



JREEC

**JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY,
ELECTRONICS AND CONTROL**

homepage URL : <https://ejurnal.itats.ac.id/jreec>



Implementasi Kontrol PID untuk Mengatur Keseimbangan Robot ROV (Remotely Operated Vehicles)

Halwi Yudiant Pratama¹, Nariyah Silviana Erwanti²

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal JREEC – Volume 05
Nomer 01, April 2025

Halaman:
41-46

Tanggal Terbit :
30 April 2025

DOI:
10.31284/j.JREEC.2025.v5i1
1.75

EMAIL

halwiyudiantp@gmail.com
nariyahse@gmail.com

PENERBIT

Jurusan Teknik Elektro-
ITATS
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim
No.100,Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

*Jurnal JREEC by
Department of Elecraical
Engineering is licensed under
a Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0
International License.*

ABSTRACT

Water area in Indonesia which is wider than the land area makes it a necessity to utilize under water technology to secure the country natural resources. Remotely Operated Vehicle (ROV) is a robot instrument in the form of miniature submarine robot. ROV Robot is usually used to explore underwater objects, such as taking pictures underwater, for military operation, repairing pipelines underwater etc. ROV Robot is relatively small with light frame and this can cause the robot to be susceptible. To be able to control the stability of ROV Robot, a right method is needed. In this research, to control the stability of ROV, a PID (Proporsional Intergral and Derivatif) method is applied by using MUI 6050 sensor which would display the slope angle. PID method is a control method which processes a false signal or error, the erroneous value is then processed further with PID formulae to become a control signal which is then passed on to actuator. The ROV Robot will automatically hover with the implementation of this PID method. Stability control implementation (hovering) on ROV with optimum PID method from trial and error tests shows that the constant value $K_p = 40$, $K_i = 35$, and $K_d = 30$. This result also concludes the maximum hovering occurs when ROV is given wave disruption, ROV will return hovering or stable within 4 seconds.

Kata kunci: ROV (Remotely Operated Vehicles), PID, MUI 6050 Sensor.

ABSTRAK

Luas perairan di Indonesia lebih luas dari pada daratan maka diperlukan teknologi bawah air untuk mengeksplorasi dan menjaga sumber daya alam negara .Remotely Operated Vehicle (ROV) adalah instrumen berupa robot kapal selam berukuran mini. Robot ROV biasa digunakan untuk eksplorasi objek bawah laut seperti pemotretan bawah air, operasi militer, perbaikan jalur pipa bawah laut dan lain-lain. Robot ROV ukurannya yang relatif kecil dan berat rangka ringan, mengakibatkan robot ROV ini lebih rentan terhadap gangguan. Untuk dapat bisa mengontrol keseimbangan robot ROV tentu membutuhkan suatu metode yang tepat. Pada penelitian ini, untuk mengontrol keseimbangan ROV digunakan sebuah metode PID (Proporsional Intergral dan Derivatif) dengan menggunakan sensor MUI 6050 sebagai sensor yang akan menampilkan pembacaan sudut kemiringan. Metode PID adalah salah satu metode pengontrolan yang mengolah suatu sinyal kesalahan atau error, nilai error tersebut diolah dengan formula PID untuk dijadikan suatu sinyal kendali atau sinyal kontrol yang akan diteruskan ke aktuator. Root ROV akan secara otomatis hovering dengan diterapkannya metode PID ini. Implemtasi kontrol keseimbangan (hovering) pada ROV dengan metode PID yang optimal dari pengujian trial and error didapat nilai konstanta $K_p = 40$, $K_i = 35$, dan $K_d = 30$. Dari hasil pengujian didapat hasil hovering yang maksimal pada saat ROV diberi gangguan gelombang, ROV dapat kembali hovering atau kembali stabil dalam 4 detik.

