BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai merupakan penampang alami memanjang yang membentuk jaringan– jaringan guna menampung dan mengaliri air hujan yang jatuh ke permukaan bumi (Marsudi, S., 2021). Air pada sungai mengalir dari bagian hulu menuju ke hilir dengan kecepatan aliran dan kemiringan dasar sungai tertentu, sehingga air air dapat mengalir. Hulu suatu sungai biasanya bersumber dari mata air yang terdapat di lereng-lereng gunung. Aliran sungai selalu berawal dari hulu, dimana pada bagian ini arus air cukup deras karena berada pada dataran tinggi atau pegunungan (Hadmoko, D. S. 2024). Sedangkan hilir merupakan tempat berakhirnya sungai atau ujung sungai yang bertemu dengan danau,samudra, laut, rawa, dan sungai lain yang kemudian disebut dengan muara sungai. Tidak hanya mengalir air, sungai juga membawa material–material alam atau sedimen seperti batu, pasir, dan tanah. Sedimen tersebut bermula dari pecahan material dari gerusan lereng dan erupsi gunung berapi berupa batuan atau tanah yang kemudian tererosi pada dasar sungai dan larut atau terbawa hingga hilir sungai (Syukur, A. 2021).

Bencana banjir sering terjadi di Indonesia, hal tersebut berdampak langsung dengan daerah-daerah yang dekat dengan aliran sungai. Ketika musim penghujan banyak kawasan perumahan, perkebunan ataupun persawahan yang mengalami kebanjiran, maka dari itu perlu dibuat sistem pengolahan air untuk

mengurangi dampak dari banjir tersebut. Salah satu cara pengendalian debit air adalah dengan membuat suatu bendungan atau waduk.

Masyarakat sudah mewaspadai naiknya volume air sungai dengan membuat pintu air di selokan yang terhubung langsung ke aliran sungai, pintu air tersebut sudah sangat membantu karena terbukti bisa mencegah masuknya luapan air sungai serta sampah yang dibawa ke pemukiman sekitar (Dwiyanto, R. 2019). Kerja pintu air ini cukup warga sekitar hanya memutar tuas sehingga pintu akan menutup, namun permasalahan baru muncul bagaimana jika hujan deras turun di malam hari disaat sebagian besar warga sudah tertidur dan siapakah yang harus menutup pintu airnya? Juga tidak semua kenaikan volume air juga terjadi akibat hujan deras, pasang surut akibat bulan dan bumi pun sering menjadi faktor kenaikan volume air.

Pintu air atau bendungan merupakan salah satu komponen penting dalam sistem pengendalian banjir dan pengaturan aliran air di suatu wilayah. Pengoperasian pintu bendungan secara manual dapat menimbulkan resiko kesalahan dan keterlambaan dalam respons terhadap perubahan kondisi aliran air, yang dapat berpotensi menyebabkan bencana banjir (Jalil, S. M. 2025). Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu alat pengendali yang dapat mengukur ketinggian air sekaligus dapat membuka dan menutup pintu air secara otomatis. Dengan sistem yang otomatis ini, faktor kelalaian yang sering terjadi pada manusia pun dapat dihindari, seringnya penjaga pintu kanal banjir lalai dalam mengendalikan pintu kanal banjir yang menyebabkan volume air yang tidak stabil, akibatnya sering terjadi kerusakan pada lingkungan.

Oleh karena itu, pengembangan sistem pintu bendungan otomatis menjadi solusi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam pengolahan bendungan. Dalam konteks ini, penggunaan teknologi arduinoo sebagai basis untuk sistem otomatisasi pintu bendungan menawarkan berbagai keunggulan. Arduino adalah platform open-source yang mudah diprogram dan memiliki beragam sensor dan aktuator yang dapat diintegrasikan untuk mengontrol pintu bendungan otomatis menjadi lebih terjangkau, fleksibel, dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik suatu bendungan (Dewi, A. F. 2025).

Penelitian ini dapat melibatkan pengembangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) yang terintegrasi untuk menciptakan sistem kontrol yang efisien dan handal. Sistem ini diharapkan dapat memonitor dan mengatur aliran air pada bendungan secara otomatis berdasarkan parameter-parameter tertentu, seperti tinggi air, arus aliran air, dan lain sebagainya.

Penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam bidang pengembangan sistem kontrol otomatis pada infrastruktur bendungan, serta menjadi landasan untuk pengembangan teknoloi yang lebih canggih di masa depan.

Berdasarkan latar belakang yang duiraikan di atas, sistem kontrol arus dan ketinggian air sangat diperlukan masyarakat untuk pengoperasian pintu air di sungai, maka penulis mendapatkan ide untuk membuat sebuah sistem dengan judul "**Prototype Pintu Air Otomatis Pada Bendungan Berbasis Arduino"**

B. Rumusan Masalah

Dengan mengacu pada latar belakang diatas maka dibuat rumusan masalah yakni, bagaimana merancang prototipe pintu air pada bendungan berbasis Arduino.

C. Tujuan Masalah

Adapun tujuan masalah dalam perancangan sistem ini adalah:

1. Dengan mengetahui perancangan dan mengimplementasikan prototipe pintu air otomatis, diharapkan dapat menigkatkan efisiensi pengolahan bendungan dengan pengaturan aliran air yang lebih tepat dan responsif.
2. Untuk mengevaluasi bagaimana penggunaan sensor-sensor pada prototipe pintu air otomatis pada bendungan berbasis Arduino dapat meningkatkan akurasi penggukuran tinggi air, arus aliran air, atau parameter lain yang berhubungan dengan pengaturan aliran air.

D. Batasan Masalah

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis membatasi masalah agar lebih terarah. Adapun batasan masalah dalam sistem ini adalah :

1. Penelitian akan membatasi skala bendungan yag akan diuji coba dengan prototipe pintu air otomatis, seperti bendungan berukuran kecil.
2. Penelitian akan menfokuskan pada fungsi utama, seperti pengaturan tinggi permukaan air dan pengendalian aliran air.

E. Manfaat Penelitian

Dengan adanya pintu air otomatis yang dikendalikan oleh sistem berbasis Arduino, pengelolaan sumber daya air pada bendungan dapat menjadi lebih efisien. Sistem otomatis dapat membantu dalam pengaturan aliran air sesuai kebutuhan tanpa perlu campur tangan manusia secara langsung. Penelitian ini juga dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pada sektor pengairan. Penggunaan Arduio sebagai basis kontrol dalam prototipe pintu air otomatis dapat menjadi contoh penerapan teknologi yang inovatif dalam pengelolaan sumber daya air.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

Untuk membuat rancangan sistem pintu air otomatis pada bendungan berbasis Arduino, sebelumnya dapat dijelaskan tinjauan pustaka dan sistem yang terkait didalamnya yang dapat diperjelas sebagai berikut:

1. Prototype

Menurut Raymond Mcloed dalam bukunnya (Sidik, 2013), Prototype didefinisikan sebagai alat yang memberikan ide bagi pembuat maupun pemakai potensial tentang cara sistem berfungsi dalam bentuk lengkap, dan proses untuk menghasilkan sebuah prototype disebut prototyping. Prototype merupakan gambaran dari sistem dalam bentuk menyerupai wujud sebenarnya dan dapat diubah sesuai keinginan sebelum direalisasikan, dengan begitu biaya yang dikeluarkannya pun sangat rendah (Suhayati, M. 2025). Menurut Aritya (2013), manfaat dilakukannya prototyping adalah sebagai berikut :

a. Terjadi komunikasi antara user dengan pengembang sistem, sehingga analisis sistem dapat bekerja lebih baik dalam menentukan kebutuhan user.
b. Peningkatan peran user pada pengembangan sistem.
c. Sistem dapat dikembangkan lebih cepat.

d. Tahap implementasi menjadi lebih mudah, karena *user* sudah mengenali apa yang dapat dihasilkan oleh sistem yang dikembangkan.

