

RANCANG BANGUN *PROTOTYPE WATER SAMPLING ELECTRIC BOAT* DENGAN PENGATURAN MANUEVER KAPAL MENGGUNAKAN KONTROL PID

Erika Nur Aisyah^{1*}, Zindhu Maulana Ahmad Putra², Hendro Agus Widodo³

^{1,2}Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal, Jurusan Teknik, Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya; Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60111; (031) 5947186

³ Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal, Jurusan Teknik, Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya; Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60111; (031) 5947186

Riwayat artikel:

Received: 1 September 2023

Accepted: 7 September 2023

Published: 11 September 2023

Keywords:

Prototype Water Sampling

Electric Boat;

Buck Converter;

PID.

Correspondent Email:

erikanur@student.ppns.ac.id

Abstrak. Indonesia merupakan negara dengan sebagian besar wilayahnya terdiri dari perairan dan beriklim tropis dengan intensitas cahaya matahari yang cukup tinggi. Potensi energi surya di Indonesia rata-rata sebesar 4,8 kWh/m per hari. Besarnya intensitas cahaya di Indonesia dapat dimanfaatkan untuk segala bidang, salahsatunya pada transportasi air. Energi surya tersebut dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Panel surya digunakan untuk menangkap cahaya matahari dan nantinya akan disimpan pada baterai sebagai energi untuk menggerakkan motor DC yang menjadi penggerak utama kapal. Manuever kapal diatur oleh motor servo dengan di kontrol menggunakan kontrol PID. Baterai digunakan sebagai tempat penyimpanan energi akan diatur tegangannya oleh *Solar Charge Controller*. Pada penelitian ini didapatkan waktu yang efektif untuk melakukan pengisian baterai yaitu sekitar pukul 09.00-13.00 WIB. Tegangan keluaran dari *Solar Charge Controller* diatur sebesar 12,6V yang disesuaikan untuk mensuplai beban. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, kapal dapat berjalan menuju titik tujuan dan bermanuever kembali ke titik awal dengan baik. Arah gerak kapal mengacu pada nilai koordinat sensor GPS dan nilai sudut kompas. Nilai *error* dari koordinat sensor GPS dan nilai sudut kompas diolah oleh kontrol PID dan menghasilkan nilai $K_p = 2,28$; $K_i = 0,92$; $K_d = 0,57$ pada titik tujuan pertama yang didapat dari *trial and error*.

Abstract. Indonesia is a country where most of its territory is made up of water and has a tropical climate with a fairly high intensity of sunlight. The potential for solar energy in Indonesia is an average of 4.8 kWh/m³ per day. The amount of light intensity in Indonesia can be utilized for all fields, one of which is water transportation. Solar energy is used as a source of electrical energy. Solar panels are used to capture sunlight and will later be stored in batteries as energy to drive the DC motor which is the main propulsion of the ship. Ship maneuvers are regulated by servo motors which are controlled using PID controls. The battery is used as an energy storage area, the voltage will be regulated by the Solar Charge Controller. In this study, it was found that the effective time for charging the battery was around 09.00-13.00 WIB. The output voltage of the Solar Charge Controller is set at 12.6V which is adjusted to supply the load. Based on the results of the research that has been done, the ship can walk towards the destination point and maneuver back to the starting point properly. The ship's motion direction refers to the GPS sensor coordinates and the compass angle. The error value of the GPS sensor coordinates and the compass angle value is processed by the PID control and produces a value of $K_p = 2.28$; $K_i = 0.92$; $K_d = 0.57$ at the first destination point obtained from *trial and error*.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan sebagian besar wilayahnya terdiri dari perairan dan beriklim tropis dengan intensitas cahaya matahari yang cukup tinggi. Potensi energi surya di Indonesia rata-rata sebesar 4,8 kWh/m per hari. Besarnya intensitas cahaya di Indonesia dapat dimanfaatkan untuk segala bidang, salahsatunya pada transportasi air. Energi surya tersebut dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Panel surya digunakan untuk menangkap cahaya matahari dan nantinya akan disimpan pada baterai sebagai energi untuk menggerakkan motor DC yang menjadi penggerak utama kapal. Manuver kapal diatur oleh motor servo dengan di kontrol menggunakan kontrol PID. Baterai digunakan sebagai tempat penyimpanan energi akan diatur tegangannya oleh *Solar Charge Controller*.

