

DESAIN DAN IMPLEMENTASI KONTROL PID PADA LEVEL KETINGGIAN AIR TANAMAN HIDROPONIK BAYAM

Stefani Galuh C^{1*}, Fachruz Dzaky Rizqulloh², Riandini³

¹Politeknik Negeri Jakarta

Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kampus Universitas Indonesia Depok 16425

*Fachruz Dzaky Rizqulloh Email: fachruzdzaky6@gmail.com

Abstract— *Agricultural land is currently getting smaller and smaller due to the development of infrastructure and urban society. The important role of plants for living things requires development innovation for agriculture by utilizing current technology with the development of the industrial revolution 4.0 with Internet of Things (IoT) innovations. The TDS sensor is used to monitor the level of nutrient solution in plants, the UV Sensor ML8511 to monitor Ultraviolet levels in the surrounding environment and the HC-SR04 sensor to monitor the height of the water level in the tank in real-time via MIT App Inventor notifications that focus on one type of plant, namely plants spinach. In this research, a water level control system was developed for hydroponic spinach plants using PID (Proportional Integral Derivative) control where the PID control consists of three parameters, namely proportional control (Kp), integral control (Ki) and derivative control (Kd). This study aims to determine the PID control so that the HC-SR04 sensor can read the water level accurately when the pump fills water into the tank and does not exceed the set point of 12 cm. This tool is integrated by Arduino nano and SD Card module as a data logger as well as several components including the I2C LCD (Liquid Crystal Diode), HC-SR04 sensor, L298N motor driver, 12 Volt DC motor pump. A graphical analysis of the system response parameters is performed when the HC-SR04 reading with proportional control variations has a value of 1-5. From the results of the analysis of proportional control variations 1-5, other PID control parameters were obtained with $K_p = 16.35$, $K_i = 15.90$ and $K_d = 63.61$.*

Keywords: Arduino Nano, HC-SR04, PID Control, Internet of Things (IoT), 12 Volt DC Motor Pump

Abstrak— Lahan pertanian saat ini semakin sedikit dan sempit akibat dan perkembangan dari infrastuktur dan masyarakat urban. Pentingnya peranan tanaman bagi makhluk hidup diperlukan inovasi pengembangan untuk pertanian dengan pemanfaatan teknologi saat ini dengan berkembang nya revolusi industry 4.0 dengan inovasi Internet of Things (IoT). Digunakan sensor TDS untuk memantau kadar larutan nutrisi pada tanaman, UV Sensor ML8511 untuk memantau kadar Ultraviolet dalam lingkungan sekitar dan sensor HC-SR04 untuk memantau ketinggian level air dalam tangki secara real-time melalui pemberitahuan MIT App Inventor yang memfokuskan pada satu jenis tanaman yaitu tanaman bayam. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan sistem kontrol ketinggian level air pada tanaman hidroponik bayam dengan menggunakan kontrol PID (Proportional Integral Derivative) dimana kontrol PID terdiri dari tiga parameter yaitu kontrol proporsional (Kp), kontrol integral (Ki) dan kontrol derifatif (Kd). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kontrol PID agar sensor HC-SR04 dapat membaca ketinggian level air secara akurat ketika pompa melakukan pengisian air kedalam tangki dan tidak melebihi set point yaitu 12 cm, alat ini terintegrasi oleh Arduino nano dan modul SD Card sebagai data logger serta juga beberapa komponen diantaranya adalah LCD (Liquid Crystal Diode) I2C, sensor HC-SR04, Driver motor L298N, Pompa motor DC 12 Volt. Dilakukan analisis grafik parameter respon sistem ketika pembacaan HC-SR04 dengan variasi kontrol proporsional bernilai 1-5. Dari hasil analisis variasi kontrol proporsional 1-5, didapatkan parameter kontrol PID lainnya dengan nilai $K_p = 16,35$ $K_i = 15,90$ dan $K_d = 63,61$.

Kata kunci: Arduino Nano, HC-SR04, Internet of Things (IoT), Kontrol PID, Pompa Motor DC 12 Volt.