Kata kunci: ROV (Remotely Operated Vehicles), PID, sensor MUI 6050.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini mengalami akselerasi yang signifikan, terutama dengan hadirnya perangkat digital yang memiliki kemampuan canggih. Salah satu inovasi teknologi yang berkembang pesat adalah robot, yang merupakan perangkat elektro-mekanik atau mekatronik yang mampu melakukan gerakan secara otomatis sesuai program atau perintah manusia. Robot memiliki berbagai jenis, seperti robot mobile, manipulator, humanoid, flying robot, robot berkaki, serta robot bawah air, yang masing-masing memiliki fungsi dan aplikasi spesifik sesuai kebutuhan[1], [2], [3]. Dalam dunia industri, robot telah menjadi komponen penting yang menggantikan banyak fungsi tenaga kerja manusia. Industri otomotif, elektronik, dan perangkat komputer adalah beberapa sektor yang memanfaatkan robot untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi proses produksi. Robot dinilai sebagai pekerja yang ideal karena mampu bekerja dengan akurasi tinggi, efisiensi waktu, dan biaya operasi yang rendah, serta dapat menghasilkan output yang lebih besar dibandingkan tenaga manusia[1], [4], [5]

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan wilayah perairan yang lebih luas dibandingkan daratan memerlukan teknologi bawah air yang andal untuk mendukung eksplorasi dan perlindungan sumber daya alam. Salah satu teknologi yang relevan dalam konteks ini adalah Remotely Operated Vehicles (ROV). ROV merupakan robot bawah air yang dikendalikan jarak jauh dan digunakan untuk berbagai keperluan seperti eksplorasi laut, pemeliharaan infrastruktur bawah air, hingga penelitian ilmiah[2], [6], [7], [8]. Pada tahun 2015, Zaenal Abidin, dalam Jurnal Teknik Perkapalan “Analisa Underwater Thruster Pada Remotely Operated Vehicle (ROV) Dengan Metode CFD dalam Jurnal Teknik Perkapalan di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro” melakukan penelitian tentang desain underwater thruster pada ROV menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD). Penelitian tersebut bertujuan untuk mengoptimalkan efisiensi baling-baling sehingga mendukung kemampuan manuver ROV di bawah air[2]. Penelitian-penelitian serupa menunjukkan pentingnya integrasi teknologi kontrol untuk meningkatkan stabilitas dan efisiensi pergerakan ROV. Salah satu teknologi kontrol yang umum digunakan adalah sistem kontrol PID (Proportional-Integral-Derivative), yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan dan mengontrol pergerakan ROV[7], [9], [10], [11].

Pada penelitian ini, dirancang sebuah prototipe robot bawah air berbasis ROV yang dilengkapi dengan sistem kontrol PID untuk mengatur stabilitas dan manuvernya. Robot ini dikendalikan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan dirancang mampu melakukan gerakan maju, mundur, belok kanan, belok kiri, mengapung, melayang, serta tenggelam. Implementasi sensor IMU (Inertial Measurement Unit) digunakan untuk mendukung kestabilan gerakan dan menjaga posisi robot saat berada di bawah air[4], [5], [7], [10], [12], [13].

TINJAUAN PUSTAKA

Buoyancy (Gaya Apung)

Buoyancy atau gaya apung, adalah gaya ke atas yang dihasilkan oleh fluida dan bekerja melawan berat benda yang direndam. Prinsip ini didasarkan pada hukum Archimedes, yang menyatakan bahwa besar gaya apung sebanding dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut. Benda dengan massa jenis lebih besar dibandingkan massa jenis fluida akan tenggelam, sedangkan benda dengan massa jenis lebih kecil akan mengapung. Konsep gaya apung ini sangat penting dalam desain dan operasi perangkat bawah air, termasuk robot bawah air, karena memengaruhi stabilitas dan kemampuan mengapungnya[2].

Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah sebuah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560 yang memiliki kemampuan multifungsi. Papan ini dilengkapi dengan 54 pin digital input/output, di mana 14 pin dapat digunakan sebagai keluaran PWM, 16 pin sebagai input analog, serta 4 UART hardware untuk komunikasi serial. Dengan osilator kristal 16 MHz, konektor USB, jack daya, header ICSP, dan tombol reset, Arduino Mega 2560 mendukung berbagai kebutuhan pemrograman dan integrasi

