

Prototipe Sistem *Gate* Otomatis pada Bendungan PLTA

Sukma Abadi^{1*}, Yiyin Klistafani², Sitti Nurlatifa³, dan Jeri Christanto⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
* sukma.abadi@poliupg.ac.id

Abstract: *This study aims to make a prototype mechanism for opening and closing the gate on a hydropower dam using the Arduino Uno microcontroller. The research was conducted by making two gates (gate-1 and gate-2) which will open or close based on the water level of the dam. Gate-1 and gate-2 will close if the water level of the dam does not exceed the limit for immediate reduction. The test was carried out with variations in the conditions of water entering the dam, namely calm water conditions, heavy water conditions, and low water conditions. From the tests carried out, it was found that gate-1 always opens when the water level reaches 8 cm or more, while gate-2 opens when the water level starts to reach 11 cm. The length of time gate-1 and gate-2 open according to the water level of the dam.*

Keywords: *dam, gate, opening and closing system, Arduino, prototype*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk membuat prototipe mekanisme buka-tutup pintu air (*gate*) pada bendungan PLTA dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Penelitian dilakukan dengan membuat dua *gate* (*gate-1* dan *gate-2*) yang akan membuka atau menutup berdasarkan ketinggian air bendungan. *Gate-1* dan *gate-2* akan menutup jika ketinggian air bendungan tidak melampaui batas untuk segera dikurangi. Pengujian dilakukan dengan variasi kondisi air yang masuk ke bendungan, yaitu kondisi air tenang, kondisi air deras, dan kondisi air kurang. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh data bahwa *gate-1* selalu membuka saat ketinggian air mencapai 8 cm atau lebih, sedangkan *gate-2* membuka saat ketinggian air mulai mencapai 11 cm. Lamanya *gate-1* dan *gate-2* membuka sesuai dengan ketinggian air bendungan.

Kata kunci : *bendungan, pintu air, sistem buka-tutup, Arduino, prototipe*

I. PENDAHULUAN

Bendungan adalah bagian yang terintegrasi dalam Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). PLTA memanfaatkan energi mekanis aliran air untuk memutar turbin sehingga menghasilkan energi listrik melalui generator (Kartini dan Permana, 2016)^[1].

Bendungan dilengkapi dengan pintu air (*gate*) yang dapat dioperasikan (buka dan tutup) secara bertahap ataupun secara terus-menerus sesuai kebutuhan (Setiawan dkk, 2018)^[2]. Menurut Setiawan, pintu air adalah pintu/bangunan yang berfungsi untuk mengatur debit volume atau ketinggian air dan dapat dipasang pada waduk atau bendungan air atau diujung saluran yang berhubungan dengan badan air. Pintu Air digunakan untuk mengatur, membuka, dan menutup aliran air di saluran, baik yang terbuka maupun tertutup (Hartanto, 2012)^[3].

