebih adaptif untuk meningkatkan akurasi lintasan robot secara keseluruhan.

**Tabel 5.** Data Hasil Pengujian Kendali PWM Terhadap Error Sudut dan Simpangan Jalur

No	Lokasi	Sudut Ideal ( $^\circ$ )	Sudut Aktual ( $^\circ$ )	Selisih Sudut ( $^\circ$ )	PWM (Kiri-Kanan) %	Simpangan (cm)	Keterangan
1	Titik 1	90	85	+5	75% – 85%	13,2 cm	Terjadi pergeseran ke kiri
2	Titik 2	90	88	+2	78% – 82%	12,0 cm	Jalur kembali lurus
3	Titik 3	90	89	+1	79% – 81%	11,5 cm	Masih lurus, deviasi kecil
4	Titik 4	90	94	-4	84% – 76%	13,5 cm	Menyimpang ke kanan
5	Titik 5	90	94	-4	84% – 76%	13,5 cm	Menyimpang ke kanan

### 3.5 Pengujian Penancangan

Tabel 6 pada menunjukkan bahwa pada semua percobaan servo “lengan turun” dan tercatat sebagai berhasil secara mekanis.



Tabel 6. Data Hasil Pengujian Penancangan

No Uji	Status Servo	Hasil Penancangan	Catatan
1	Berhasil	Lengan turun kebawah artinya tertancap	Pada pengujian ini penancangan berawal dari titik awal ke titik 1 dan telah ditandai titik penancapannya namun meleset dari titik yang telah ditentukan.
2	Berhasil	Lengan turun kebawah artinya tertancap	Pada tahap penancangan ke titik selanjutnya juga tetap melenceng seperti penancangan sebelumnya.
3	Berhasil	Lengan turun kebawah artinya tertancap	Pengujian tahap ini selalu melenceng pada titik penancangan sebelumnya, dikarenakan membutuhkan sensor khusus untuk mendeteksi titik penancangan.

Hasil pengujian penancangan tanpa modul ph yang mana sebelumnya robot tidak bisa ditancapkan karena ph yang terlalu berat dan torsi yang tidak sesuai. Setelah dilakukan pengujian mengukur dan menghitung. Penancangan mengalami kegagalan disebabkan torsi servo yang tidak sesuai, maka dilakukanlah perhitungan pengukuran dan Perhitungan Torsi dan Lengan Pada Robot, Gambar 6.



Gambar 6. Pengukuran Lengan.

### 3.6 Implementasi Robot



Gambar 7. Implementasi Robot Penancap Alat

#### 4. Kesimpulan

Sistem navigasi robot berbasis GPS Neo-6M mampu mengarahkan robot ke titik koordinat dengan rata-rata error sekitar  $\pm 13$  cm, sehingga layak digunakan untuk penentuan lokasi otomatis di ruang terbuka. Pengujian hubungan PWM–RPM menunjukkan bahwa peningkatan PWM menghasilkan RPM motor yang lebih besar, terutama saat manuver belok, sedangkan pada gerak lurus RPM lebih rendah dan lebih stabil. Namun, sistem penancapan alat ukur pH tidak berfungsi sesuai tujuan karena servo SG90 memiliki torsi maksimum 1,8 kg·cm, sementara beban penancapan berada pada kisaran 1,75–2,0 kg·cm atau lebih, sehingga proses penancapan dan pengambilan data pH gagal dilakukan. Penelitian lanjutan disarankan berfokus pada perbaikan mekanik-aktuator, verifikasi sensor, kontrol otonom, dan protokol eksperimental.

#### Ucapan Terima Kasih

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. Terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Garut dan seluruh pihak yang telah mendukung penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- [1] Ir. Sahat Parulian, M. S. (2020). Desain Pengendali Sensor Jarak Pada Robot Mobil Dengan Penghalang Tidak Diketahui. *Electric Power, Telecommunications & Control System - ELPOTecs JurnalELPOTecs* | Vol. 3, No. 2(2020), 34-42.
- [2] D. Sebagai, S. Satu, and S. Menyelesaikan, “Naskah Publikasi Prototipe Robot Pemindah Barang Mekanum 4wd dengan Pengendali Nirkabel Joystick PlayStation,” 2015.
- [3] F. I. Falah, W. Dwiono, and M. T. Tamam, “Rancang Bangun Alat Untuk Monitoring Parameter Pada Sistem Pemanen Energi Matahari Dengan Model Telemetri Multi Node Menggunakan Komunikasi Serial I2c,” 2020. [Online]. Available: <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE>
- [4] Dr. hendra Jaya, S.pd., M.T, B. Mikrokontroller, Desain dan Implentasi SISTEM ROBOTIKA. 2016
- [5] P. Jurusan Teknik Elektro et al., “LEMBAR PENGESAHAN RANCANG BANGUN MOBILE ROBOT PENDETEKSI KESUBURAN TANAH BERBASIS NODEMCU SKRIPSI Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Kelulusan Program Strata Satu (S1).”
- [6] M. Amin, R. Ananda, and J. Eska, “ANALISIS PENGGUNAAN DRIVER MINI VICTOR L298N TERHADAP MOBIL ROBOT DENGAN DUA PERINTAH ANDROID DAN ARDUINO NANO,” *JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)*, vol. 6, no. 1, pp. 51– 58, Dec. 2019, doi: 10.33330/jurteksi.v6i1.396.