2. Bendungan

Bendungan adalah bangunan yang berupa urugan tanah, urugan batu, beton, dan atau pasangan batu yang dibangun untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang, atau menampung lumpur sehingga berbentuk waduk (Riandini, K. 2019). Bendungan atau waduk merupakan wadah buatan yang terbentuk sebagai akibat dibangunnya bendumgan. Sebuah bendungan berfungsi sebagai penangkap air dan menyimpannya di musim hujan waktu air sungai mengalir dalam jumlah besar dan yang melebihi kebutuhan baik untuk keperluan, irigasi, air mium, industri atau yang lainnya. Dengan memiliki daya tampung tersebut sejumlah besar air sungai yang melebihi kebutuhan dapat disimpan dalam waduk dan baru dilepas mengalir ke dalam sungai lagi di hilirnya sesuai dengan kebutuhan pada saat diperlukan.



Gambar 2. 1 Bendungan Saluran Irigasi

Secara umum fungsi utama bendungan adalah menyediakan simpanan air atau tampungan, sehingga ciri fisik yang paling penting adalah kapasitas simpanan atau tampungan (Linsley, 1995). Bendungan dapat dimanfaatkan antara lain sebagai berikut:

a. Irigasi.

   Pada saat musim penghujan, hujan yang turun di daerah tangkapan air sebagian besar akan mengalir ke sungai. Kelebihan air yang terjadi dapat di tampung bendungan sebagai persediaan sehingga pada saat musim kemarau tiba air tersebut dapat digunakan untuk berbagai keperluan antara lain irigasi.

b. Pembangkit Listrik Tenaga Air

   Dalam menjalankan fungsinya sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), bendungan dikelola untuk mendapatkan kapasitas listrik yang dibutuhkan. PLTA adalah suatu sistem pembangkit listrik yang biasanya terintegrasi dalam bendugan dengan memanfaatkan energi mekanis aliran air untuk memutar turbin yang kemudian akan diubah menjadi tenaga listrik oleh generator.

c. Pengendali Banjir

   Dalam menjalankan fungsinya sebagai pengendali banjir, bendungan berfungsi sebagai pengendali daya rusak air akibat banjir. Pada saat musim penghujan, hujan yang turun dengan intensitas tinggi di daerah tangkapan air sebagian besar akan mengalir ke sungai. Volume air yang besar dari

sungai di hulu ditampung bendungan sehingga di hilir bisa diminimalisasikan terjadinya banjir.

d. Penyedia Air Baku.

Air baku adalah air bersih yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air minum dan air rumah tangga. Bendunagn selain sebagai sumber pengairan persawahan juga dimanfaatkan sebagai sumber penyediaan air baku untuk bahan baku air minum dan air rumah tangga. Air yang dipakai harus memenuhi persyaratan sesuai kegunaannya.

e. Pariwisata.

Dengan pemandangan yang indah, bendungan juga dapat dimanfaatkan sebagai tempat rekreasi.

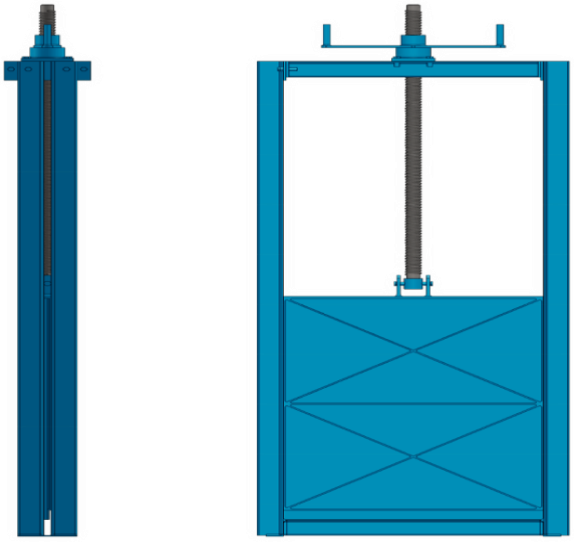
3. Pintu Air

Pintu air adalah kontruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi waduk, danau, atau tempat rekreasi. Pintu air seringkali uga dijadikan untuk mengalirkan air kesebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air (Suswati, A. C. S. P. 2023).

Selain waduk dan danau, pintu air juga seringkali dijumpai di sungai atau kali, fungsinya lebih mengarah terhadap lingkungan masyarakat, dari mencegah luapan air sungai sehingga menghalangi sampah/limbah masuk ke pemukiman.

Sudah dapat di pastikan bahwa Pintu Air memiliki banyak sekali manfaat untuk kehidupan manusia ya sobat logam. Maka dari itu pengadaan Pintu Air merupakan hal yang wajib di lakukan demi menunjang kelancaran dalam dunia pertanian, perkebunan, dan perikanan. Selain menjaga dan merawat Pintu Air, kita

semua juga sangat tidak di perbolehkan untuk membuang sampah di sungai karena dapat menghambat Pintu Air.



Gambar 2. 2 Pintu Air

4. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input-output. Mikrokontroler adalah salah satu bagian dasar dari suatu sistem komputer. Meskipun mempunyai bentuk yang jauh lebih kecil dari suatu komputer pribadi dan komputer mainframe, mikrokontroler dibangun dari elemen-elemen dasar yang sama. Secara sederhana, komputer akan menghasilkan output spesifik berdasarkan inputan yang diterima dan program yang dikerjakan.(Rumagit, A. M. 2014).

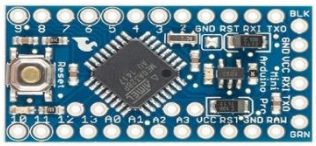
Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis

dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data.

- **Arduino Pro Mini**

Arduino Pro Mini merupakan salah satu papan mikrokontroler buatan Arduino yang diranccang dengan ukuran kecil dan komsumsi daya rendah. Papan ini menggunakan mikrokontroler Atmega328P, yang juga digunakan pada Arduino Uno, sehingga memiliki kemampuan pemrosesan yang setara namun, perbedaan utamanya terletak pada desain fisiknya yang sangat ringkas dan tidak dilengkapi dengan port USB bawaan, sehingga pengguna perlu menggunakan modul USB to Serial(seperti FTDI atau CH340) untuk mengunggah program dari komputer ke papan Arduino Pro Mini.(Utama, Y. A. K. 2016).

Arduino Pro Mini tersedia dalam dua varian tegangan, yaitu 3.3V dengan kecepatan 8 MHz dan 5V dengan kecepatan 16MHz. Pemilihan varian ini disesuaikan dengan kebutuhan sistem, khususnya jika sistem bekerja dengan sensor atau modul lain yang hanya mendukung tegangan tertentu.



Gambar 2. 3 Arduino Pro Mini

Dalam penelitian ini, Arduino Pro Mini digunakan sebagai pusat pengendali sistem prototipe pintu air otomatis. Mikrokontroler ini akan menerima input dari sensor jarak dan sensor kecepatan, memproses data berdasarkan logika program, dan mengontrol aktuator seperti motorr DC untuk membuka atau menutup pintu air.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Pro Mini

Mikrokontroller	**ATMega 328**
Tegangan Operasional	3.3V-5V
Tegangan *Input* (Rekomendasi)	3.3V – 12V (melalui pin RAW) 3.3V/5V (melalui pin VCC)
Pin I/O Digital	14(6 di antaranya PWM)
Memory flash	32 KB (0.5 KB digunakan bootloader)
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Kecepatan ClocK	8MHz
Dimensi Fisik	Sekitar 18mm x 33mm
Konsumsi Daya	Rendah (efisien untuk sistem berbaterai)

Adapun penjelasan terkait isi tabel diatas yakni sebagai berikut:

- Tegangan operasional: 3.3V sampai 5V, tegangan yang digunakan oleh mikrokontroler Atmega328 untuk menjalankan operasinya yang disuplei oleh regulator tegangan dipapan arduino yang menurunkan tegangan input menjadi 5V yang stabil.
- Tegangan input: 3.3V sampai 12V, adalah rentang tegangan yang disarankan untuk disuplai ke VIN atau jack daya pada Arduino Pro Mini..
- Pin I/O digital: 14 pin, pin ini digunakan untuk inpuit atau output digital. Dari 14 pin ini, 6 pin (3,5,6,9,10,11) dapat digunakan untuk PWM, yang

memungkinkan simulasi sinyal analog dengan menggunakan output digital yang cepat.