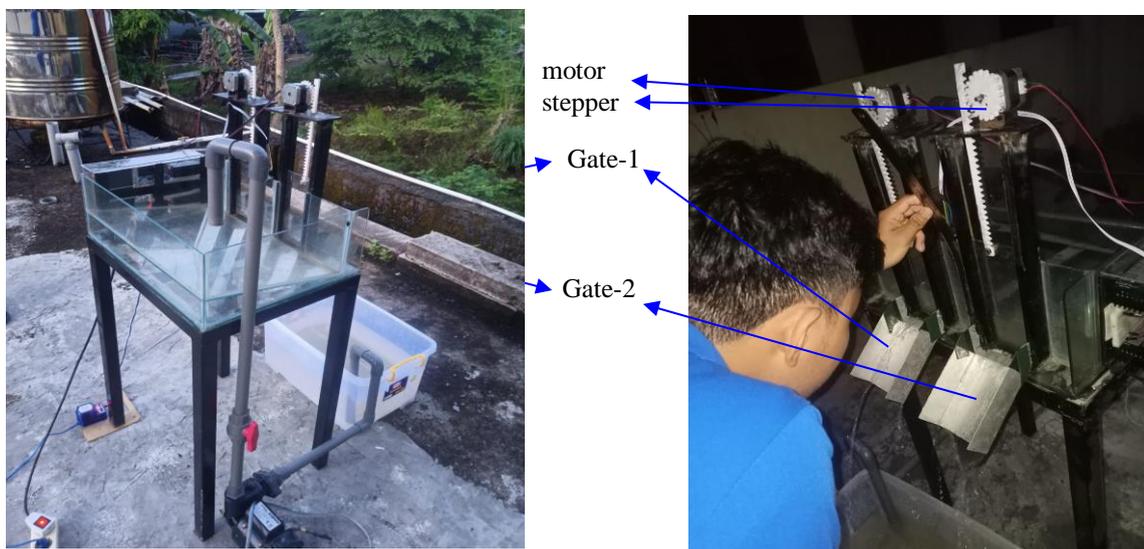
Sistem pengaturan air di bendungan PLTA saat ini pada umumnya masih menggunakan sistem buka-tutup pintu air secara manual. Monitoring mekanisme buka-tutup pintu air (*gate*) bendungan hanya mengandalkan operator/penjaga (Apriyanto, 2015)^[4]. Hal ini menyebabkan pengaturan buka-tutup *gate* tidak optimal. Kadangkala terjadi kelalaian dari operator *gate* berupa keterlambatan dalam menutup *gate*, sehingga air bendungan mengering.

Pengaturan sistem buka-tutup *gate* bendungan secara otomatis memudahkan dalam monitoringnya. Sistem tersebut dapat menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengontrolnya. *Arduino Uno* dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Eksternal (*non-USB*) daya dapat berupa baik AC-DC adaptor atau baterai (Mappa, dkk., 2019)^[5].

Mekanisme buka-tutup gate bendungan dibuat dengan menggunakan mesin penggerak gate. Untuk sistem gate berbentuk prototipe, mesin penggerak dapat dibuat dengan menggunakan motor stepper beserta driver-nya. Driver motor stepper merupakan komponen yang berfungsi untuk mengkomunikasikan controller dengan aktuator serta memperkuat sinyal keluaran dari kontroler sehingga dapat dibaca oleh aktuator (Jufrizalddy dkk, 2020) ^[6].

II. METODE PENELITIAN

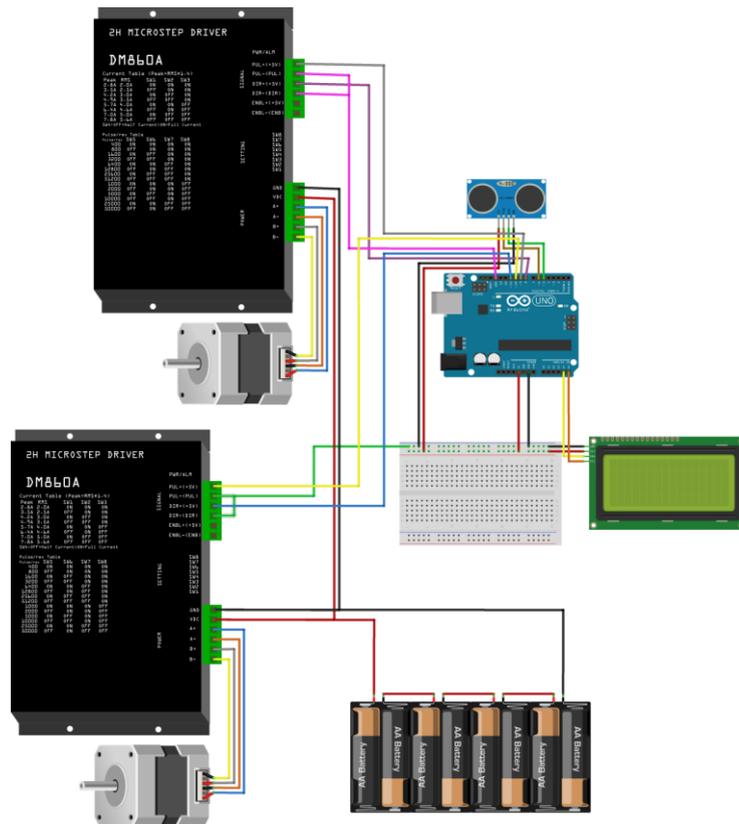
Penelitian ini diawali dengan membuat prototipe bendungan dari bahan kaca dengan ketebalan 5 cm, panjang bendungan 50 cm, lebar 35 cm, dan ketinggian 17 cm. Terdapat 2 pintu air (*gate*) pada prototipe bendungan yang terbuat dari bahan akrilik dengan ukuran masing-masing 10×12 cm dan tiang penyangga pada kedua sisi pintu tersebut terbuat dari besi hollow ukuran 4×2 cm dengan ketinggian 35 cm.