Pada era dimana teknologi sudah semakin berkembang, perahu atau kapal bukan hanya digunakan untuk menangkap ikan maupun alat transportasi antar pulau. Kapal juga bisa digunakan sebagai sarana transportasi untuk menunjang proses penelitian, salahsatunya pengambilan sampel air baik air laut maupun air tawar yang nantinya akan diteliti kandungan dalam air tersebut. Mengingat penggunaan bahan bakar minyak berpotensi untuk membuat air tercemar. Selain itu penggunaan kapal berawak juga kurang efisien jika digunakan untuk pengambilan sampel air mengingat potensi kecelakaan di air masih cukup tinggi

Berdasarkan permasalahan diatas, maka pada Tugas Akhir ini akan dibuat *Prototype Water Sampling Electric Boat* dengan kontrol manuver kapal. Agar kapal dapat kembali ke posisi awal kapal sebelum berjalan, maka manuver kapal ini diberi kontrol berupa kontrol PID. Sehingga proses pengambilan sampel air bisa lebih cepat dan efisien. *Water Sampling Electric Boat* juga dilengkapi dengan GPS yang akan membaca nilai *heading* agar kapal dapat kembali ke posisi semula tanpa dikontrol dengan remot kontrol. Dibuatnya *Prototype Water Sampling Electric Boat* diharapkan dapat mempermudah pengambilan sampel air juga dapat mengurangi konsumsi bahan bakar yang dapat menyebabkan pencemaran air.

Tujuan dilkalkannya penelitian ini yaitu, untuk mengetahui bagaimana cara merancang *Water Sampling Electric Boat* yang dapat berjalan ke titik tujuang dan bermanuver

kembali ke titik awal yang dikontrol menggunakan kontrol PID

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam pembuatan *Prototype Water Sampling Electric Boat* komponen yang digunakan adalah sebagai berikut:

2.1 Panel Surya

Panel surya merupakan sebuah perangkat yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui proses *photovoltaic*. Maka dari itu panel surya juga disebut sebagai sel *photovoltaic* [1]. Sel surya menghasilkan tegangan listrik yang sangat kecil, sekitar 0.6 Volt tanpa adanya beban atau 0.45 Volt dengan adanya beban [2].

2.2 Solar Charge Controller (MPPT)

MPPT atau *Maximum Power Point Tracking* merupakan sistem penunjang proses transfer daya pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). MPPT memiliki fungsi untuk mengoptimalkan transfer daya dari panel surya menuju baterai. Tegangan di mana modul PV dapat menghasilkan daya maksimum disebut titik daya maksimum. Daya maksimum yang dihasilkan bervariasi dipengaruhi oleh radiasi matahari, suhu sel surya dan suhu lingkungan [3].

2.3 Baterai Lithium-Ion 18650

Baterai adalah peralatan listrik yang tersusun dari beberapa sel listrik yang dapat menyimpan energi dan energi yang tersimpan dapat berfungsi untuk *supply* daya. Muatan listrik yang tersimpan pada baterai nilainya sebanding dengan nilai tegangan baterai (V) dan kapasitas baterai (Ah) [4]. Pada penelitian ini baterai yang digunakan adalah baterai *Lithium-ion 18650 3.7V 3000mAh* dengan tegangan maksimal 4,2V.

2.4 Arduino Mega 2560

Arduino adalah *Board* berbasis mikrokontroler yang bersifat *open source* dan di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler. Mikrokontroler itu sendiri merupakan *chip* atau IC (*Integrated Circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Arduino Mega 2560 memiliki pin I/O sejumlah 54 buah digital I/O pin dengan 15 pin diantaranya adalah PWM, 16 pin analog *input*, dan 4 pin UART (*serial port hardware*) [5].

2.5 Sensor GPS NEO M8N

GPS merupakan suatu sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan sinyal satelit. Secara umum GPS adalah sistem navigasi yang menggunakan satelit yang didesain agar dapat menyediakan posisi secara instan. GPS memberikan informasi lokasi dengan koordinat lintang (*latitude*) dan bujur (*Longitude*) berdasarkan koordinat bumi [6].