I. PENDAHULUAN

Lahan pertanian saat ini semakin sedikit dan sempit akibat dan perkembangan dari infrastuktur dan masyarakat urban. Semakin banyak barang kebutuhan sehari-hari yang harus impor dari luar, sedangkan Indonesia terkenal sebagai tanah yang subur. Dalam jangka yang panjang penyempitan lahan akan selalu berdampak pada sumber pangan dan merusak

ekosistem makhluk hidup. Pentingnya peranan tanaman bagi makhluk hidup diperlukan inovasi pengembangan untuk pertanian dengan pemanfaatan teknologi saat ini dengan berkembang nya revolusi industry 4.0 dengan inovasi Internet of Things (IoT). Dengan memanfaatkan IoT dapat mengatasi masalah lahan pertanian dengan cara penanaman hidroponik dimana jaringan internet akann memonitoring kadar Ph air

Received xx Agxx 20xx, Accepted xx Xxxxber 20xx, Published 2x Xxxxxber 20xx.

DOI: <https://doi.org/10.15294/jte.vvolxx?inoxx?.idxx?>

dalam tanaman melalui pemberitahuan MIT App Inventor yang memfokuskan pada satu jenis tanaman.

Bayam merupakan tanaman yang dapat tumbuh didataran rendah maupun tinggi. Tanaman ini sering kita temui dipekarangan rumah, maupun diladang yang ditanam oleh petani. Tanaman bayam memerlukan cahaya matahari penuh dengan suhu ideal 16-20°C dengan kelembaban udara yang sedang 40-60%. Namun bayam dapat beradaptasi dengan suhu yang panas sepanjang kelembabannya tinggi. Bayam memiliki kandungan gizi yang bermanfaat bagi tubuh anatar lain sumber vitamin dan mineral, sebagai sumber serat sehingga dapat mencegah berbagai penyakit untuk melindungi dan memperkuat tubuh.

Hidroponik adalah budidaya tanaman dengan memanfaatkan air tanpa menggunakan tanah dengan menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi bagi tanaman. Kebutuhan air pada hidroponik lebih sedikit daripada kebutuhan air pada budidaya dengan tanah. Hidroponik menggunakan air dengan lebih efisien, jadi cocok diterapkan pada daerah yang memiliki pasokan air yang terbatas. Hidroponik muncul sebagai alternatif pertanian lahan terbatas. Sistem ini memungkinkan sayuran ditanam di daerah yang kurang subur/daerah sempit yang padat penduduknya. Pengembangan hidroponik di Indonesia mempunyai prospek yang cerah, baik untuk mengisi kebutuhan dalam negeri maupun merebut peluang ekspor. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan solusi alternative dalam budidaya tanaman hidroponik dengan memanfaatkan teknologi berbasis IoT yang dapat membantu dalam controlling dan monitoring tanaman secara otomatis sehingga dapat membantu masyarakat luas dalam membudidayakan tanaman hidroponik. Sistem yang dibuat mengintegrasikan antara perangkat IoT dengan server gateway Blynk dan kemudian terhubung pada MIT App Inventor pada smartphone yang berfungsi sebagai controlling dan monitoring tanaman

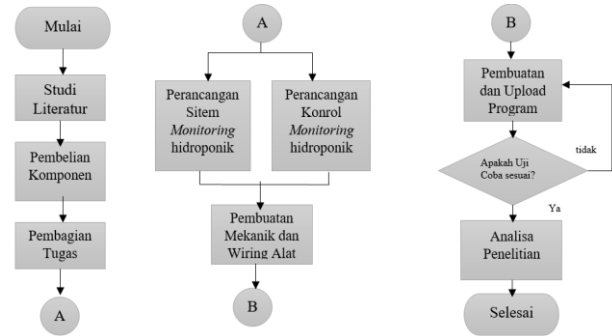
Metode sistem hidroponik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sistem Deep flow technique (DFT) termasuk salah satu metode hidroponik yang menggunakan air sebagai media untuk menyediakan nutrisi tanaman dengan pemberian nutrisi dalam bentuk genangan. Sistem kontrol ini dirancang berdasarkan mempertahankan konsentrasi nutrisi TDS pada rentang 1260-1610 ppm pada tanaman bayam. Penggunaan IoT berbasis NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dapat mengukur kondisi lingkungan secara real time melalui server gateway Blynk kemudian terhubung pada HMI MIT App inventor yang sudah dibuat pada smartphone. MIT App Inventor berguna sebagai interface dan juga aplikasi pada smartphone yang dapat menyediakan informasi tentang pertumbuhan tanaman bayam setelah pembacaan sensor.