- Pin analog: 6 pin, pin ini digunakan untuk membaca sinyal analog.
- Memeori flash: 32KB, memori non volatile yang digunakan untuk menyimpan kode program. Dari total 32KB, 0,5KB digunakan oleh bootloader, yang memungkinkan untuk mengunggah program baru ke papan arduino.
- SRAM: 2 KB, static RAM digunakan untuk menyimpan variabel sementara saat program berjalan. Memori ini yang digunakan untuk operasi run-time.
- EEPROM: 1 KB, *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* digunakan untuk menyimpan data yang perlu dipertahankan bahkan setelah daya dimatikan seperti, pengaturan konfigurasi.
- Kecepatan clock: 8MHz, kecepatan dimana mikrotontroler berjalan. Kecepatan clock menentukan seberapa cepat mikrokontroler dapat mengeksekusi intruksi.

5. Motor DC 12 volt

Motor DC, atau motor arus searah, adalah mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik melalui penciptaan medan magnet yang ditenagai oleh arus searah (AGUNG, S. S. 2022). Saat motor DC diberi energi, ia menghasilkan medan magnet di statornya. Medan magnet ini berinteraksi dengan magnet pada rotor, yang menyebabkannya berputar. Untuk memastikan rotasi rotor yang berkelanjutan, komutator, yang terhubung ke sikat yang terhubung ke

sumber daya, memasok arus ke lilitan kawat motor. Motor DC memiliki dua terminal atau kabel, yaitu power dan ground. Motor ini memerlukan tegangan DC agar dapat bergerak. Biasanya digunakan pada perangkat elektronik yang menggunakan sumber listrik DC seperti kipas pendingin komputer dan mobil remote control. Motor DC menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasa dikenal dengan istilah RPM (revolutions per minute) dan dapat berputar searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam sehingga tergantung polaritas listrik yang diberikan.

Ada dua bagian utama pada motor DC, yaitu stator dan rotor.

a. Stator merupakan bagian yang tidak berputar yang berfungsi sebagai rumah (body) motor yang di dalamnya terdiri atas kumparan penguat medan magnet dan terminal motor.
b. Rotor merupakan bagian yang berputar dan menghasilkan putaran mekanik.

Dua bagian utama ini dapat dibagi lagi menjadi beberapa komponen penting, antara lain:

1. Kerangka Magnet (Yoke/Housing). Kerangka magnet dibuat dari besi atau baja yang bentuknya merupakan bagian integrasi dari stator motor. Fungsi utamanya yaitu melindungi dan menutupi bagian dalam stator serta menyangga jangkar. Selain itu, kerangka juga berfungsi untuk melindungi sistem kutub medan magnet dan penguat medan magnet.
2. Kutub Motor (Poles). Kutub motor dibuat menempel pada dinding kerangka. Konstruksi dasar kutub ini terdiri dari dua bagian, yaitu inti kutub dan sepatu kutub. Keduanya di tumpuk bersama menggunakan

tekanan hidrolik kemudian ditempelkan pada kerangka. Pada sepatu kutub tersedia slot untuk meletakkan kumparan penguat medan magnet.

3. Kumparan Medan Magnet (Field Winding). Kumparan medan magnet merupakan kumparan penguat medan magnet yang dibuat dari kawat email tembaga yang digulung pada slot sepatu kutub. Kumparan ini bekerja dengan prinsip elektromagnetik, yang mana menghasilkan fluks magnet saat dialiri arus listrik.
4. Kumparan Jangkar (Armature Winding). Kumparan jangkar motor DC diletakkan pada rotor. Kumparan jangkar dibuat dengan laminasi baja silikon yang rendah histeresis untuk mengurangi kehilangan magnetik seperti histeresis dan arus Eddy. Lembaran laminasi baja ini ditumpuk membentuk struktur silinder dari inti jangkar.
5. Komutator (Commutator). Komutator dibuat dari kumpulan tumpukan segmen tembaga, dimana diantara segmen tersebut disolasi mika. Fungsi utamanya adalah media penghantar yang bergerak dari sikat arang menuju kumparan jangkar.
6. Sikat Arang (Brushes). Sikat arang dibuat dari karbon atau grafit yang dapat membuat kontak berputar pada komutator. Sikat arang digunakan sebagai penghantar dari terminal suplai menuju komutator, kemudian ke kumparan jangkar.

Pada prinsipnya, motor DC menggunakan fenomena elektromagnet untuk bergerak. Ketika arus listrik diberikan ke kumparan, permukaan kumparan yang bersifat utara akan bergerak menghadap ke magnet yang berkutub selatan dan

kumparan yang bersifat selatan akan bergerak menghadap ke magnet berkutub utara. Ketika kutub utara kumparan bertemu dengan kutub selatan magnet atau pun kutub selatan kumparan bertemu dengan kutub utara magnet, maka akan terjadi saling tarik menarik yang menyebabkan pergerakan kumparan berhenti. tepat pada saat kutub kumparan berhadapan dengan kutub magnet, arah arus pada kumparan dibalik. Jadi, kutub utara kumparan akan berubah menjadi kutub selatan dan kutub selatan akan berubah menjadi kutub utara.

Penggunaan atau kontrol kecepatan motor DC pada microcontroller umumnya menggunakan modulasi lebar pulsa atau *pulse width modulation* (PWM). Jadi, kita dapat dengan cepat menghidupkan atau mematikan daya. Persentase waktu yang dihabiskan untuk putaran atau siklus (cycling), rasio ON/OFF, menentukan kecepatan motor. Misalnya, jika daya siklus 50% (setengah ON dan setengah OFF), maka motor akan berputar dengan kecepatan setengah dari kecepatan maksimum. Setiap pulsa (pulse) sangat cepat sehingga motor tampak terus berputar tanpa tersendat-sendat.



Gambar 2. 4 Motor DC 12 Volt

Tabel 2. 2 Spesifikasi Motor DC 12 Volt

No.	Spesifikasi	
1	Tegangan	12V DC
2	Daya	1W – 100W (tergantung tipe)
3	Kecepatan	1000 – 10000 RPM (tergantung tipe)
4	Arus	O,1A – 10A (tergantung daya motor)
5	Torsi	0,01 -2 Nm (tergantung jenis motor)
6	Tipe motor	Brushed / Brushless
7	Diameter poros	3mm – 8mm (tergantung ukuran motor)
8	Arah putaran	Bisa searah atau bolak = balik
9	Efisiensi	70% - 90%

6. Sensor Jarak

Sensor jarak merupakan jenis sensor yang digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dengan suatu objek. Pengukuran ini dapat dilakukan menggunakan berbagai metode seperti ultrasonik, inframerah, atau teknologi Time-of-Flight (ToF). Setiap jenis sensor memiliki karakteristik dan kelebihan masing-masing tergantung pada kebutuhan sistem.

- Sensor Ultrasonik

  Sensor Ultrasonik merupakan salah satu jenis sensor jarak non-kontak yang memanfaatkan gelombang suara berfrekuensi tinggi di atas ambang pendengaran manusia, yaitu diatas 20 kHz. Prinsip kerja dari sensor ini menyerupai prinsip sonar yang digunakan pada kapal selam dan sistem navigasi kelelawar. Sensor ini terdiri dari dua bagian utama,

yaitu pemancar (transmitter) yang bertugas mengirimkan gelombang ultrasonik, dan penerima (receiver) yang bertugas menerima pantulan gelombang dari objek yang berada di depannya (Prawiradnyana, I. G. P. B. 2020).

Sensor ini sangat populer dalam berbagai aplikasi seperti pengukur jarak, sistem robotika, penghindar rintangan, dan juga pada sistem monitoring tinggi air atau volume cairan dalam suatu wadah atau aliran sungai.

Sensor Ultrasonik bekerja dengan mengirimkan pulsa ultrasonik dari pemancar. Gelombang ini merambat melalui udara, dan ketika mengenai objek, gelombang akan dipantulkan kembali ke sensor dan diterima oleh penerima. Waktu tempuh gelombang ini (dari sensor ke objek dan kembali ke sensor) dicatat dan digunakan untuk menghitung jarak.



Gambar 2. 5 Sensor Ultrasonik

Dalam sistem pengukuran dan pengendalian tinggi air secara otomatis, seperti pada prototipe pintu air otomatis bendungan, sensor Ultrasonik berperan penting untuk mengukur tinggi permukaan air pada wadah, memberi sinyal ke mikrokontroler ketika air mencapai batas

yang telah ditentukan, mengaktifkan motor penggerak pintu air untuk menutup atau membuka aliran, dan memberikan data ke LCD agar operator bisa memantau status secara langsung.

Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor Ultrasonik

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Operasi	5V DC
Arus Operasi	15 Ma
Jarak Minimum	2 cm
Jarak Maksimum	400 cm (4 meter)
Akurasi	±3 mm
Sudut Deteksi	±15^{o}
Frekuensi Operasi	40 kHz

7. Sensor Optocoupler

Sensor kecepatan adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur kecepatan linear maupun rotasi suatu objek. Kecepatan merupakan besaran turunan dari jarak terhadap waktu, sehingga pengukuran kecepatan dapat dilakukan dengan menghitung selisih posisi dalam selang waktu tertentu. Dalam sistem digital, pengukuran kecepatan sering dilakukan dengan menghitung jumlah pulsa yang dihasilkan oleh sensor dalam periode waktu tertentu.

Optocoupler atau optoisolator adalah komponen elektronik yang menggabungkan pemancar cahaya (biasanya LED inframerah) dan penerima cahaya (biasanya phototransistor) dalam satu kemasan. Fungsinya adalah untuk mengirimkan sinyal listrik antar dua sirkuit dengan isolasi optik, sehingga gangguan seperti interfensi elektromagnetik dapat diminimalkan. Ketika LED

dalam optocoupler menyala, cahaya akan mengenai phototransistor dan menyebabkan aliran arus pada sisi output. Jika cahaya terhalang (misalnya oleh objek yang berputar), maka phototransistor tidak menghantarkan, sehingga sinyal output berubah. Perubahan ini kemudian dapat dideteksi sebagai sinyal digital (logika 0 atau 1).

Sensor kecepatan berbasis optocoupler umumnya terdiri dari sumber cahaya (LED inframerah) dan detektor cahaya (phototransistor) yang ditempatkan bersebrangan (interrupter) atau berdampingan (reflektif). Pada sistem pengukur kecepatan rotasi, sebuah piringan berputar yang memiliki lubang atau garis hitam-putih akan dipasang di poros motor. Setiap kali lubang atau garis melintasi jalur cahaya, akan terjadi interupsi atau refleksi cahaya yang menghasilkan pulsa digital. Pulsa-pulsa ini dihitung oleh mikrokontroler dalam periode waktu tertentu. Jika pengukuran dilakukan dalam waktu lebih pendek (misal per detik), maka perhitungan bisa disesuaikan untuk menghasilkan satuan RPS (rotation per second) atau rad/s (radian per detik).



Gambar 2. 6 Sensor Optocoupler

Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor Optocoupler

Parameter	Nilai Tipikal	Nilai Maksimum	Keterangan
Tegangan Maju LED	1,2 V (if = 20 mA)	1,4 – 1,6 V	LED inframerah
Arus Maju LED	10 – 20 mA	50 m A	Arus kerja LED input
Panjang Gelombang emisi	850 – 940 nm	-	Cahaya inframerah yang dipancarkan
Tegangan kolektor-emitor	-	35 V	Maksimum transistor output
Arus kolektor maksimum	-	50 mA	Arus output maksimum
Tegangan saturasi kolektor-emitor	0,1 – 0,3 V	-	Saat transistor jenuh
Current Transfer Ratio (CTR)	50% - 600%	-	Rasio arus output terhadap input
Waktu naik/turun respon	4 – 18 µs	-	Kecepatan respon input-aoutput
Tegangan isolasi input-output	1,5 – 5 kV AC	-	Isolasi listrik antara LED dan fototransistor
Suhu operasi	-30ºC - +100ºC	-	Kondisi kerja normal

8. Liquid Crystal Display(LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan modul penampilan data yang menggunakan crystal cair sebagai bahan untuk menampilkan data yang berupa tulisan atau gambar (Fajar, M. 2019). Pengaplikasian pada kehidupan sehari hari yang mudah di jumpai antara lain pada kalkulator, game bot, televise, ataupun layar komputer. ada dua jenis LCD yang dapat menampilkan numerik (digunakan dalam jam tangan,kalkulator,dll) dan menampilkan teks alfa numerik (sering di gunakan pada mesin foto copy dan telfon genggam) dalam menampilkan numerik ini keristal yang di bentuk menjadi bar,dan dalam menampilkan alfanumerik

Kristal hanya di atur kedalam pola titik.setiap Kristal memiliki sambungan listrik individu sehingga dapat di kontrol secara independen (Kurniawan, A., & Winarno, H. 2012).



Gambar 2. 7 Liquid Crystal Display(LCD)

9. Pompa Air

Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat yang lainnya melalui media perpipaan dengan cara memindahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlansung secara terus menerus.(Paundra, F. 2025).

Pompa berprinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (suction) dan bagian keluar (discharge). Dengan kata lain fungsi pompa adalah mengubah tegangan mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.



Gambar 2. 8 Pompa Air DC

Tabel 2. 5 Spesifikasi Pompa Air

Spesifikasi	Keterangan
Debit air	1000 L/jam
Daya dorong	Daya angkat air: 8 M
Daya / Power	Komsumsi daya: 30 W Tegangan : DC 12 V Input arus : 3 A
Material	ABS
Dimensi	Keseluruhan : sekitar 9,8 x 6 x 7,5 cm Diameter outer drat selang : 20,5 mm Panjang kabel : 45 cm
Lain lain	Level kebisingan : <35 db Kecepatan : 9500 RPM

B. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahuluyang menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian, sehingga penulis dapat memperbanyak teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Penulis semgaja mengangkat beberapa penelitian sebelumnya untuk dijadikan sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian ini. Berikut ini yang merupakan penelitian terdahulu berupa jurnal yang terkait dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis dalam penelitian yang pertama dilakukan oleh (Abdul Halim, 2023) dengan judul “Prototipe Pintu Air Bendungan Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno” penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi ketinggian air yang nantinya akan mengontrol pintu air secara otomatis.

Penelitian yang kedua dilakukan oleh (Agung Teguh Priyatna, 2021) dengan judul “Prototype Sistem Pengendalian Pintu Air Otomatis Dengan Menggunakan Arduino Uno” penelitian ini menggunakan water level sensor

sebagai alat untuk mengukur ketinggian air, motor servo SG-90 sebagai aktuator atau penggerak, dan akrilik bening sebagai bahan dasar pembuatan alat peraga bendungannya.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif merupakan salah satu jenis penelitian ilmiah yang bertujuan untuk menggambarkan atau menjelaskan suatu fenomena atau objek penelitian secara sistematis dan terperinci. Ciri khas dari penelitian ini adalah fokusnya pada pengumpulan data yang berdasarkan fakta, dengan tujuan untuk memberikan pemahaman yang mendalam tentang suatu topik tanpa melakukan manipulasi atau intervensi pada variabel yang diteliti.

B. Lokasi dan Waktu

1. Lokasi

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Parepare.

2. Waktu

Waktu penelitian dilaksanakan sejak dikeluarkannya izin penelitian, dengan uraian kegiatan yaitu studi pustaka, perancangan alat, pengadaan alat dan bahan, pemasangan dan instalasi alat, pengujian dan dilanjut pembuatan laporan akhiryang dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Uraian	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur						
2	Perancangan Perangkat Keras						
3	Perancangan Perangkat Lunak						
4	Perancangan Mekanik						
5	Realisasi Sistem Mekanik						
6	Realisasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak						
7	Pengujian Tahap Awal (Komponen)						
8	Integrasi Rangkaian ke Mekanik						
9	Pengujian Tahap Kedua (Blok Diagram)						
10	Pengujian Sistem secara Keseluruhan						
11	Analisis dan Evaluasi						
12	Penyusunan Laporan						