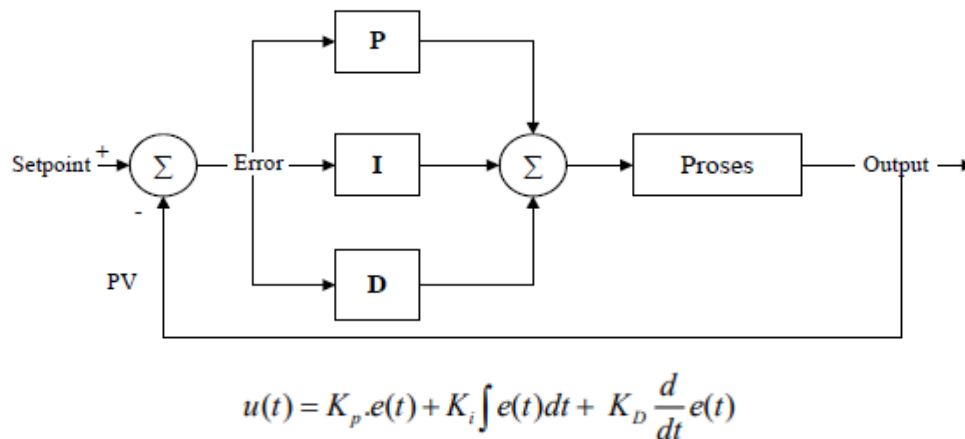
perangkat elektronik. Fitur ini membuatnya ideal untuk digunakan dalam proyek sistem kontrol dan robotik yang membutuhkan banyak input/output dan komunikasi serial[4].

Sensor Kemiringan (Inertial Measurement Unit)

Sensor kemiringan merupakan perangkat penting dalam sistem elektro-mekanik untuk mendeteksi gerakan, posisi, dan orientasi. Sensor Inertial Measurement Unit (IMU) digunakan secara luas karena menggabungkan akselerometer 3-sumbu dan giroskop 3-sumbu. Akselerometer berfungsi mendeteksi posisi linier dan perpindahan, sementara giroskop mengukur sudut rotasi. IMU digital memungkinkan koneksi melalui protokol I2C dan, dengan menggunakan filter yang sesuai, dapat memberikan pembacaan sudut kemiringan yang stabil dan akurat. Teknologi ini sangat relevan dalam aplikasi robotik bawah air yang membutuhkan kestabilan dan respons yang baik[6].

Kontrol PID

Kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*) adalah metode kontrol umpan balik yang digunakan untuk mencapai presisi dalam sistem instrumentasi. Sistem ini dirancang untuk mengontrol variabel proses sehingga mendekati nilai setpoint yang diinginkan. PID bekerja dengan menghitung error, yaitu selisih antara setpoint dan nilai yang diukur (process variable), dan memproses error tersebut menggunakan tiga parameter utama: proportional, integral, dan derivative[9], [12]. Gambar 1 berikut menunjukkan blok diagram kerja PID dan rumus perhitungan error.