2.6 Sensor Kompas HMC5883L

Kompas memiliki magnet di dalamnya. Magnet di dalam kompas akan bereaksi terhadap medan magnet bumi. Prinsip yang sama digunakan pula dalam sensor kompas. Sensor ini memiliki 3 sumbu yaitu sumbu X, Y, dan Z [7].

2.7 Motor Servo

Motor servo merupakan sebuah motor listrik yang menggunakan sistem kontrol *close loop*, sehingga penentuan posisi sudut dari poros *output* motor dapat diatur. Konstruksi motor servo ini terdiri dari sebuah motor DC, rangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol [8].

2.8 Motor DC Brushed

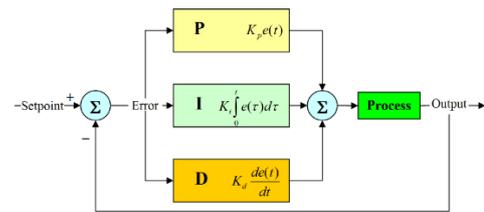
Motor DC merupakan motor yang membutuhkan suplai tegangan searah. Motor DC memiliki dua bagian dasar yaitu rotor dan stator. Stator adalah bagian yang diam pada motor dan berfungsi menghasilkan medan magnet yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektromagnet) atau magnet permanen [9].

2.9 Pompa Peristaltik

Pompa peristaltik tidak bersentuhan langsung dengan cairan. Cairan yang dipompa masuk kedalam pipa kemudian ditekan oleh *roller*. Tekanan dari *roller* membuat cairan dapat bergerak sesuai arah putar dari *roller* [10].

2.10 Kontrol PID

Kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative Controller*) merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem. Kontroler PID akan memberikan aksi kontrol kepada *plant* berdasarkan besar kesalahan yang diperoleh. Ketiga kontrol tersebut dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri, tergantung dari respon yang diinginkan terhadap suatu *plant* [11].



Gambar 1 Diagram Blok Kontrol PID

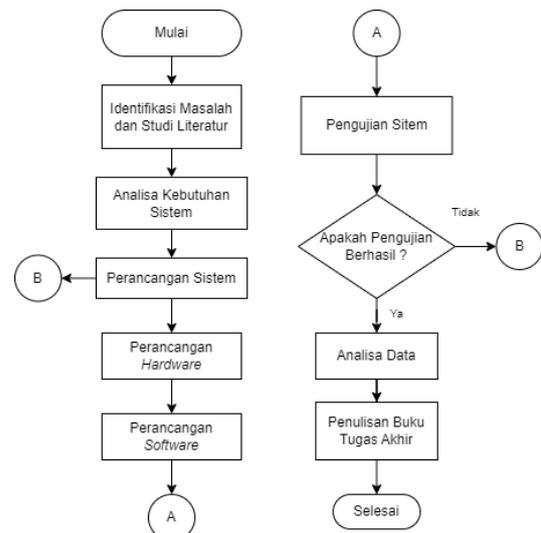
Persamaan nilai *output* dalam sistem kontrol PID dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$U(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (1)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Langkah-langkah dalam menyelesaikan penelitian diuraikan dalam bentuk diagram alur atau *flowchart* seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alur Penelitian

3.2. Kebutuhan Sistem

Sistem yang baik akan sangat berpengaruh terhadap kinerja dan keselamatan di kapal. Alat dan komponen yang digunakan diantaranya:

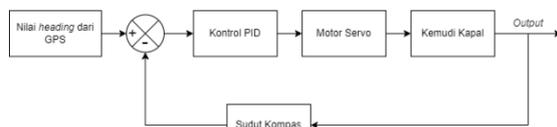
Tabel 1 Komponen Yang Digunakan

Komponen	Jumlah
Laptop	1
Solar Panel 20 WP	1
Motor DC Brushed 12V	1
Baterai Li-ion 18650 3.7V; 3000mAh	9
Modul MPPT	1
LCD 20x4	1
Mikrokontroler Arduino Mega 2560	1
Propeller Kapal	1

Prototype kapal	1
Motor Servo MG90S	1
Motor Peristaltik 12V	1
DC-DC Converter	1
Sensor Arus ACS712	1
Sensor Tegangan (voltage divider)	1
GPS NEO M8N	1
Sensor Kompas HMC5883L	1

3.3. Blok Kontrol Sistem Kendali Kapal

Sistem kendali pada *Water Sampling Electric Boat* menggunakan kontrol PID, diagram blok pengendalian ditunjukkan pada Gambar 3. *Setpoint* dari sistem pengendalian adalah nilai *heading* yang telah dibaca oleh GPS dan sensor kompas.



