

# SIMULASI METODE PID PADA MOTOR PENGADUK CAIRAN NACL BERBASIS PLC

Ageng Rochmad Joko Purwoko<sup>1\*</sup>, Imam Sutrisno<sup>2</sup>, Lilik Subiyanto<sup>3</sup>, Isa Rachman<sup>4</sup>, Muhammad Khoirul Hasin<sup>5</sup>, Dwi Sasmita Aji Pambudi<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5, 2</sup>Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya; Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, 031-5947186

Received: 18 Juni 2024

Accepted: 31 Juli 2024

Published: 7 Agustus 2024

## Keywords:

PID; PLC; Control System;  
AC Motor; Liquid Mixer

## Correspondent Email:

agengpurwoko@student.ppns  
.ac.id

**Abstrak.** Penggunaan motor AC pada sektor industri semakin meningkat karena kehandalan dan kemudahan pengendaliannya. Salah satu aplikasinya adalah pada mesin pencampur cairan yang memerlukan proses pengadukan bahan secara konsisten. Penelitian ini bertujuan untuk mengendalikan kecepatan motor AC menggunakan metode PID untuk memastikan stabilitas putaran motor saat terjadi gangguan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan parameter PID dengan Kp sebesar 4717, Ki sebesar 41059, dan Kd sebesar 0.136 menghasilkan nilai error 8.75%. Dibandingkan dengan sistem tanpa PID yang memiliki error sebesar 15.2%, hasil ini menunjukkan peningkatan kinerja sebesar 6.45%. Dengan demikian, metode PID efektif dalam meningkatkan performa sistem pengadukan cairan berbasis PLC.

**Abstract.** Penggunaan motor AC pada sektor industri semakin meningkat karena kehandalan dan kemudahan pengendaliannya. Salah satu aplikasinya adalah pada mesin pencampur cairan yang memerlukan proses pengadukan bahan secara konsisten. Penelitian ini bertujuan untuk mengendalikan kecepatan motor AC menggunakan metode PID untuk memastikan stabilitas putaran motor saat terjadi gangguan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan parameter PID dengan Kp sebesar 4717, Ki sebesar 41059, dan Kd sebesar 0.136 menghasilkan nilai error 8.75%. Dibandingkan dengan sistem tanpa PID yang memiliki error sebesar 15.2%, hasil ini menunjukkan peningkatan kinerja sebesar 6.45%. Dengan demikian, metode PID efektif dalam meningkatkan performa sistem pengadukan cairan berbasis PLC.

## 1. PENDAHULUAN

Agar operasi industri dapat berjalan dengan baik, air diperlukan. Kualitas dan kuantitas air yang digunakan untuk kegiatan industri harus memenuhi syarat[1]. Ini karena air adalah sumber vital bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya di Bumi, dan kualitas air dapat ditentukan melalui pemeriksaan fisik, kimia, dan biologi[2]. Air yang digunakan untuk kegiatan industri, baik yang mengandung mineral maupun yang tidak mengandung mineral, memiliki dampak yang signifikan terhadap proses yang dilakukan[3]. Kadar

hardness magnesium, magnesium, kalsium, dan besi adalah komponen yang dimaksud, jadi proses pengolahan air harus dilakukan untuk mengurangi jumlah bahan tersebut. Pengolahan air harus dilakukan oleh setiap industri untuk menghilangkan pengotor dan zat yang tidak diinginkan dari air[4]. Salah satu cara yang efektif untuk meningkatkan kualitas air adalah proses filterisasi water softener yaitu dengan bantuan natrium klorida (NaCl) dan resin kation softener. Dalam proses ini, natrium klorida dicampur dengan air untuk membuat larutan

garam, yang kemudian digunakan dalam proses filtrasi bersama resin kation softener[5].