C. Alat dan Bahan

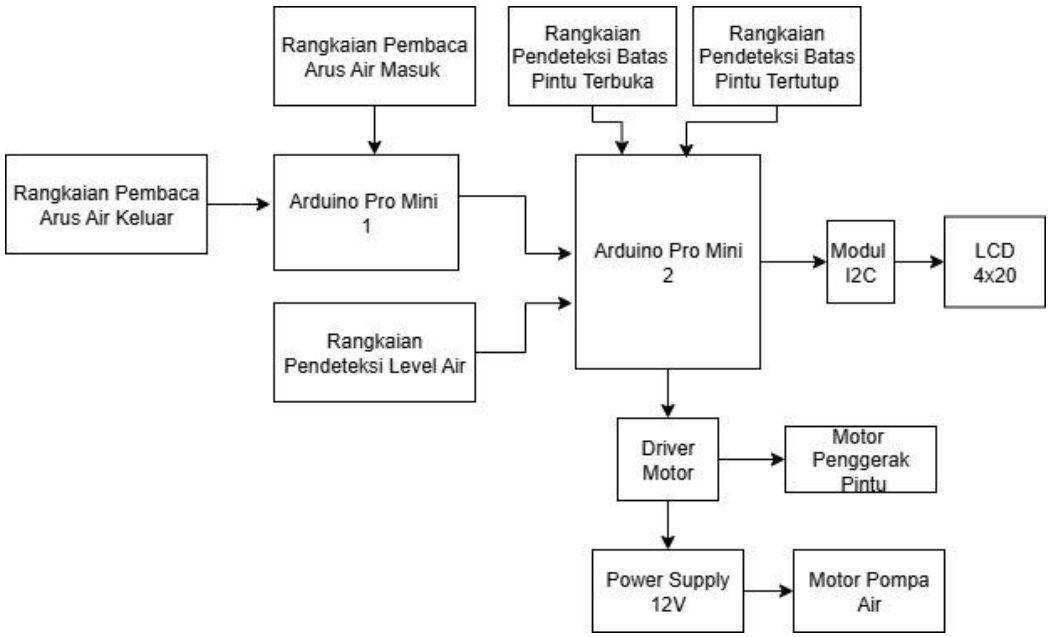
Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

Tabel 3. 2 Alat dan Bahan

No	Uraian	Fungsi	Jumlah
1.	Wadah Akrilik	Berfungsi sebagai wadah penampungan air	1
2.	Motor DC 12V	Untuk membuka dan menutup pintu air	1
3.	Arduino Pro Mini	sebagai pengontrol komponen lain	2
4.	Sensor Ultrasonik	Sebagai pendeteksi ketinggian air	1
5.	Sensor Optocoupler	Sebagai pendeteksi debit air dari perputaran baling-baling dan juga sebagai pendeteksi limit terbukanya pintu air	4
6.	Kabel Jumper Male/Female	Menghubungkan berbagai komponen sistem	1 set
7.	LCD	Menampilkan data	1

D. Rancangan Sistem

Pada bagian ini akan dibahas rancangan sistem prototipe pintu air otomatis pada bendungan berbasis Arduino yang dilengkapi sensor pendeteksi arus air, sensor pendeteksi level air, serta kontrol motor. Sistem ini dibagi menjadi beberapa bagian utama, berikut adalah blok diagram dan perancangan pada penelitian ini:



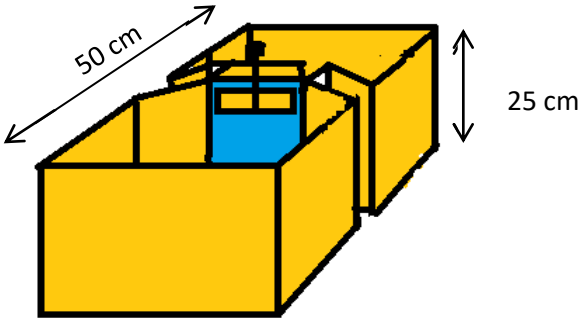
Gambar 3. 1 Blok Diagram

Adapun komponen penyusun blok diagram Prototipe Pintu Air Otomatis Pada Bendungan Berbasis Arduino yaitu:

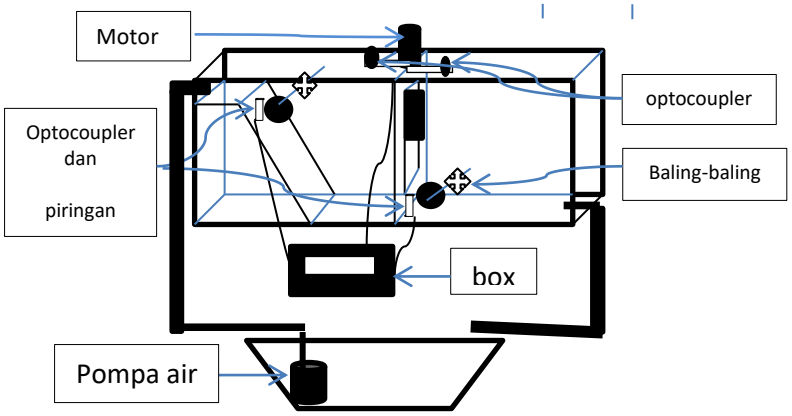
1. Rangkaian pembaca arus air masuk menngunakan sensor Optocoupler yang berfungsi untuk mendeteksi kecepatan arus air yang masuk ke bendungan.
2. Rangkaian pembaca arus air keluar menggunakan sensor Optocoupler yang berfungsi untuk mendeteksi kecepatan arus air yang keluar dari bendungan. Prinsip kerjanya sama dengan rangkaian pembaca arus air masuk, namun penempatannya berada di jalur keluaran air.
3. Rangkaian pendeteksi level air menggunakan sensor Ultrasonik yang berfungsi untuk mendeteksi permukaan air pada bendungan.

4. Arduino Pro Mini 1 berfungsi sebagai pusat pengolahan data dari sensor yang mendeteksi arus air masuk dan arus air keluar.
5. Arduino Pro Mini 2 bertindak sebagai pusat kendali utama yang menerima data dari Arduino Pro Mini 1, sensor pendeteksi level air, sensor pendeteksi batas pintu terbuka dan tertutup, kemudian mengirim perintah ke Driver motor untuk menggerakkan pintu air dan mengirimkan informasi status sistem ke LCD melalui Modul I2C untuk ditampilkan kepada pengguna.
6. Rangkaian pendeteksi batas pintu terbuka dan tertutup menggunakan sensor Optocoupler sebagai limit switch untuk mendeteksi posisi fisik pintu air.
7. Modul I2C dan LCD 4x20 digunakan untuk komunikasi efisien antara Arduino dan LCD, yang menampilkan ketinggian air, arus air masuk/keluar.
8. Driver motor berfungsi sebagai penguat arus dan tegangan yang dibutuhkan untuk menggerakkan motor penggerak pintu berdasarkan sinyal kendali dari Arduino Pro Mini 2.
9. Motor penggerak pintu menggunakan motor DC 12 volt yang berfungsi membuka atau menutup pintu air sesuai instruksi sistem, dengan mempertimbangkan data pembacaan sensor pendeteksi level air.
10. Power supply 12V berfungsi menyediakan daya untuk motor penggerak pintu dan motor pompa air.

11. Motor Pompa Air digunakan untuk membantu pengaliran air melalui saluran perpipaan.



Gambar 3. 2 Desain Rancangan Sistem Dari Depan



Gambar 3. 3 Desain Rancangan Sistem Dari Samping

E. Teknik Pengumpulan Data

1. Validasi dan Kalibrasi Sensor

Tahapan ini dilakukan untuk mempelajari validasi dan kalibrasi sensor untuk proses memastikan bahwa sensor memenuhi spesifikasi yang diperlukan dan berfungsi dengan benar dalam kondisi yang diinginkan. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa sensor dapat memberikan hasil data yang akurat dan konsisten.

2. Pengujian Blok Diagram

Pengujian setiap blok dilakukan untuk mempermudah analisis sistem. Pengujian dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

a. Pengujian sistem pendeteksi ketinggian air.

b. Penguian sistem pendeteksi arus air.

c. Pengujian sistem penggerak pintu air.

3. Pengujiian Sistem Secara Keseluruhan

Tahapan ini dilakukan untuk menguji sistem secara keseluruhan setelah semua sub - blok diagram telah terintegrasi. Pengujian sistem keseluruhan memverifikasi bahwa perancangan ini menjalankan tugas sesuai rancangan. Pengujian sistem dapat memeriksa bahwa setiap jenis masukan menghasilkan keluaran yang diinginkan di seluruh rancangan.