Gambar 3 Blok Kontrol Sistem Kendali Kapal

3.4. Perencanaan Beban

Beban yang akan digunakan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Daftar Beban Yang digunakan

Nama Beban	Daya
Motor DC brushed 12V	11 W
Mikrokontroler Arduino Mega 2560	0.5 W
Motor servo	2 W
Pompa peristaltik 12 V	8.4 W
Total Daya Beban	21,9 W

3.5. Perencanaan Baterai

Pada penelitian ini digunakan 9 buah baterai *Lithium-Ion* 18650 dengan tegangan nominal masing-masing baterai sebesar 3,7V. Baterai juga dilengkapi dengan modul BMS. Dalam proses pengisian baterai, tegangan *charging* diatur sebesar 12,6V mengacu pada kapasitas maksimal dari BMS yang digunakan. Tegangan 12,6V didapat dari tegangan keluaran SCC MPPT. Baterai disusun seri dan *parallel* untuk memenuhi kebutuhan tegangan beban.

3.6. Perencanaan Panel Surya

Untuk menghitung kebutuhan solar panel dan dengan mempertimbangkan kondisi cuaca maka ditentukan waktu pengisian efektif

selama 4 jam. Selain itu dengan mempertimbangkan efisiensi *buck converter* sebesar 80% maka dibutuhkan daya *input* solar cell sebesar $\frac{21,9 \text{ Wh}}{80\%} = 27,375 \text{ Wh}$. Maka selanjutnya dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Daya Solar Cell} &= \frac{\text{Daya input yang dibutuhkan}}{\text{waktu pengisian}} \quad (3) \\ &= \frac{27,375 \text{ Wh}}{4\text{h}} = 6,84 \text{ W} \end{aligned}$$

3.7. Penentuan Setpoint

Setpoint ditentukan melalui nilai pembacaan *latitude* dan *longitude* GPS.

Tabel 3 Data *Setpoint*

Titik Awal		Titik Tujuan	
Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
-7,286224	112,796142	-7,286515	112,7961065

$$\theta = \text{atan m} \quad (2)$$

$$\theta = \text{atan} \left(\frac{112,7961065 - 112,796142}{(-7,286515) - (-7,286224)} \right)$$

$$\theta = -89^\circ$$

Hasil perhitungan sudut *setpoint* akan memunculkan nilai dengan rentang -180 hingga 180. Dikarenakan sudut lingkaran adalah 360 derajat, maka nilai sudut *setpoint* menjadi:

$$\theta = 360 + \theta$$

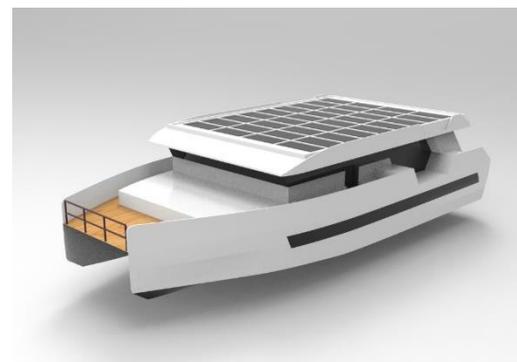
$$\theta = 360 + (-89)$$

$$\theta = 271^\circ$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan didapat nilai sudut *setpoint* titik ke-1 sebesar 271°. Sudut tersebut selanjutnya digunakan sebagai acuan sensor kompas untuk mengatur kemudi kapal agar kembali ke titik awal.

3.8. Desain Prototype

Desain 3D *prototype* kapal dibuat untuk memberikan gambaran bentuk kapal beserta peletakan panel surya dan komponen-komponen yang digunakan.