Didasarkan pada hal ini, penulis ingin membuat sebuah alat untuk proses pengadukan yang dapat mengontrol kecepatan putaran motor dengan konsisten. Alat ini memiliki kemampuan untuk mengontrol kecepatan motor yang digunakan untuk mencampur larutan natrium klorida dengan air. Karena itu, penelitian rangkaian kontrol harus dilakukan menggunakan metode PID. Metode ini akan digunakan untuk mengontrol kecepatan putaran motor AC pada pengaduk yang stabil. Untuk memastikan bahwa garam tercampur secara merata dalam air, pengendalian ini sangat penting[6]. Hal ini pada akhirnya akan memungkinkan resin kation softener bekerja sebaik mungkin selama proses filterisasi. Beberapa penelitian sebelumnya menentukan pemilihan metode Proportional-Integral-Derivative (PID) untuk mengontrol kecepatan dan putaran motor pengaduk pada sistem ini. Dalam jurnalnya yang berjudul "*Mixing System Design for Automatic Coffee Maker Using OMRON PLC and PID Control*" menunjukkan bahwa Perputaran motor pencampur kopi otomatis yang dikontrol dengan PID akan mengontrol putaran motor dengan stabil dan menjaga agar bahan yang diaduk tidak meluap dan tetap berada di dalam wadah[7].

Eksperimen dilakukan pada mesin pengaduk material makanan dan kue untuk menerapkan metode sistem kendali PID. Dengan menggunakan metode PID pada mesin ini, motor AC bekerja lebih baik daripada tanpa metode PID, yang dapat menyebabkan motor AC panas cepat. Salah satu aplikasi metode PID untuk pengaturan kecepatan motor AC adalah pada mixer saat bahan kimia dicampur sebagai media pembantu filtrasi, yang membutuhkan pengadukan yang stabil. Dengan menerapkan metode PID pada proses ini, proses beroperasi menjadi lebih baik. Untuk beberapa penerapan metode PID yang masih belum ideal, parameter PID yang telah ditentukan sebelumnya harus diubah. Selain menggunakan metode ziegler-nichols terdapat metode tuning lain seperti metode metaheuristic yang telah terbukti proses penalaan pada plant tertentu dapat menghasilkan respon sistem yang lebih baik[8].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 MATLAB

MATLAB (Matrix Laboratory) adalah program komputer yang sangat baik untuk komputasi numerik dan visualisasi dengan ratusan fungsi bawaan yang didedikasikan untuk perhitungan teknis, grafik, dan animasi. MATLAB memungkinkan implementasi algoritma, pembuatan antarmuka pengguna, dan manipulasi matriks dan plot data dan fungsi. MATLAB juga dapat menampilkan dan mengolah grafik dengan perintah yang mudah dan fleksibel. MATLAB, yang awalnya terbatas pada insinyur, sekarang menjadi alat pemrograman umum dalam teknik dan matematika yang menggunakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang luas dan menggunakan konsep Array atau Matriks sebagai elemen variabel biasa[9].



### 2.2 Motor AC 1 Fasa

Motor induksi satu fasa adalah salah satu jenis motor listrik yang menggunakan induksi elektromagnetik. Motor induksi satu fasa terdiri dari dua bagian: stator dan rotor. Stator adalah bagian yang tidak bergerak, dan rotor adalah bagian yang bergerak yang bertumpu pada bantalan poros terhadap stator. Sebaliknya, sistem kelistrikan di sisi rotor diinduksikan melalui media elektromagnetik di celah udara stator. Karena arus bolak-balik satu fasa yang melewati kedua kumparan, stator dan rotor berfungsi untuk menghasilkan gaya gerak listrik. Akibatnya, terjadi interaksi induksi medan magnet antara rotor dan stator[10].