Terdapat 2 variabel yang diambil dari hasil uji lapang yaitu berupa data UV, dan PPM (part per million). Selanjutnya, GPIO yang terdapat pada NodeMCU ESP8266 digunakan untuk menghubungkan dengan pompa 1 (Brushless) dan pompa 2 (Diafragma) sebagai aktuator yang digunakan. NodeMCU ESP8266 merupakan mikrokontroler yang digunakan untuk membaca hasil setiap variabel dari sensor dan mengirimkan data ke server gateway blynk kemudian ditampilkan di MIT App inventor.

II. METODE PENELITIAN

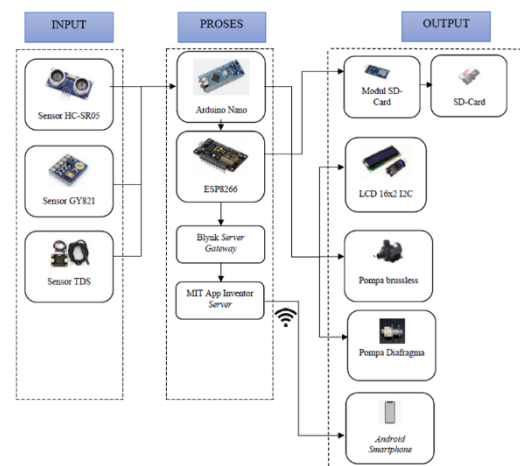
Pada Perancangan dan Realisasi Skripsi “Sistem Kontrol dan Monitoring Otomatis Pada Tanaman Hidroponik Bayam Berbasis IoT Dengan Website Firebase” melalui beberapa metode dan prosesnya mulai dari perancangan alat sampai dengan realisasi alat. Langkah-langkah yang dilakukan dalam

melakukan perancangan dan realisasi alat dapat dilihat pada Gambar 1.1



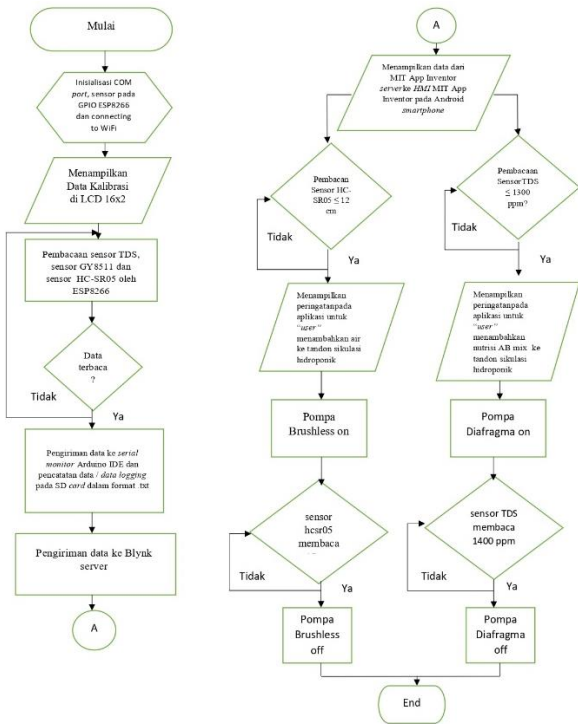
Gambar 2.1 Flowchart Perancangan Alat

Blok diagram sub-sistem monitoring terdiri dari tiga unit blok, yaitu blok input, proses, dan output, blok input terdiri dari sensor HC-SR05, sensor GY821 dan sensor TDS. Blok proses terdiri dari Arduino Nano, ESP8266, Blynk Server gateway dan MIT App Inventor server. Blok Output terdiri dari dari pompa diafragma, pompa brussless, LCD 16x2 I2C, modul SD-card dan SD-Card serta Android smartphone yang sudah terinstal satand alone application MIT App Inventor untuk menampilkan data-data yang dikirim dari mikrokontroler

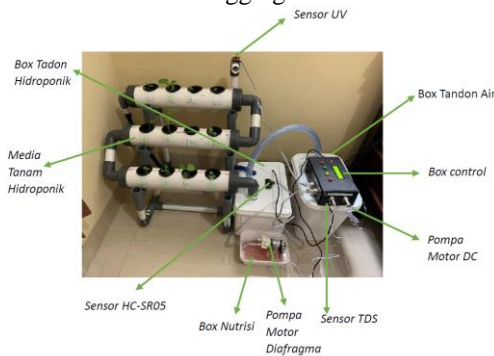


Gambar 2.2 Blok diagram sub-sistem monitoring

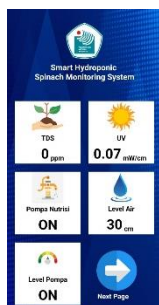
Berikut merupakan diagram alir pemrograman yang terfokus pada pembacaan data sensor-sensor, pengiriman data ke server Blynk gateway, pengambilan data oleh MIT App Inventor, penampilan data monitoring HMI mobile app sampai proses data logger.