Gambar 4 Desain 3D *Prototype*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Panel Surya

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan dan arus keluaran dari panel surya yang selanjutnya akan masuk ke baterai kemudian menjadi *supply* untuk beban yang digunakan.

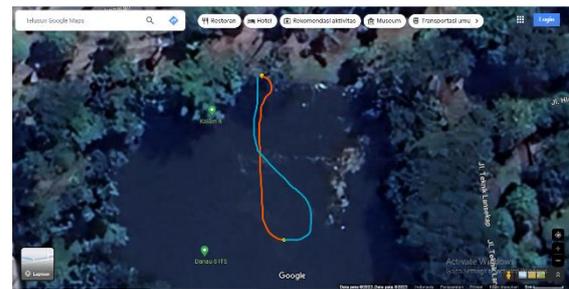
Tabel 4 Data Pengujian Panel Surya

Tanggal	Jam	Tegangan (V)
09-Agustus-23	07.00	19,82
	08.00	20,80
	09.00	20,44
	10.00	19,66
	11.00	19,46
	12.00	19,44
	13.00	19,55
	14.00	19,50
	15.00	18,97
	16.00	17,87
	17.00	0

Pengujian dilakukan di Kampus PPNS, Surabaya dengan tujuan untuk mengetahui kapan tegangan keluaran panel surya dapat maksimal. Berdasarkan Tabel 4. dapat dilihat bahwa tegangan keluaran tertinggi panel surya pada pukul 08.00 yaitu sebesar 20,80 V. Kemudian tegangan keluaran panel surya semakin menurun dan mencapai nilai 0 V pada pukul 17.00 WIB. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, untuk mengisi baterai sebaiknya dilakukan mulai pukul 08.00 WIB sampai dengan pukul 13.00 WIB karena pada rentang waktu tersebut cukup efektif untuk dilakukannya proses pengisian baterai.

4.2. Pengujian Tracking Kapal

Sebelum kapal berjalan, mengamati sudut kompas terlebih dahulu serta menentukan titik tujuan ke-1 nilai *latitude* -7,286224 dan *longitude* 112,796142. Dari hasil perhitungan sudut, sudut yang didapat dijadikan acuan untuk kapal berangkat ke titik tujuan. Setelah kapal kembali, LCD menampilkan pembacaan koordinat dan sudut tujuan akhir.



Gambar 5 Jalur Tracking Kapal Tanpa Metode

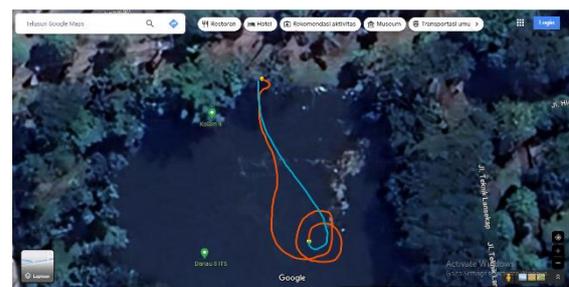
Berdasarkan Gambar 5 titik awal kapal ditandai dengan titik berwarna kuning, begitupun dengan titik tujuan kapal. Garis berwarna merah menandakan arah gerak kapal lurus menuju titik tujuan yang telah ditentukan melalui GMaps. Ketika kapal sudah sampai pada titik tujuan, kapal akan berhenti dan pompa akan bekerja menyedot air. Setelah selesai menyedot air, kapal akan kembali ke titik awal dengan kembali membaca koordinat titik awal dan sudut dari kompas ditandai dengan garis berwarna biru.

Tabel 5 Data Perbandingan Koordinat

Lokasi Tujuan		Lokasi Aktual		Error	
Lat	Long	Lat	Long	Lat	Long
-	-	-	-	0,0000	0,0000
7,286	112,79	7,286	112,79	03	008
224	6142	221	6134		

Berdasarkan data pada Tabel 5 terdapat selisih antara *latitude* dan *longitude* tujuan yang ditentukan melalui *google maps* dengan pembacaan aktual sensor. Selisih *latitude* sebesar 0,000003 dan selisih *Longitude* sebesar 0,000008. Nilai selisih tersebut yang nantinya akan dikontrol oleh kontroler PID.