BAB IV

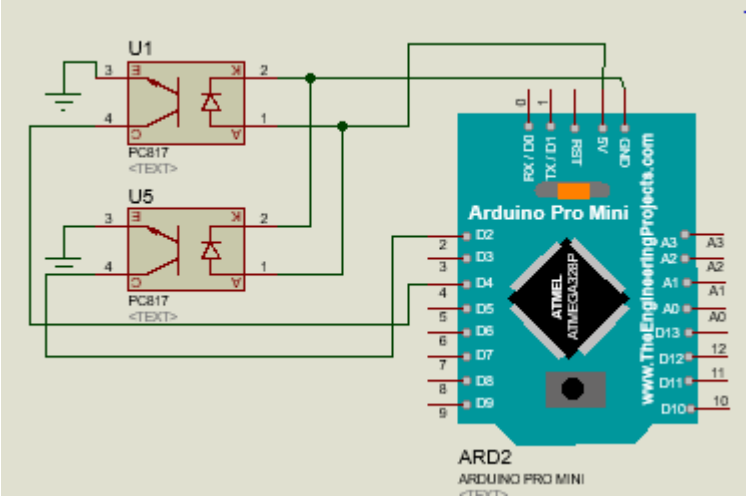
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras bertujuan untuk membangun sistem prototipe pintu air otomatis pada bendungan yang dapat bekerja secara otomatis berdasarkan parameter tertentu (seperti tinggi permukaan air). Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor ketinggian air, sensor kecepatan arus air, mikrokontroler Arduino Pro Mini, motor penggerak, dan sistem aktuator (pintu air). Rangkaian ini menjelaskan tentang sistem rangkaian yang dibuat secara keseluruhan dan rangkaian sistem per bagian dari sistem rangkaian keseluruhan.

1. Rangkaian Pendeteksi Arus Air

Rangkaian pendeteksi arus air ini menggunakan sensor Optocoupler yang berfungsi untuk mendeteksi adanya getaran atau gerakan mekanik, dimana keluaran digital (DO) akan berubah dari HIGH ke LOW atau sebaliknya. Sensor ini akan menbaca arus air melalui piringan yang terhubung ke baling-baling air. Ketika ada aliran air yang mengenai baling-baling maka piringan juga akan berputar sesuai dengan perputaran dari baling-baling. Piringan yang berputar inilah yang nantinya dideteksi oleh sensor Optocoupler melalui dua lubang di sisi lingkaran piringan.



Gambar 4. 1 Rangkaian Pendeteksi Arus Air

Berikut penjelasan pin yang terhubung pada sensor Optocoupler

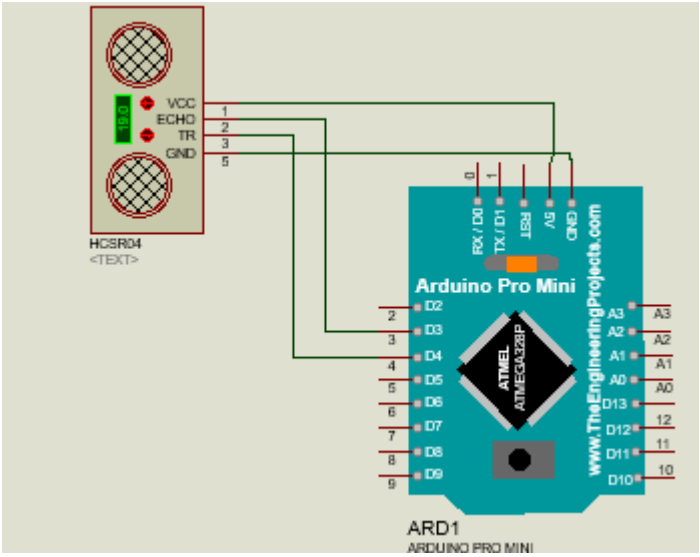
Tabel 4. 1 Penjelasan Koneksi Rangkaian

No	Pin Sensor Optocoupler	Terhubung ke Arduino Pro Mini	Fungsi
1	VCC	VCC	Memberikan catu daya 5V ke sensor
2	GND	GND	Ground sistem
3	DO(Digital Out)	Pin D2	Membaca status digital (1/0)

2. Rangkaian Pendeteksi Ketinggian Air

Rangkaian pendeteksi ketinggian air ini menggunakan sensor Ultrasonik yang berfungsi untuk mengukur jarak permukaan air terhadap posisi sensor, yang kemudian diolah menjadi menjadi informasi ketinggian air. Sensor ultrasonik yang digunakan adalah tipe HC-SR04, sensor tersebut beroperasi aktif mengirim gelombang dan mengukur waktu yang diperlukan gelombang tersebut untuk kembali, waktu ini diukur dalam mikrodetik. Gelombang yang memantul kembali

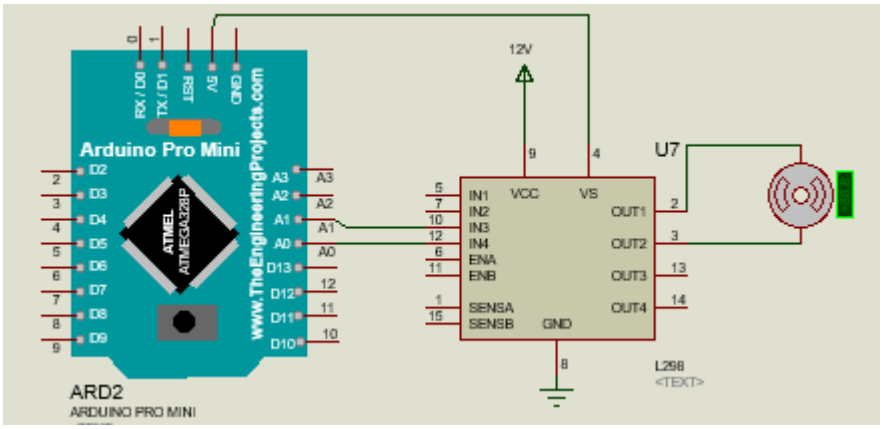
diterima oleh pin Echo dan dikonversi menjadi nilai jarak. Data yang sudah diolah oleh sensor Ultrasonik akan disampaikan ke mikrokontroler, yang kemudian memproses data untuk mengetahui ketinggian permukaan air.



Gambar 4. 2 Rangkaian Sistem Pendeteksi Ketinggian Air

3. Rangkaian Penggerak Pintu Air

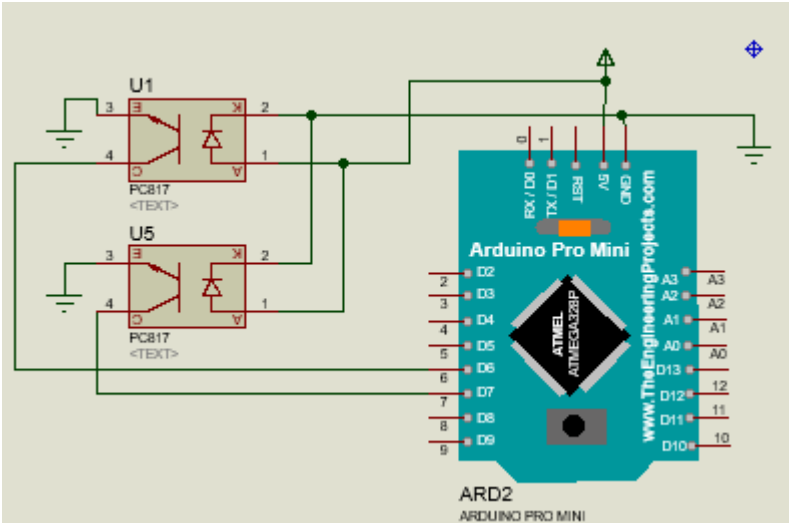
Rangkaian penggerak pintu menggunakan motor DC dengan modul driver motor L298N yang dikontrol oleh Arduino Pro Mini. Modul L298N berfungsi sebagai penguat arus dan tegangan yang diperlukan motor, karena Arduino tidak mampu langsung menyuplai daya yang cukup besar untuk menggerakkan motor. Pada rangkaian ini, motor DC terhubung ke terminal OUT1 dan OUT2 pada L298N, sehingga modul dapat mengatur arah putaran motor dengan membalik polaritas tegangan yang diberikan. Bagian input kendali modul (IN1 dan IN2) dihubungkn ke pin digital Arduino Pro Mini, yang bertugas mengirimkan sinyal logika HIGH atau LOW untuk menentukan arah putaran dan mengaktifkan atau menghentikan motor.