Gambar 2. 3 Flowchart Sistem Monitoring dan Data Logging



Gambar 2.4 Realisasi Alat



Gambar 2.5 Tampilan HMI Android Mobile

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian “Desain dan Implementasi Kontrol PID pada Level Ketinggian Air Tanaman Hidroponik Bayam” dilakukan untuk memastikan system *monitoring* dapat bekerja sesuai harapan. Pengujian terdiri dari pengujian HMI, dan pengujian *datalogger*

A. Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor jarak dalam membaca jarak dan perubahan jarak. Berikut hasil pengujian sensor:

Jarak Referensi (mm)	Pembacaan Sensor (mm)	% error
0	0	0
20	10	0,1
40	42	0,01
60	58	0,02
80	81	0,02
100	99	0,01
120	180	0,01
140	141	0,02
160	159	0,01
180	182	0,03
200	197	0,03
220	216	0,04
240	238	0,02
260	259	0,01
280	278	0,02
300	299	0,01

Tabel 2.1 Hasil Pengujian Sensor HC-SR04

A. Pengujian Driver Motor L298N

PWM	Tegangan rata-rata (Volt)
0	0
25	2.58
50	3.71
75	4.81
100	5.79
125	7.21
150	8.43
175	9.11
200	10.76
225	11.63
255	11.99

Tabel 2.2 Hasil Pengujian Driver Motor L298N

B. Pengujian Motor Pompa DC 12 V

Mengetahui range kerja dari motor pompa DC 12 V dengan input PWM yang berbeda-beda.

PWM	Keluaran tegangan (Volt)
0	0
25	3.7
50	5.65
75	7.34
100	8.71
125	9.21
150	9.92
175	10.11
200	10.43
225	10.81
255	10.99

Tabel 2.3 Hasil Pengujian Pompa Motor

C. Perancangan Kontroler PID Menggunakan Metode Ziegler-Nichols

Perlu diketahui bahwa kontrol PID terdapat beberapa macam aksi kontrol yaitu kontrol proporsional, kontrol integral dan kontrol derivatif. Disetiap kontrol terdapat konstanta yang harus ditentukan berdasarkan penggunaan metode penentuan pada kontrol PID. Pada pengambilan data kontrol PID untuk penelitian ini metode yang digunakan adalah metode Ziegler Nichols dengan mengamati hasil respon sinyal ketika konstanta proporsional dinaikkan hingga periode osilasi mencapai maksimum, hal ini terjadi pada konstanta proporsional bernilai 5 (Gambar 4.8). Pada gambar grafik tersebut dapat menentukan konstanta untuk pengendalian menggunakan PID.

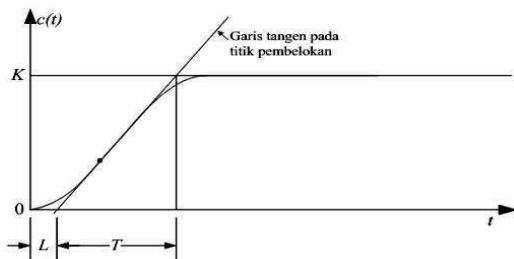
Gabungan aksi kontrol proporsional, integral, dan differensial mempunyai keunggulan dapat saling menutupi kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler. Persamaan kontroler PID ini dapat dinyatakan sebagai berikut (Persamaan 1):

$$m(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int e(t) dt + K_p \cdot T_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

Dalam transformasi laplace dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \dots\dots\dots (2)$$

Ziegler dan Nichols mengemukakan aturan-aturan untuk menentukan nilai dari gain proporsional K_p , waktu integral T_i , dan waktu derivatif T_d berdasarkan karakteristik respon transien dari *plant* yang diberikan. Penentuan parameter kontroler PID atau penalaan kontroler PID tersebut dapat dilakukan dengan bereksperimen dengan *plan*.