Pada Tugas Akhir ini nilai K_p , K_i , dan K_d ditentukan melalui *trial and error* dan didapat nilai $K_p = 2,28$; $K_i = 0,92$; $K_d = 0,57$. Jalur *tracking* kapal setelah ditambahkan metode seperti yang ditampilkan oleh Gambar 6.



Gambar 6 Jalur Tracking Kapal Tanpa Metode

5. KESIMPULAN

- a. Proses perancangan *Prototype Water Sampling Electric Boat* yang dimulai dari pembuatan desain kapal, pembuatan kapal, perancangan elektrik sistem, perangkaian elektrik sistem, pemasangan elektrik pada kapal, pengujian keseluruhan sistem.
- b. Kontrol PID pada proses manuver kapal dilakukan dengan cara mengambil nilai eror sudut saat kapal berjalan ke titik tujuan. Nilai Kp, Ki, Kd didapat dari trial dan *error* dan diambil yang nilai *error*nya paling kecil.
- c. Kapal berjalan dari titik awal menuju titik tujuan dengan bantuan sensor kompas dan GPS. Kapal kemudian berhenti selama 5 detik untuk mengambil sampel air, lalu kapal berjalan kembali ke titik awal. Dalam perjalanan kapal tersebut dikontrol dengan kontrol PID dengan nilai Kp = 2,28; Ki = 0,92; Kd = 0,57.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini. Khususnya kepada Ayah dan serta keluarga yang selalu memberikan semangat, doa dan juga dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Bapak Zindhu Maulana Ahmad Putra, S.ST., M.Tr.T. dan Bapak Hendro Agus Widodo, S.ST., M.T. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing penulis dalam pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ilmiah, J., & Pendidikan, W. (2022). *1, 2 1,2*. 8(13), 257–267.
- [2] Purwoto, B. H., Jatmiko, J., Fadilah, M. A., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 18(1), 10–14.
- [3] Wananda, N. (2019). Analisa Perbandingan Optimasi Pengisian Daya Baterai (Accu) Pada Pltb Dan Plts Menggunakan Solar Charger Controller Tipe Pwm Dan Mppt. *Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*.
- [4] Arvianto, T. T., Wahjono, E., & Irianto, I. (2020). Perancangan boost converter menggunakan kontrol proporsional integral (PI) sebagai suplai tegangan input inverter satu fasa untuk sistem uninterruptible power supply. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16(2), 136.
- [5] Wahyudi, C., Poekoel, V. C., Litouw, J., Elektro, T., Sam, U., Manado, R., & Manado, J. K. B. (2022). *Stabilisasi pH dengan Sistem Kendali Fuzzy pada Vertikultur Hidroponik*.
- [6] Hidayanto, A., Rivai, M., & Irfansyah, A. N. (2019). Sistem Autodocking Mobile Robot Berbasis Suara Untuk Pengisian Ulang Baterai. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2)
- [7] Seminar, P., Nciet, N., & Conference, N. (2020). *Prosiding Seminar Nasional NCIET Vol.1 (2020) B430-B439 I. 1*, 430–439.
- [8] Muhammad, A. M. (2019). Simulasi Alat Penjaring Ikan Otomatis Dengan Penggerak Motor Servo Continuous, Sensor Jarak Hc-Sr04 Dan Tombol, Menggunakan Arduino Mega. *Simulasi Alat Penjaring Ikan Otomatis Dengan Penggerak Motor Servo Continuous, Sensor Jarak Hc-Sr04 Dan Tombol, Menggunakan Arduino Mega*, 12(1), 39–47.
- [9] Utama, A. W., Putri, R. I., & Rifa'i, M. (2021). Kontrol Kecepatan Motor DC Menggunakan Metode PI Pada Proses Pengadukan Smart Biogas Berdasarkan Suhu Reaktor. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 7(1), 17.
- [10] Nahdotul Halimi, M. A., Fauzan, M. N., Habibi, R., & Riza, N. (2019). Drimm: Drink Mixing Machine Untuk Membantu Pedagang Minuman Menentukan Takaran Air Yang Konsisten. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 5(2), 21–31.
- [11] Irawan, D., & Perdana SS, P. (2020). Kontrol Motor Brushless DC (BLDC) Berbasis Algoritma AI - PID. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi (ELKOM)*, 2(1), 41–48.