Gambar 4. 3 Rangkaian Penggerak Pintu

4. Rangkaian Pendeteksi Batas Pintu Terbuka dan Tertutup

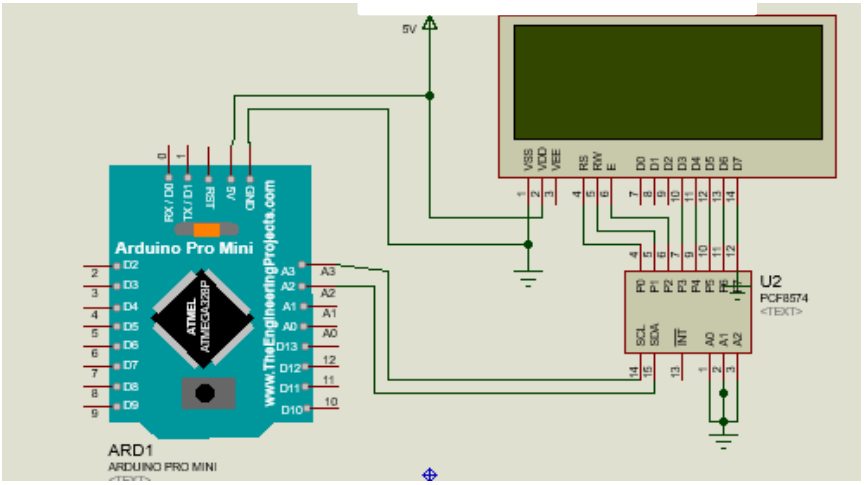
Rangkaian ini menggunakan sensor Optocoupler yang berfungsi sebagai limit switch pintu air yang terhubung ke Arduino Pro Mini untuk mendeteksi putaran atau pergerakan suatu objek. Masing-masing sensor FC-03 terdiri dari LED inframerah sebagai pemancar dan fototransistor sebagai penerima, yang akan menghasilkan sinyal digital saat sinar terhalang atau terputus. Pada rangkaian ini, kedua sensor mrndapatkan suplai daya 5V dari pin VCC Arduino, sedangkan pin GND dihubungkan bersama untuk graund sistem. Pin D0 dari sensor pertama terhubung ke pin digital 2 Arduino, dan D0 dari sensor kedua terhubung ke pin digital 3 Arduino.



Gambar 4. 4 Rangkaian Pendeteksi Batas Pintu Air

5. Rangkaian Tampilan Data

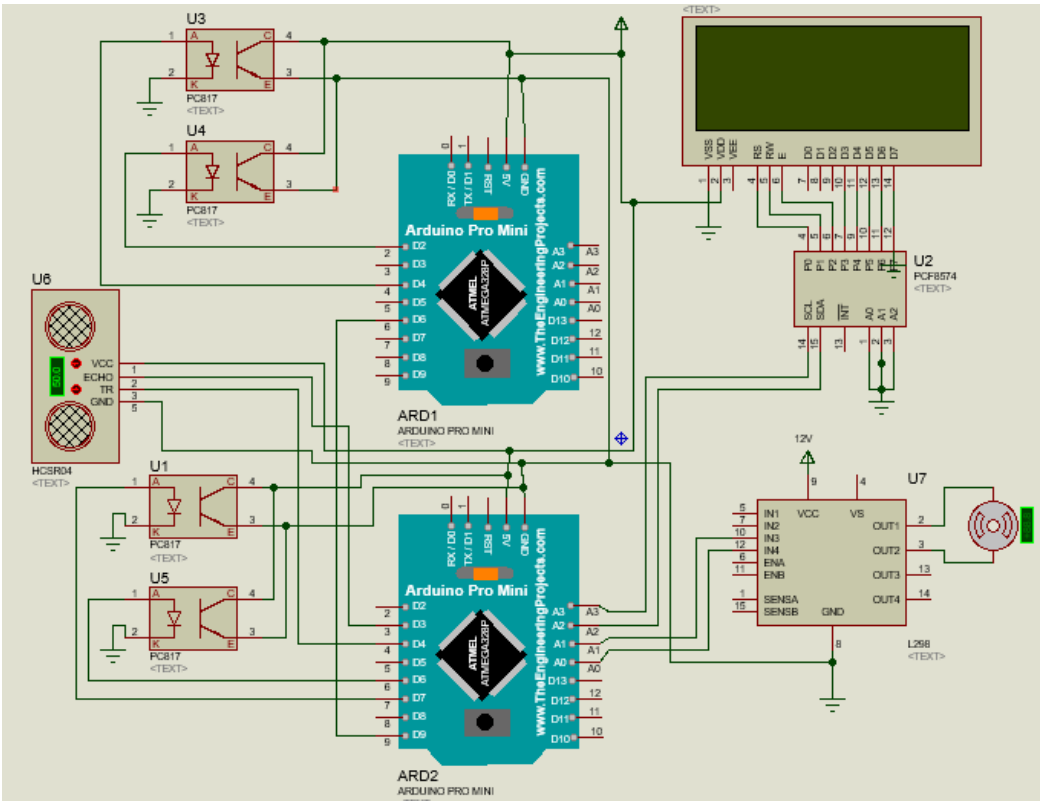
Rangkaian tampilam data ini mengunakan LCD yang dilengkapi dengan modul I2C berfungsi untuk menampilkan data kecepatan arus air yang masuk/keluar, dan ketinggian permukaan air. Pada rangkaian ini, jalur komunikasi data menggunakan protokol I2C yang hanya membutuhkan dua pin, yaitu SDA (data) dan SCL (clock).



Gambar 4. 5 Rangkaian Tampilan LCD

6. Rangkaian Keseluruhan

Rangkaian keseluruhan prototipe pintu air otomatis pada bendugan yang dikendalikan menggunakan mikrokontroler Arduino Pro Mini ini terdiri dari beberapa sensor utama, yaitu dua buah sensor pendeteksi arus air berbasis Optocoupler yang berfungsi untuk mengukur kecepatan aliran air yang masuk dan keluar melalui perputaran baling-baling air, sensor pendeteksi batas pintu air terbuka dan tertutup menggunakan sensor Optocoupler sebagai limit switch pintu air, serta sensor ultrasonik yang berfungsi mengukur ketinggian level air pada bendungan. Semua sensor terhubung ke Arduino Pro Mini sebagai pusat pengendalian, yang kemudian mengolah data dan mengatur kerja aktuator. Aktuator yang digunakan meliputi motor penggerak pintu air yang dikendalikan melaui modul driver motor L298N. Motor penggerak pintu berfungsi membuka dan menutup pintu sesai kebutuhan. Sistem mendapatkan suplay daya +5V untuk modul sensor dan mikrokontroler, serta +12V untuk aktuator melalui driver motor. Untuk menampilkan informasi real-time seperti kecepatan aliran air, ketinggian air, dan level air, digunakan modul LCD yang terhubung dengan Arduino. Integrasi seluruh komponen ini memungkinkan sistem bekerja secara otomatis berdasarkan parameter yang telah diprogram, sehingga mampu mengatur debit air secara efisien dan responsif terhadap perubahan kondisi lapangan.



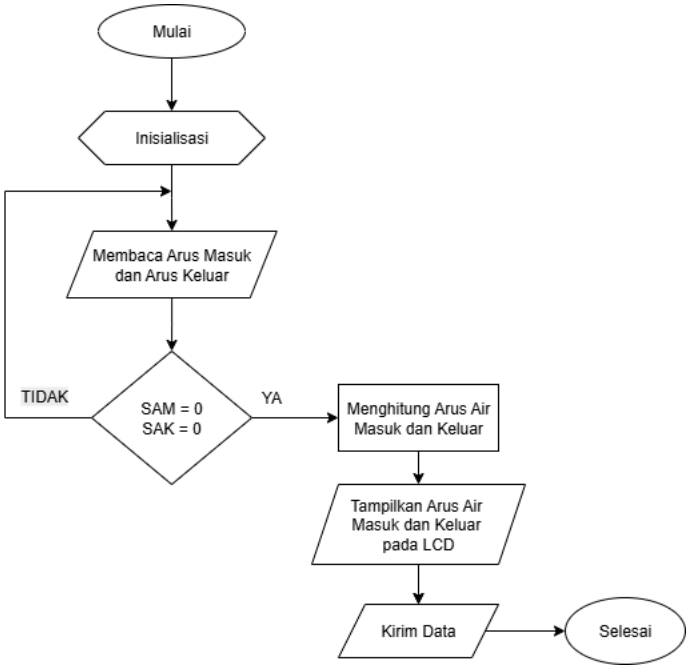
Gambar 4. 6 Rangkaian Keseluruhan

B. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak pada sistem prototipe pintu air otomatis ini dirancang untuk mengontrol dan memantau kinerja seluruh komponen perangkat keras berdasarkan data yang diterima dari sensor. Pemrograman dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Arduino IDE dengan basis C/C++.