Gambar 2.6 Kurva Respon yang Berbentuk S

Kurva berbentuk S dalam gambar 4.10 tersebut dapat dikarakteristikan menjadi dua konstanta yaitu waktu tunda L dan konstanta waktu T . Waktu tunda dan konstanta waktu ditentukan dengan menggambar sebuah garis tangen pada titik pembelokan dari kurva S, dan menentukan perpotongan antara garis tangen dengan sumbu waktu t dan sumbu $c(t) = K$, Fungsi alih $C(s)/U(s)$ dapat dilakukan pendekatan dengan sistem orde satu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{K e^{-Ls}}{Ts+1} \dots\dots\dots (3)$$

Berdasarkan kurva S, Ziegler-Nichols menentukan parameter K_p , T_i dan T_d pada metode pertama berbasis tanggapan undak *open loop* dirangkum pada tabel 1. Untuk kendali PID yang dirancang dalam paralel atau tiga aksi terpisah maka T_i dan T_d harus konversi untuk mendapatkan K_I dan K_D dengan rumus:

$$K_I = K_p/T_i \dots\dots\dots (4)$$

$$K_D = K_p/T_d \dots\dots\dots (5)$$

Ziegler dan Nichols menyarankan untuk menentukan nilai-nilai dari K_p , T_i dan T_d berdasarkan pada formula yang ditunjukkan dalam Tabel 4.4 (Ogata, K., 1997).

Type Kontroler	K_p	$T_i=K_p/K_i$	$T_d=K_d/K_p$
P	T/L	∞	0
PI	0.9(T/L)	L/0.3	0
PID	1.2(T/L)	2 x L	0.5 x L

Tabel 2.4 Rumus Metode Pertama Ziegler-Nichols

Grafik kurva dengan nilai K_p yang diberikan adalah 5, pada grafik ini Rise time (T_r) terjadi pada waktu 499 ms ketika jarak yang diterima sensor 7 cm, Peak time (T_p) terjadi pada waktu 2106 ms ketika jarak yang diterima sensor 13 cm dan Settling time (T_s) terjadi pada waktu 8405 ms ketika jarak yang diterima sensor 12cm.

Grafik sistem dengan $L = 514$ milisekon dan $T = 8405$ milisekon, maka berdasarkan tabel 2.4 parameter K_p , T_i dan T_d adalah

$$K_p = 1,2 \ ((T_s) 8,405 \text{ sekon}/(T_r) 0,514 \text{ sekon}) = 16,35$$

$$T_i = 2 \times 0,514 = 1,028$$

$$T_d = 0,5 \times 0,514 = 0,257$$

Berdasarkan rumus 4,

$$K_i = K_p / T_i \ 16,35 / 1,028 = 15,90,$$

Berdasarkan rumus 5,

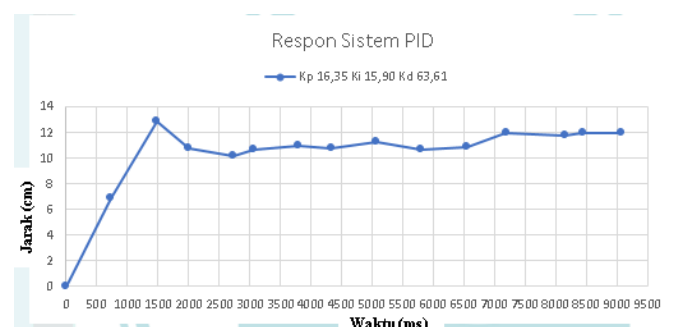
$$K_d = K_p / T_d \ 16,35 / 0,257 = 63,61.$$

Maka ditetapkan ketiga parameter PID ditunjukkan pada tabel 2.5

Parameter	Nilai
K_P	16,35
K_I	15,90
K_D	63,61

Tabel 2.5 Parameter PID

Dengan menggunakan tabel ketentuan metode Ziegler Nichols diatas didapatkan nilai $K_p = 16,35$ $K_i = 15,90$ dan $K_d = 63,61$. Berikut adalah grafik respon sistem ketika sensor menggunakan kontrol PID yang telah ditentukan.



Gambar 2.7 Grafik Respon Sistem PID

Pada Gambar 2.7 adalah grafik kurva reson sistem PID, dapat diketahui bahwa osilasi terjadi pada tahap pertama saja setelah itu sensor membaca sesuai dengan set poin yang telah diberikan dan dapat dianalisis parameter responnya. Peak time (T_p) terjadi pada waktu 1479 ms dengan nilai jarak 12,7 cm, Rise time (T_r) terjadi pada waktu 737 ms dan nilai jarak 6,9 cm dan Settling time (T_s) terjadi pada waktu 7184 ms dengan nilai jarak 12,10 cm