Gambar 1. Blok Diagram PID

Sumber : Sonie Ruswanto, Endah Suryawati Ningrum dan Irwan Ramli, 2011

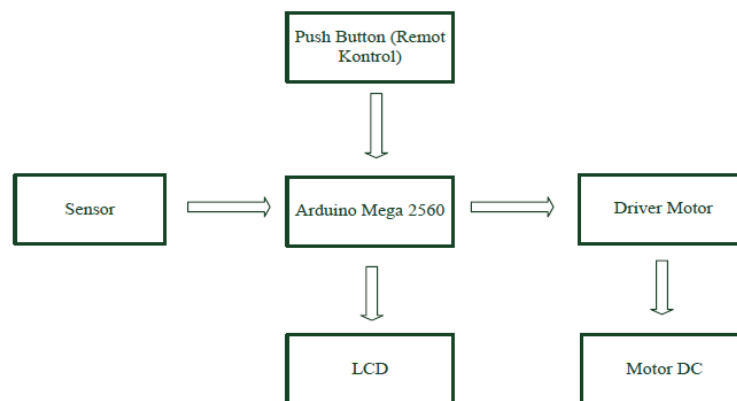
METODE

Blok Diagram Sistem

Sistem kendali robot ROV yang dirancang dalam penelitian ini terdiri dari enam bagian utama, yaitu push button, Arduino Mega 2560, driver motor (L298), motor DC, LCD 16x2, dan sensor MUI (Inertial Measurement Unit). Keenam komponen ini membentuk integrasi yang memungkinkan robot ROV untuk bermanuver secara akurat dan stabil di dalam air. Berdasarkan blok diagram sistem yang ditunjukkan pada Gambar 2, push button berfungsi sebagai input untuk mengendalikan manuver robot, sementara sensor MUI berperan dalam mengukur dan menyeimbangkan orientasi robot selama beroperasi di dalam air. Data yang diperoleh dari kedua input ini diproses menggunakan Arduino Mega 2560 dengan algoritma kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*), sehingga menghasilkan keluaran yang presisi untuk mengontrol komponen lainnya. Hasil pemrosesan dari Arduino Mega 2560 diteruskan ke driver motor, yang bertindak

sebagai penguat sinyal untuk menggerakkan motor DC. Motor DC bertanggung jawab atas seluruh manuver robot di bawah air, seperti maju, mundur, berbelok, atau melayang. Selain itu, informasi pemrosesan data juga ditampilkan pada LCD 16x2, yang memudahkan pengguna dalam memantau sistem secara real-time, termasuk input yang diterima, eksekusi program, dan keluaran yang dihasilkan. Dengan demikian, Arduino Mega 2560 tidak hanya berfungsi sebagai pusat kendali utama tetapi juga sebagai penghubung antara input, proses, dan keluaran sistem. Driver motor memastikan motor dapat menerima sinyal yang cukup kuat untuk menjalankan manuver kompleks di bawah air, sementara sensor MUI memastikan stabilitas robot tetap terjaga.

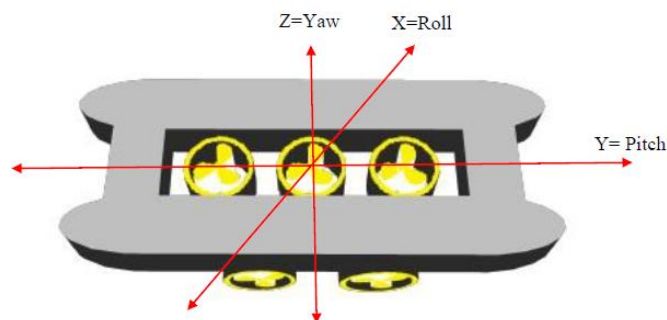
Sistem ini dirancang untuk mengintegrasikan berbagai komponen tersebut secara efisien, sehingga robot ROV mampu berfungsi dengan optimal dalam berbagai kondisi operasional di lingkungan bawah air. Gambar 2 menunjukkan blok diagram sistem yang menggambarkan alur kerja dan hubungan antar komponen. Push button dan sensor MUI berperan sebagai input, data diproses oleh Arduino Mega 2560, kemudian hasil pemrosesan diarahkan ke driver motor untuk mengendalikan motor DC. LCD digunakan untuk menampilkan data secara real-time, sehingga membantu pengguna dalam memantau sistem. Blok Diagram Sistem Kendali Robot ROV dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Kendali Robot ROV

Bentuk Mekanik

Gambar 3, memperlihatkan desain mekanik awal robot ROV (Remotely Operated Vehicle) yang dirancang untuk operasi bawah air dengan dimensi 25 cm (panjang), 15 cm (lebar), dan 8 cm (tinggi), memungkinkan manuver fleksibel di ruang terbatas. Desain ini dilengkapi tiga motor DC; dua motor simetris di bagian belakang untuk gerakan horizontal (maju, mundur, berbelok), dan satu motor vertikal di bagian atas untuk pengendalian pergerakan naik-turun. Komponen elektronik utama dalam robot meliputi Arduino Mega 2560, sensor MUI (Inertial Measurement Unit), dan driver motor. Arduino Mega 2560 mengelola sinyal dari sensor MUI dan input lainnya, serta mengatur perintah ke motor. Sensor MUI mengukur orientasi robot dalam tiga sumbu: roll (X), pitch (Y), dan yaw (Z), menjaga stabilitas selama pergerakan. Desain modular memungkinkan perawatan dan penggantian komponen yang efisien, dengan distribusi bobot yang seimbang untuk menjaga stabilitas dan kendali gerakan robot.