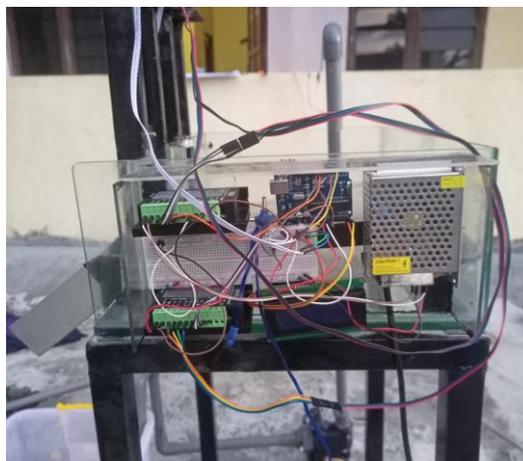
Gambar 1. Prototipe pintu air bendungan PLTA

Tahapan selanjutnya adalah membuat sistem masukan air pada prototipe bendungan serta sistem buka-tutup gate secara otomatis (sistem kontrol). Sistem air masukan pada prototipe bendungan ini dilengkapi dengan pompa air listrik AC (arus bolak-balik) untuk memompa air dari bak penampungan ke bendungan.

Sistem buka-tutup *gate* otomatis pada prototipe bendungan ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai alat kontrol dan motor stepper sebagai aktuator untuk mengangkat pintu bendungan. Sistem buka-tutup *gate* otomatis juga dilengkapi dengan sensor ultrasonic untuk mendeteksi level ketinggian air serta LCD 20×4 untuk menampilkan hasil pembacaan sensor.



Gambar 2. Diagram skematik rangkaian Sistem kontrol *gate*



Gambar 3. Sistem kontrol dari *gate* otomatis

Tahap awal dari pembuatan sistem kontrol adalah penyusunan algoritma. Algoritma adalah urutan logis pengambilan keputusan untuk pemecahan masalah. Fungsi algoritma adalah untuk menentukan rumusan kondisi masalah yang akan ditentukan solusinya (Budiman, 2015)^[7].