### 2.3 Rotary Encoder

Untuk mengetahui posisi sudut poros yang berputar, sensor posisi yang disebut rotary encoder digunakan. Komponen ini menghasilkan sinyal listrik yang dapat diputar, baik analog maupun digital. Keluarannya adalah gelombang sudut, dan enkoder putar ini juga disebut sebagai enkoder putar quadruple atau enkoder putar relatif. Rotary encoder bervariasi berdasarkan metode pengenalan sinyal atau output[11]. Penelitian ini menggunakan modul sensor kecepatan atau encoder seperti yang ditunjukkan pada gambar karena nilai kecepatan motor mixing dideteksi dan dikirimkan sebagai feedback ke kontrol PID.

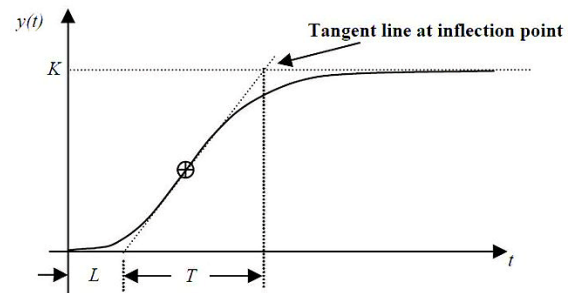


### 2.4 Metode PID

Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah kontrol: Propotional (P), Derivative (D), dan Integral (I). Setiap kontrol memiliki keunggulan dan kelemahan dalam responsnya, dan kombinasi ketiga kontrol ini bertujuan untuk memaksimalkan kemampuan sistem untuk mencapai setpoint yang telah diberikan. Mereka dibangun dengan menggunakan metode PID close loop. Nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  harus diubah oleh sistem selama aplikasinya, seperti yang ditunjukkan pada blok sistem kontrol PID. Ini dilakukan agar sinyal respons keluaran yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan[12].

Controller	K	Ti	Td
P	$1/\alpha$	-	-
PI	$0,9/\alpha$	$3\tau$	-
PID	$1,2/\alpha$	$2\tau$	$\tau/2$

Setelah Anda mengetahui aturan dasar PID Ziegler nichols, Anda dapat mulai menghitung parameter PID. Pastikan Anda memiliki grafik kurva respons awal untuk tanaman. Contoh grafik respons awal dapat dilihat pada gambar berikut.

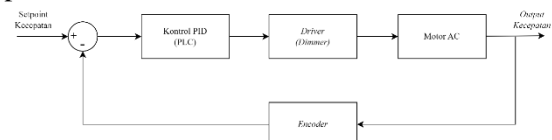


Untuk menentukan parameter PID yang sesuai untuk plant, nilai-nilai L dan T sangat penting. Nilai L menunjukkan waktu yang diperlukan dari nilai saat ini pada awal proses hingga mencapai titik singgung (inflection point), dan nilai T menunjukkan waktu yang diperlukan dari batas akhir nilai L hingga garis potong mencapai nilai setpoint. Untuk mengetahui nilai parameter  $K_i$  dan  $K_d$ , parameter yang tercantum pada tabel 1 harus dimasukkan ke dalam rumus.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Blok Diagram Sistem

Pada bagian ini akan menjelaskan alur dari diagram blok pada simulasi ini dapat dilihat pada Gambar berikut.

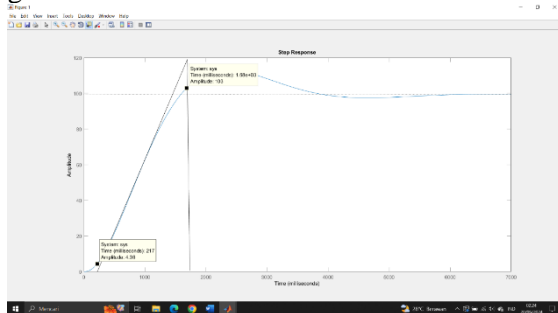


Gambar diatas menjelaskan bahwa pada perancangan kontrol PID, terdiri dari blok kontrol PID yang berfungsi untuk mengatur putaran motor AC dengan membandingkan nilai RPM dari titik set dengan nilai RPM dari umpan balik sensor encoder. Selain itu, driver motor AC berfungsi untuk menyediakan arus listrik yang dibutuhkan motor untuk beroperasi. Selanjutnya, ada motor AC yang berfungsi sebagai aktuatur pada alat pengadukan larutan NaCl.