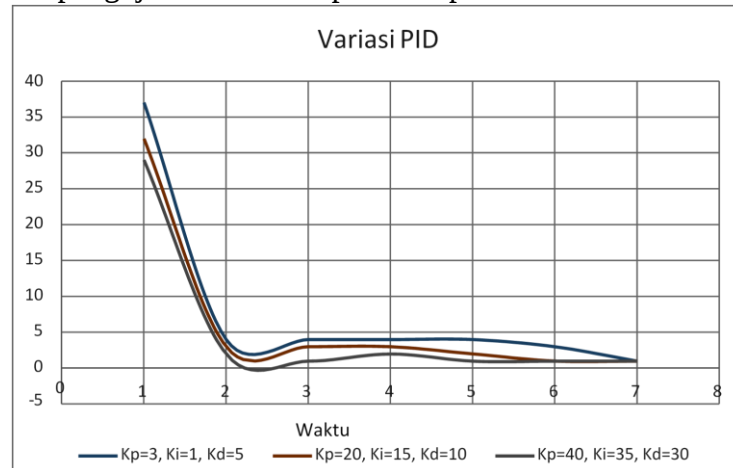


Gambar 3. Desain 3D mekanik robot ROV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rise Time dan Settling Time Hasil Pengujian

Pengujian robot ROV dilakukan di kolam dengan kedalaman air 10 cm untuk mengamati rise time dan settling time, dengan pengukuran menggunakan penggaris dalam kondisi air bergelombang. Robot ROV diletakkan di dalam air dengan sudut kemiringan awal sebesar 45 derajat. Gambar 4 menunjukkan respons sistem berdasarkan variasi parameter PID, yang mencakup rise time, settling time, dan kesalahan keadaan tunak (steady state error), sementara Tabel 1 menyajikan perbandingan hasil pengujian untuk setiap variasi parameter PID.



Gambar 4. Grafik rise time dan settling time pengujian data robot ROV di kedalaman 10 cm dalam keadaan bergerak bergelombang

Tabel 1. Perbandingan hasil terbaik variasi PID

Variasi PID			Steady State Error (%)	Rise Time	Settling Time
$K_p = 3$	$K_i = 1$	$K_d = 5$	4,3	2,5 detik	6,8 detik
$K_p = 20$	$K_i = 15$	$K_d = 10$	3,2	2,3 detik	5,8 detik
$K_p = 40$	$K_i = 35$	$K_d = 30$	2,1	2,1 detik	4,9 detik

Berdasarkan hasil pengujian, variasi parameter PID yang memberikan hasil terbaik adalah $K_p = 40, K_i = 35, K_d = 30$. Kombinasi ini menghasilkan steady state error sebesar 2,1%, rise time sebesar 2,1 detik, dan settling time sebesar 4,9 detik. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi ini memiliki keseimbangan yang baik antara kecepatan respons dan stabilitas sistem.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian mengenai implementasi kontrol PID untuk mengatur keseimbangan robot ROV (Remotely Operated Vehicles) menggunakan sensor MPU 6050 adalah sebagai berikut. Robot berhasil melakukan hovering dengan baik menggunakan metode kontrol PID. Selain itu, kontrol PID memungkinkan robot untuk mengendalikan motor sesuai dengan set point yang telah ditentukan. Robot juga mampu bermanuver di dalam air sesuai dengan kebutuhan. Pada pengujian terbaik, robot ROV menggunakan parameter PID dengan nilai $K_p = 40, K_i = 35, K_d = 30$, menghasilkan steady state error sebesar 2,1%, rise time 2,1 detik, dan settling time 4,9 detik.