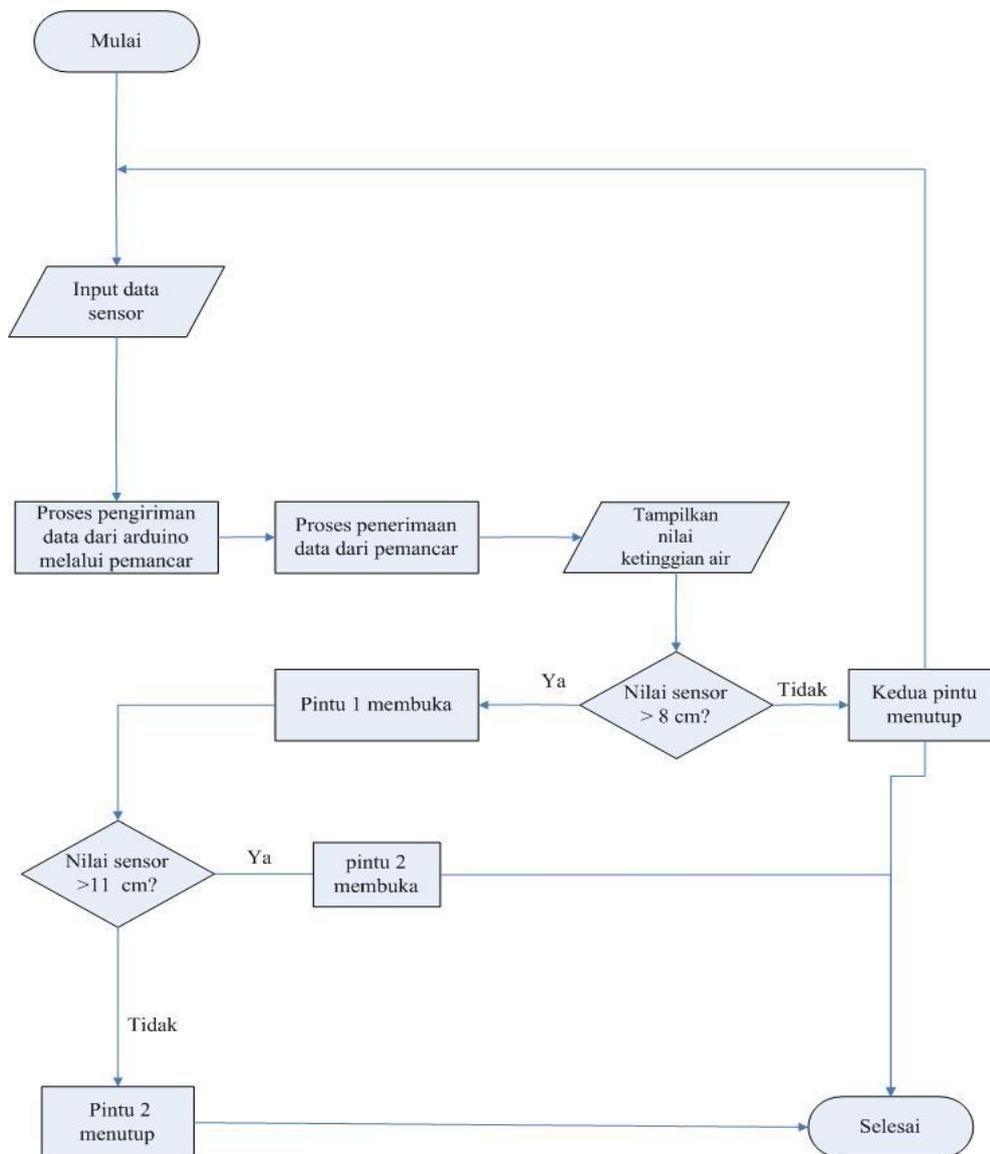
Sistem kontrol dirancang agar mekanisme buka-tutup *gate* dapat dikendalikan secara otomatis melalui dua *gate*, yaitu *gate-1* dan *gate-2*. Arduino Uno digunakan sebagai alat kontrol utama untuk

mengatur ketinggian air dengan cara menggerakkan *gate*, membuka atau menutup. Prinsip buka-tutup *gate-1* dan *gate-2* didasarkan pada algoritma berikut:

- *gate-1* akan membuka jika ketinggian air ≥ 8 cm
- *gate-2* akan membuka jika ketinggian air ≥ 11 cm

Algoritma tersebut dirancang untuk bekerja dengan skenario kondisi sebagai berikut:

- saat air dalam bendungan meluap (ketinggian air mencapai **11 cm atau lebih**), maka ***gate-1* dan *gate-2* akan membuka**. Dengan membukanya kedua *gate*, diharapkan ketinggian air berkurang dengan cepat
- saat air dalam bendungan sudah berkurang dan ketinggiannya sudah **kurang dari 11 cm**, maka hanya ***gate-1* yang membuka** (*gate-2* sudah menutup), sehingga air masih tetap akan berkurang
- saat air dalam bendungan berkurang terus, sehingga ketinggian air **kurang dari 8 cm**, maka ***gate-1* pun ikut menutup**