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan pengaplikasian mikrokontroler dan sensor ultrasonik pada proses penambahan air pada tanaman hidroponik bayam dengan menggunakan kontrol PID dimana sensor akan membaca ketinggian tangki ke permukaan sensor menggunakan sistem kontrol PID yang telah berhasil ditentukan dengan menggunakan metode penentuan kontrol PID menurut metode Ziegler Nichols. Dalam rangkaian eksperimen pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Berhasil merancang dan membangun mikrokontroler dan sensor ultrasonik yang bekerja pada proses penambahan air ke tangki tanaman hidroponik bayam agar tidak melebihi set point yaitu 12 cm
- 2) Didapatkan respon sistem untuk menentukan konstanta kontrol pada PID (K_p , K_i dan K_d) ketika variasi kontrol proportional bernilai 5 dengan nilai Rise time (T_r) terjadi pada waktu 499 ms ketika jarak yang diterima sensor 7 cm, Peak time (T_p) terjadi pada waktu 2106 ms ketika jarak yang diterima sensor 13 cm. Kemudian didapatkan nilai $K_p = 16,35$ $K_i = 15,90$ dan $K_d = 63,61$ sesuai dengan metode Ziegler Nichols.
- 3) Analisis parameter sinyal respon sistem ketika sensor HC-SR04 membaca ketinggian permukaan tangki kemudian pompa mengisi air ke dalam tangki dengan kontrol PID dengan nilai Peak time pada waktu 737 ms, Peak time (T_p) terjadi pada waktu 1479 ms dengan nilai jarak 12,7 cm, Rise time (T_r) terjadi pada waktu 737 ms dan nilai jarak 6,9 cm dan Settling time (T_s) terjadi pada waktu 7284 ms.

REFERENSI

[1] Triwiyatno, Aris. 2002. "Konsep Umum Sistem Kontrol." Skripsi. Bandung: Program Studi Fisika ITB.
 [2] Simbolon, Pahala Alpha Rinaldo. 2011. Aplikasi Sensor Ultrasonik Sebagai Pengendali Level Ketinggian Air Secara

Otomatis Dengan Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535. (Tugas Akhir). Universitas Sumatera Utara. Medan.
 [3] Willis, M. J., 1999. "Proportional-Integral-Derivative Control." Chairuzzaini dkk. Metode Ziegler-Nichols pada Sistem Kontrol Nichols pada Perancangan Kontroler PID, 1998.
 [4] Sakti, Elang. 2014. Cara Kerja Sensor Ultrasonic, Rangkaian dan Aplikasinya (Online) (www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html diakses pada tanggal 28 Desember 2022).
 [5] Putra, Agfianto Eko. 2002. "Teori dan Aplikasi Mikrokontroler." Skripsi, Bandung: Program Studi Fisika UNPAD.
 [6] "HC-SR04 Datasheet," 28 Desember 2022. [Online]. Available: <http://www.electroschematics.com/8902/hc-sr04-datasheet/>.
 [7] "Prinsip Kerja Motor DC," 24 Desember 2022. [Online]. Available: <http://www.artikel-teknologi.com/prinsip-kerja-motor-listrik/>.
 [8] Zuhail, 1988. Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya. Gramedia. Jakarta. Diakses pada tanggal 10 Desember 2022. [Online].
 [9] Suryani, R.D. 2013. Rangkaian Motor DC. Semarang: Universitas Diponegoro.
 [10] Datasheet Arduino. <https://www.arduino.cc/> (diakses pada 19 November 2022).
 [11] Cytron Technologies Sdn. Bhd. 2013. Product User's Manual V10 – HCSR04. Malaysia
 [12] Kontrol Relay dengan Arduino dan ESP8266 Web Server, <http://www.boarduino.web.id/2015/08/kontrol-relaydengan-arduino-dan.html>, Diakses pada tanggal 3 Januari 2023
 [13] Modul L298N (Motor Driver) Arduino, <http://riyansblog.blogspot.co.id/2016/02/menggunakan-modull298n-motor-driver.html>, Diakses pada tanggal 4 Januari 2023
 [14] Tutorial - L298N Dual Motor Controller Module 2A and Arduino, <https://tronixlabs.com.au/news/tutorial-l298n-dualmotor-controller-module-2a-and-arduino/>, Diakses pada tanggal 2 Januari 2023
 [15] Alfatah, Muhammad Rasyid. 2016. Prototype Sistem Buka Tutup Otomatis pada Pintu Air Bendungan untuk Mengatur Ketinggian Air Berbasis Ariduinu. Universitas Muhammadiyah Surakarta.