### 3.2 Perancangan PID

Untuk menemukan nilai parameter awal PID untuk tanaman ini, perancangan PID dilakukan dengan menghitung data tanaman dan mengubahnya menjadi grafik open-loop

sistem. Gambar berikut menunjukkan gambar tersebut.



Pada grafik respons, nilai  $L$  adalah 4,36 detik dan nilai  $T$  adalah 103 detik. Setelah mengetahui nilai ini, kita dapat memulai perhitungan untuk menemukan nilai parameter PID awal dengan menggunakan rumus yang ada di Tabel. Perhitungan ini dijelaskan sebagai berikut.

- **Proportional Gain (P)**

$$K_p = \frac{T}{L} = \frac{103}{4,36} = 23,623 \quad (1)$$

- **Proportional and Integral Gain (PI)**

$$K_p = 0,9 \frac{T}{L} = 0,9 \frac{103}{4,36} = 21,261 \quad (2)$$

$$T_i = \frac{L}{0,3} = \frac{4,36}{0,3} = 14,533 \quad (3)$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{21,261}{14,533} = 1,462 \quad (4)$$

- **Proportional, Integral and Derivative (PID)**

$$K_p = 1,2 \frac{T}{L} = 1,2 \frac{103}{4,36} = 28,347 \quad (5)$$

$$T_i = 2L = 2 \times 4,36 = 8,72 \quad (6)$$

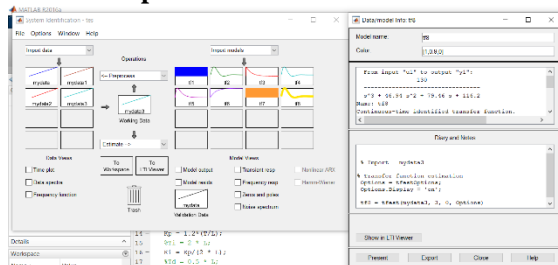
$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{28,347}{8,72} = 3,250 \quad (7)$$

$$T_d = 0,5L = 0,5 \times 4,36 = 2,180 \quad (8)$$

$$K_d = K_p T_d = 28,347 \times 2,180 = 61,796 \quad (9)$$

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Mendapatkan Transfer Function



Hal pertama yang dilakukan adalah mengambil data dari hardware yang diuji. Data yang digunakan dalam simulasi ini didapatkan dari RPM motor AC yang diatur menggunakan nilai frekuensi, dimana semakin besar nilai frekuensi maka semakin cepat juga putaran RPM motor

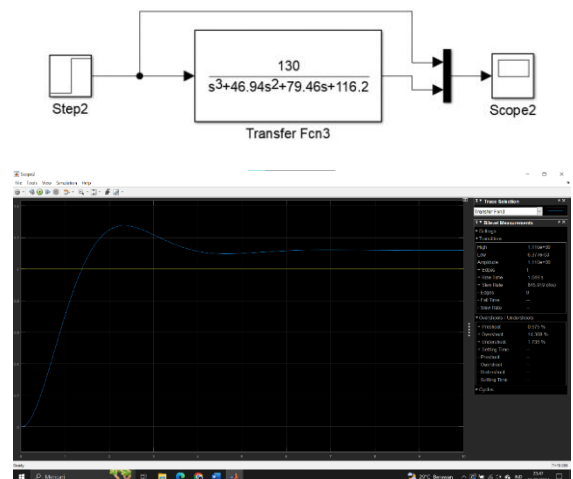
tersebut. Setelah didapatkan data tersebut dimasukan pada toolbox Matlab yaitu System Identification untuk mendapatkan nilai transfer function. Transfer function itu digunakan untuk melakukan simulasi pada Matlab.