Gambar 4. Flowchart mekanisme pengoperasian alat

Proses pengujian dilakukan dengan mengkondisikan ketinggian air dalam prototipe bendungan sedemikian rupa, sehingga menyerupai kondisi bendungan di PLTA. Hal ini dilakukan dengan 3 (tiga) macam variasi kondisi masukan air ke bendungan, yaitu:

- a. air masuk ke bendungan yang relatif tidak menimbulkan riak yang besar pada permukaan bendungan (air tenang)
- b. air masuk ke bendungan yang menimbulkan riak cukup besar pada permukaan bendungan (air deras)
- c. air masuk ke bendungan dengan volume sedikit (air kurang)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian diperoleh dengan melakukan pengukuran besaran-besaran yang diperlukan dalam penelitian ini, mencakup:

- ketinggian air prototipe bendungan
- kondisi gate-1
- kondisi gate-2
- tinggi bukaan gate

Pengujian dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

- a. Pengujian pada kondisi air tenang
- b. Pengujian pada kondisi air deras
- c. Pengujian pada kondisi air kurang

Tabel 1. Pengujian pada kondisi air tenang

No	Ketinggian air (cm)	Kondisi Gate-1	Kondisi Gate-2	Tinggi bukaan Gate (cm)
1.	5	tutup	tutup	-
2.	6	tutup	tutup	-
3.	7	tutup	tutup	-
4.	8	buka	tutup	3,8
5.	9	buka	tutup	3,8
6.	10	buka	tutup	3,8
7.	11	buka	buka	3,8
8.	12	buka	buka	3,8

Pada kondisi normal, ketinggian air yang masuk ke bendungan naik secara teratur. Dari tabel 1 di atas, kondisi bukaan pintu air (*gate*) sesuai dengan ketinggian air. Hal ini sesuai dengan yang telah di-*setting* pada pemrograman yang dibuat melalui mikrokontroler. Saat ketinggian air mencapai 5 cm sampai dengan 7 cm, kondisi *gate-1* dan *gate-2* menutup. Saat ketinggian air mencapai 8 cm, *gate-1* membuka, sedangkan *gate-2* tetap tertutup. Saat ketinggian air mencapai 11 cm dan 12 cm, *gate-2* ikut membuka.

Tabel 2. Pengujian pada kondisi air deras

No	Ketinggian air (cm)	Kondisi Gate-1	Kondisi Gate-2	Tinggi bukaan Gate (cm)
1.	5	tutup	tutup	-
2.	6	tutup	tutup	-
3.	7	tutup	tutup	-
4.	8	buka	tutup	3,8
5.	9	buka	tutup	3,8
6.	10	buka	tutup	3,8
7.	11	buka	buka	3,8
8.	12	buka	buka	3,8

Pada kondisi air masuk ke bendungan deras, ketinggian air yang masuk ke bendungan naik secara teratur. Dari tabel 2 di atas, kondisi bukaan pintu air (*gate*) juga sesuai dengan ketinggian air. Hal ini sesuai dengan yang telah di-*setting* pada pemrograman yang dibuat melalui mikrokontroler. Saat ketinggian air mencapai 5 cm sampai dengan 7 cm, kondisi *gate-1* dan *gate-2* menutup. Saat ketinggian air mencapai 8 cm, *gate-1* membuka, sedangkan *gate-2* tetap tertutup. Saat ketinggian air mencapai 11 cm dan 12 cm, *gate-2* ikut membuka.