SARAN

Untuk pengembangan penelitian di masa mendatang, diperlukan langkah-langkah yang lebih lanjut untuk meningkatkan kemampuan robot ROV dalam menjaga keseimbangan di dalam air dengan menggunakan sensor MPU 6050. Beberapa saran pengembangan yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut. Pertama, penelitian berikutnya disarankan untuk menggunakan sistem komunikasi wireless agar robot ROV dapat menyelam pada kedalaman yang lebih besar tanpa keterbatasan kabel. Kedua, pengembangan dapat dilakukan dengan memanfaatkan baterai yang memiliki daya lebih tinggi untuk meningkatkan durasi operasional dan performa robot ROV di dalam air. Ketiga, disarankan untuk memanfaatkan data dari sensor MPU dalam sumbu x, y, dan z secara lebih komprehensif agar kemampuan robot dalam menjaga keseimbangan di bawah air menjadi lebih optimal dan akurat. Pengembangan ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi serta efektivitas robot ROV dalam berbagai kondisi operasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. Gitakarma *et al.*, “ALAT BANTU SURVEY BAWAH AIR MENGGUNAKAN AMOBA , ROBOT BERBASIS ROV,” vol. 3, no. 2, 2014.
- [2] Z. Abidin, D. Chrismianto, A. Trimulyono, F. Teknik, and U. Diponegoro, “ANALISA UNDERWATER THRUSTER PADA REMOTELY OPERATED VEHICLE (ROV) DENGAN METODE CFD,” pp. 204–212.
- [3] I. Suhendra and W. S. Pambudi, “Aplikasi load cell untuk otomasi pada depot air minum isi ulang,” *J. Sains dan Teknol. ISSN*, vol. 2460, p. 173X, 2015.
- [4] H. ADZHAR, “SISTEM PENYETEMAN NADA DAWAI GITAR OTOMATIS DENGAN MOTOR SERVO CONTINUOUS MENGGUNAKAN KONTROLER PID BERBASIS ARDUINO MEGA 2560”.
- [5] I. M. Suradana and I. W. Sudiarsa, “Pengendalian Mobile Robot Menggunakan Personal Computer Dengan Koneksi Bluetooth,” *J. Nas. Pendidik. Tek. Inform. JANAPATI*, vol. 2, no. 1, pp. 95–109, 2013.
- [6] A. U. Darajat, M. Komarudin, and S. R. S., “SISTEM TELEMETRI Unmanned Aerial Vehicle (UAV) BERBASIS Inertial Measurement Unit (IMU),” no. 3, pp. 169–177, 2012.
- [7] H. Maryanto, “Pembuatan Prototipe Pintu Otomatis Satu Arah Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 Menggunakan Double IR,” 2010, [Online]. Available: https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=%5B8%5D%09Hendra+Maryanto%2C+2010%2C+Tugas+Akhir%3A+Pembuatan+Prototipe+Pintu+Otomatis+Satu+Arah+Berbasis+Mikrokontroler+Atmega+8535+menggunakan+Double+IR&btnG=#d=gs_cit&t=1732012375985&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3A2vmKBVrKenQJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3Did
- [8] S. Muharom and B. Prasetyo, “Automatics Detect and Shooter Robot Based on Object Detection Using Camera,” no. 1, pp. 50–54, 2022, doi: 10.15199/48.2022.01.07.
- [9] S. Ruswanto, E. S. Ningrum, and I. Ramli, “Pengaturan Gerak Dan Keseimbangan Robot Line Tracer Dua Roda Menggunakan PID Controller,” vol. 2011, no. 1es, pp. 978–979, 2011.
- [10] A. Rahmawati, S. Winardi, and D. Trisianto, “RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR SUHU TUBUH DENGAN TAMPILAN DIGITAL DAN KELUARAN SUARA BERBASIS MIKROKONTROLLER AVR AT MEGA 8535,” *J. Monit.*, vol. 1, no. 1, pp. 32–43, 2012.
- [11] W. S. Pambudi, “SIMULASI FOLDING MACHINE DENGAN PID , P , PI , PD DAN FUZZY – PD (PROPORTIONAL DIFFERENTIAL),” no. June 2015, 2016.
- [12] Y. G. Putra, N. S. Erwanti, and S. Pambudi, “Implementasi Sistem Kontrol PID pada Sistem Pendingin Suhu Panel Surya,” pp. 1–9.
- [13] A. Rachmawan, S. Muharom, J. T. Elektro, F. Teknik, and T. Informasi, “Implementasi Metode Pid Pada Pendingin Ruang Panel Inverter Berbasis Arduino,” pp. 385–392.