### 4.2 Pengujian Simulasi Simulink

Pada sub-bab ini akan memaparkan hasil simulasi dari respon Open Loop, Closed Loop, PID Auto-tuning, dan PID dengan metode Zeigher Nichols.

#### 4.2.1 Step-Respon Open Loop

Berikut blok function open loop untuk menguji transfer function yang didapat.

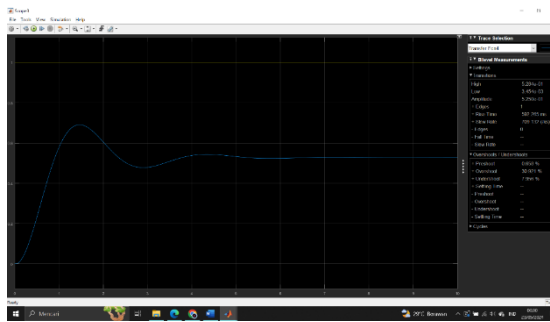


Gambar diatas merupakan hasil nilai transfer function yang sudah didapat dari system identification, pada sub-bab ini menggunakan Step Respon Open Loop yang langsung diuji tanpa metode PID. Disini terlihat bahwa sinyal masih mengalami overshoot sebesar 14,368% dan juga mengalami undershoot sebesar 1,735% serta mendapatkan nilai rise time selama 1,049s.

#### 4.2.2 Step-Respon Closed Loop

Berikut blok function closed loop untuk menguji transfer function yang didapat.

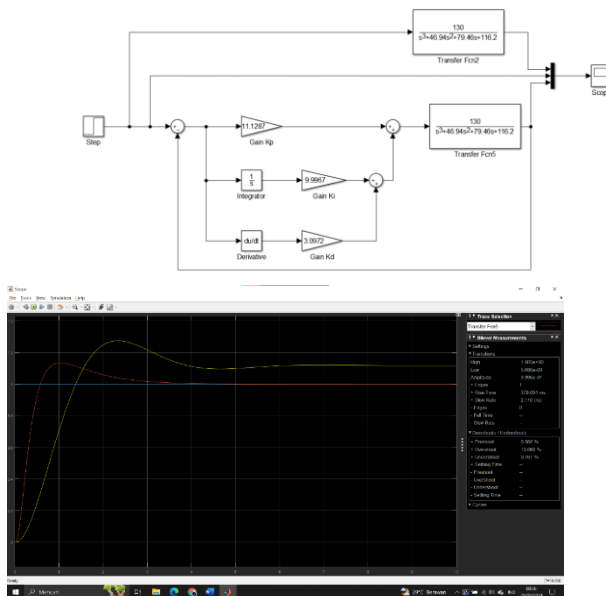




Gambar diatas merupakan hasil nilai transfer function yang sudah didapat dari system identification, pada sub-bab nin menggunakan Step Respon Closed Loop yang langsung diuji tanpa metode PID. Disini terlihat bahwa sinyal masih mengalami overshoot sebesar 30,921% dan juga mengalami undershoot sebesar 7,956% serta mendapatkan nilai rise time selama 592.265ms atau 0.592265s.

#### 4.2.3 Step-Respon PID Zeigher Nichols

Berikut blok function PID Zeigher Nichols untuk menguji transfer function yang didapat.