Tabel 3. Pengujian pada kondisi air kurang

No	Ketinggian air (cm)	Kondisi Gate-1	Kondisi Gate-2	Tinggi bukaan Gate (cm)
1.	5	tutup	tutup	-
2.	6	tutup	tutup	-
3.	7	tutup	tutup	-
4.	8	buka	tutup	3,8
5.	9	buka	tutup	3,8
6.	10	buka	tutup	3,8
7.	-	tutup	tutup	-
8.	-	tutup	tutup	-

Pada tabel 3 di atas terlihat bahwa pada percobaan nomor 1 sampai dengan nomor 3, pada ketinggian air 5-7 cm, *gate-1* dan *gate-2* menutup. Pada percobaan nomor 4 sampai dengan nomor 6 *gate-1* membuka pada ketinggian air 5-10 cm. Pada percobaan nomor 7 dan nomor 8 seharusnya *gate-2* membuka (ketinggian >11 cm) sesuai dengan ketinggian yang diatur pada pemrograman Arduino Uno. Akan tetapi, karena kondisi air yang sedikit, air yang masuk ke dalam bendungan cenderung lambat dan dengan adanya *losses* pada pintu, menyebabkan *gate-2* tidak sampai membuka. Meskipun begitu pada percobaan nomor 1 sampai dengan nomor 6 terjadi kondisi ideal dan sesuai dengan yang diharapkan.

Sajian data pada tabel 1, tabel 2, dan tabel 3 di atas menunjukkan bahwa hasil pengujian algoritma yang dituangkan dalam Bahasa pemrograman pada sistem kontrol yang dibuat sudah sesuai dengan kondisi yang diinginkan terjadi pada sistem *gate* otomatis bendungan. Kesesuaian antara algoritma dan data hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa alat *gate* otomatis sudah berfungsi dengan baik. Hal ini sejalan dengan fungsi testing program berdasarkan standar ANSI/IEEE 1059 yang dikemukakan oleh Romeo (2003) dalam bukunya yang berjudul *Testing dan Implementasi Sistem*^[8].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan pada data-data hasil pengujian, maka dapat dibuat kesimpulan hasil penelitian sebagai berikut:

- a. Sistem buka-tutup otomatis pintu air (gate) bendungan PLTA dapat dibuat dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Melalui pemrograman yang dibuat, gate membuka dan menutup dengan baik sesuai nilai ketinggian air bendungan yang dideteksi oleh sensor ultrasonik.
- b. Sistem monitoring ketinggian air bendungan pada 3 kondisi yang berbeda (pada kondisi air normal, kondisi air deras, dan kondisi air kurang) berfungsi dengan baik. Gate-1 selalu membuka saat ketinggian mencapai 8 cm atau lebih, sedangkan gate-2 membuka pada ketinggian air 11 cm atau lebih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kartini, T. dan Sulwan Permana, “Analisis Operasional Waduk Ir.H.Djuanda”, Jurnal Konstruksi, VI(1), 2016, pp.15.
- [2] Setiawan, D., Ishak, dan Iskandar Zulkarnaen, “Prototipe Alat Pemantauan Ketinggian Air Pada Bendungan Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino”, Jurnal SAINTIKOM (Sains Manajemen Informatika dan Komputer), IV(2), 2018, pp.170.
- [3] Hartanto, Safrudin Budi Utomo Dwi, “Prototipe Pintu Bendungan Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega 16”, Yogyakarta: Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, 2012.
- [4] Apriyanto, “Rancang Bangun Pintu Air Otomatis Menggunakan Water Level Float Switch Berbasis Mikrokontroler”, Jurnal SISFOKOM VII(1), LPPM ISB Atma Luhur, 2015, pp. 22..
- [5] Mappa, A., & Jamlean, A., “Rancang Bangun Sistem Kendali Dan Monitoring Level, Debit Air Dan Proteksi Pompa Listrik”, Electro Luceat, 5(1), 2019, pp.5-15.
- [6] Jufrizaldy, M., Ilyas, I., & Marzuki, M., “Rancang Bangun Mesin CNC Milling Menggunakan System Kontrol Grbl Untuk Pembuatan Layout Pcb”, Jurnal Mesin Sains Terapan, 4(1), 2020, pp.37-44.
- [7] Budiman, Edy, “Belajar Dasar Algoritma dan Pemrograman”, Samarinda: Penerbit Pemula, 2015.
- [8] Romeo, “Testing dan Implementasi Sistem”, Surabaya: STIKOM, 2003, pp:3-4.