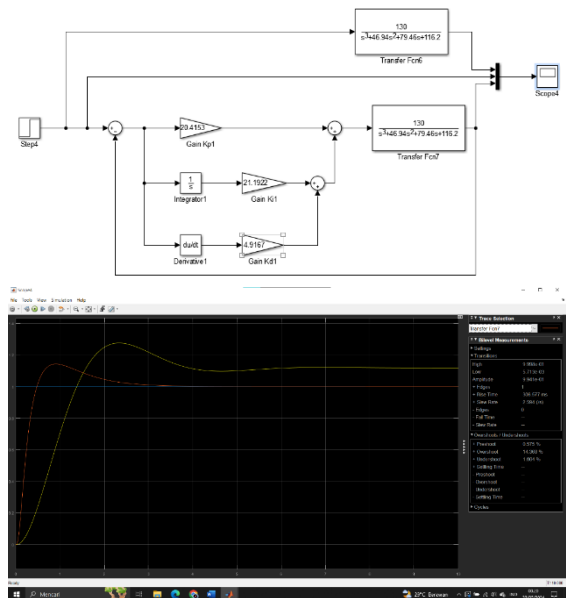


Gambar diatas merupakan hasil nilai transfer function yang sudah didapat dari system identification, pada sub-bab nin menggunakan Step Respon PID Zeigher Nichols yang langsung diuji dan dibandingkan dengan non-PID. Disini terlihat bahwa sinyal masih mengalami overshoot sebesar 13,068% dan juga mengalami undershoot sebesar 0,761%

serta mendapatkan nilai rise time selama 379,094ms atau 0.379094s.

#### 4.2.4 Step-Respon PID Auto Tuning

Berikut blok function PID Auto-Tuning untuk menguji transfer function yang didapat.



Gambar diatas merupakan hasil nilai transfer function yang sudah didapat dari system identification, pada sub-bab nin menggunakan Step Respon PID Auto-Tuning yang langsung diuji dan dibandingkan dengan non-PID. Disini terlihat bahwa sinyal masih mengalami overshoot sebesar 14,368% dan juga mengalami undershoot sebesar 1,064% serta mendapatkan nilai rise time selama 306,577ms atau 0.306577s.

	<i>Overshoot</i> (%)	<i>Undershoot</i> (%)	<i>Rise</i> <i>Time (s)</i>
<b>Open Loop</b>	<b>14,368</b>	<b>1,735</b>	<b>1,049</b>
<b>Closed Loop</b>	<b>30,921</b>	<b>7,956</b>	<b>0.592265</b>
<b>PID Zeigher Nichols</b>	<b>13,068</b>	<b>0,761</b>	<b>0.379094</b>
<b>PID Auto-Tuning</b>	<b>14,368</b>	<b>1,064</b>	<b>0.306577</b>

Berikut adalah hasil perbandingan dari keempat analisis yang digunakan, Dimana analisi PID

Zeigher Nichols memiliki hasil yang lebih baik daripada 3 analisis yang lain.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil perbandingan ujicoba simulasi diatas, dapat disimpulkan bahwa:

- Meskipun memiliki overshoot dan undershoot yang tinggi, closed loop menunjukkan respons waktu yang cepat.
- Memiliki kelebihan dalam mengurangi overshoot dan undershoot dengan waktu naik yang relatif cepat, membuatnya efektif untuk kontrol yang stabil.
- Menawarkan waktu naik tercepat, tetapi overshoot dan undershoot lebih besar dibandingkan PID Ziegler-Nichols.
- Sistem ini menunjukkan performa yang kurang baik dalam semua parameter dibandingkan metode lainnya, dengan overshoot, undershoot, dan rise time yang sangat tinggi.
- Secara keseluruhan, PID Ziegler-Nichols dan PID auto-tuning memberikan kontrol yang lebih baik dibandingkan dengan sistem open loop dan closed loop dalam hal stabilitas dan kecepatan respon.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua saya serta atas dukungan dan dorongan mereka dalam melakukan pengujian ini. Tanpa bantuan dan dorongan mereka, pencapaian ini tidak akan terwujud. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Dr. Eng. Imam Sutrisno, S.T., M.T. dan Lilik Subiyanto, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing atas bimbingannya yang tanpa henti dalam proses pembuatan jurnal dan simulasi. Kontribusinya sangat berarti Semoga kebaikan dan kerja keras mereka selalu dibalas dengan kesuksesan dan kebahagiaan. Terima kasih.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Eka Putra Setyabudi, S. Purwoto, and H. Tulloh Husaini, "Removal Natrium (Na<sup>+</sup>), Klorida (Cl<sup>-</sup>), Dan Kesadahan Air Payau Dengan Resin Penukar Ion," *Waktu J. Tek. Unipa*, vol. 18, no. 1, pp. 7–14, 2020, doi: 10.36456/waktu.v18i1.2305.
- [2] A. Rokot, P. Momor, A. T. Watung, A. Kabuhung, and Y. Kawatu, "Uji Efektivitas Penyaringan Air Multi Media Dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Sumur Bor," *Pros. Semin. Nas. Dies Natalis Poltekkes Kemenkes Manad.*, pp. 39–54, 2023.
- [3] A. S. Widodo *et al.*, "Perancangan Prototipe Penjernihan Air Melalui Filtrasi Dengan Bantuan Filter Tabung Tipe Frp," Vol. 1, Pp. 131–137, 2023.
- [4] L. Aba, L. O. M. Sety, L. O. Sahiddin, A. Okto, And Irfan, "Bimbingan Teknis Penurunan Kesadaran Air Sumur Menggunakan Metode Filtrasi Bagi Masyarakat Kelurahan Padaleu Kecamatan Kambu Kota Kendari," *J. Pengabd. Kpd. Masy.*, Vol. 2, No. 1, Pp. 37–41, 2023.
- [5] I. A. S. Aliyah Shahab, "Efektifitas Volume Resin Ion Exchanger Terhadap Kapasitas Pertukaran Ion Dan Waktu Jenuh Pada Unit Demin Plant Di Pt Pln (Persero) Updk Keramasan," Vol. 2, No. 3, Pp. 310–324, 2023, [Online]. Available: <https://Bnr.Bg/Post/101787017/Bsp-Za-Balgaria-E-Pod-Nomer-1-V-Buletinata-Za-Vota-Gerb-S-Nomer-2-Pp-Db-S-Nomer-12>.
- [6] Z. Y. Leong and H. Y. Yang, "Capacitive Deionization of Divalent Cations for Water Softening Using Functionalized Carbon Electrodes," *ACS Omega*, vol. 5, no. 5, pp. 2097–2106, 2020, doi: 10.1021/acsomega.9b02330.
- [7] A. Setiawan and A. Ma'arif, "Stirring System Design for Automatic Coffee Maker Using OMRON PLC and PID Control," *Int. J. Robot. Control Syst.*, vol. 1, no. 3, pp. 390–401, 2021, doi: 10.31763/ijrcs.v1i3.457.
- [8] A. A. Putra, "Implementasi Sistem Kontrol Penggerak Motor Stepper Pada Proses Molding Microplastic Berbasis Pid Menggunakan Plc Dan Arduino," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 1, pp. 22–30, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3601.
- [9] T. Andani, F. H. Badruzzaman, and E. Harahap, "Operasi Matriks Sebagai Media Pembelajaran Menggunakan Matlab Matrix Operations As Learning Media Using Matlab," *J. Pendidik. Mat.*, Vol. 19, No. 2, Pp. 33–45, 2020.
- [10] L. Rahmadhani, "Rancang Bangun Sistem Pendingin Pada Motor Induksi 1 Fasa Menggunakan Kipas Pwm Berbasis Fuzzy Logic," *Univ. Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung*, Pp. 9–34, 2023.
- [11] D. I. Zawawi, A. Rusdinar, And C. Ekaputri, "Perancangan Prototipe Automated Guided Vehicle Pada Proses Parkir Otomatis," *eProceedings Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 2963–2972, 2020.
- [12] Bambang Priyadi, "Analisis Sistem Kontrol Kecepatan Putar Motor Menggunakan Metode



Pid Pada Alat Pengaduk Sirup Mangga,” *J. Tek. Ilmu Dan Apl.*, vol. 9, no. 1, pp. 56–61, 2021, doi: 10.33795/jtia.v9i1.12.