1. Flowchart

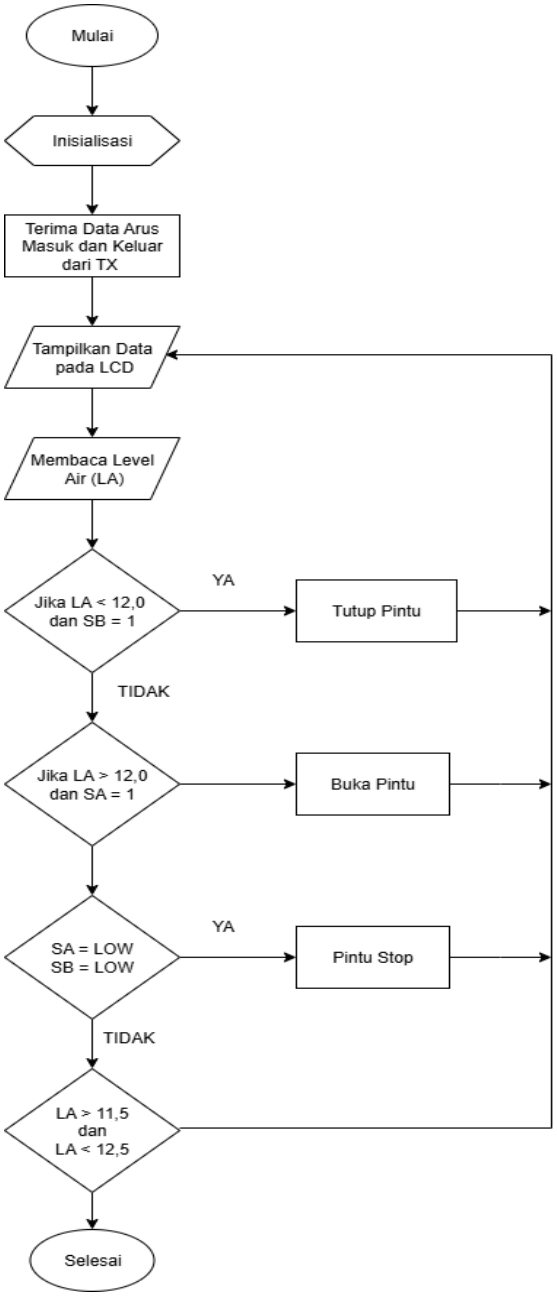
Flowchart yang digunakan pada penelitia ini menggambarkan alur kerja sistem mulai dari pembacaan data sensor hingga pengendalian aktuator.



Gambar 4. 7 Flowchart Pendeteksi Arus Air

Pada gambar Flowchart diatas, menggambarkan alur kerja sistem pendeteksi arus air menggunakan sensor Optocoupler. Proses dimulai dari tahap “Mulai”, kemudian sistem melakukan inisialisasi, yaitu menyiapkan pin input dan output pada mikrokontroler serta mengatur variabel yang diperlukan. Setelah inisialisasi selesai, sistem masuk ke tahap pembacaan arus air masuk dan arus air keluar melalui sensor Optocoupler. Data hasil pembacaan ini kemudian diuji dengan kondisi logika, yaitu apakah sensor arus air masuk (SAM) dan sensor air keluar (SAK) mendeteksi pulsa atau tidak. Jika kondisi SAM = 0 dan SAK = 0, maka sistem akan kembali membaca ulang data sensor. Namun, jika kondisi sensor menghasilkan pulsa, sistem akan melanjutkan ke tahap perhitungan arus masuk dan keluar. Nilai hasil perhitungan ini selanjutnya ditampilkan pada LCD sehingga pengguna dapat memantau secara langsung besar arus air yang terdeteksi.

Selain itu, data hasil perhitungan juga dikirimkan ke perangkat lain melalui komunikasi serial untuk keperluan pencatatan atau analisis lebih lanjut. Proses ini kemudian diakhiri dengan kondisi selesai, yang menandakan bahwa satu siklus pendeteksian arus air telah tuntas dilaksanakan.



Gambar 4. 8 Flowchart Pendeteksi Ketinggian Air dan Status Pintu

Flochart pada gambar 4.8, menjelaskan alur kerja sistem pengendali pintu air otomatis berdasarkan pembacaan sensor pendeteksi level air dan sensor pendeteksi arus air masuk/keluar. Proses dimulai dari “Mulai”, kemudian sistem melakukan inisialisasi perangkat keras dan variabel. Setelah itu sistem menerima data arus air masuk dan keluar melalui komunikasi TX, lalu menampilkan informasi tersebut pada LCD agar dapat dipantau pengguna. Selanjutnya, sistem melakukan pembacaan level air (LA) sebagai parameter utama untuk menentukan kondisi pintu. Jika level air LA > 12.0 dan sensor SB = 1, maka pintu akan diperintahkan untuk menutup. Sebaliknya, jika level air LA < 12.0 dan sensor SA =1, maka sistem akan memberikan perintah membuka pintu. Apabila kondisi sensor SA = LOW dan SB = LOW, maka pintu akan berada dalam posisi stop atau diam. Selain itu, terdapat kondisi batas aman ketika level air (LA) berada pada rentang 11,5 – 12.,5, di mana sistem menjaga stabilitas dan tidak memberikan perintah perubahan posisi pintu. Setelah semua proses dilakukan, sistem masuk pada selesai yang menandakan siklus pengendalian pintu air telah selesai dan dapat kembali mengulang ke tahap awal untuuk memantau kondisi berikutnya. Dengan demikian, flowchart ini menggambarkan mekanisme kerja sistem kontrol pintu air yang terintegrasi dengan sensor pendeteksi arus dan sensor level air agar dapat menjaga kestabilan aliran.

2. Uraian Program

Adapun sketch program yang digunakan untuk menjalankan fungsi dari sistem yang dibuat sesuai dengan flowchart yaitu:

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial TX(5,6); //RX, TX

#define SAM 4
#define SAK 2

unsigned int Puls1, Puls2;
float Speed1, Speed2;
unsigned long awal, limit=1000;
String SS1, SS2;


void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(SAM, INPUT);
  pinMode(SAM, INPUT);
  TX.begin(9600);
}

void loop() {
   arusAir();
   Serial.println("Arus Masuk : "+SS1+" Meter/Menit");
   Serial.println("Arus Keluar : "+SS2+" Meter/Menit");
   Serial.println();
   String Data = "H1$"+SS1+'#'+SS2+"*S";
   TX.print(Data);
}

void arusAir() {
   Puls1=0; Puls2=0;
   awal=millis();
   while(millis()-awal<limit) {
      if(digitalRead(SAM)==LOW) Puls1++;
      if(digitalRead(SAK)==LOW) Puls2++;
   }
   Speed1 = Puls1*0.22/20.0;
   SS1 = String(Speed1,0);
   Speed2 = Puls2*0.22/20.0;
   SS2 = String(Speed2,0);
}
```

Program pada Arduino Pro Mini di atas digunakan untuk membaca data pulsa dari dua buah sensor kecepatan aliran air yaitu sensor Optocoupler, mengonversinya menjadi kecepatan dalam satuan meter/menit, kemudian menampilkannya pada serial monitor sekaligus mengirimkan data ke perangkat lain melalui komunikasi serial menggunakan SoftwareSerial. SoftwareSerial digunakan untuk membuat port serial tambahan selain port serial bawaan (pin 0 dan 1), pin 5 digunakan sebagai RX dan pin 6 sebagai TX untuk komunikasi data ke mikrokontroler lain atau modul komunikasi. SAM (sensor arus masuk) dihubugkan pada pin digital 4, SAK (sensor arus keluar) dihubungkan pada pin digital 2, kedua sensor ini akan menghasilkan pulsa sesuai jumlah putaran kincir atau baling-baling air. Puls1 dan Puls2 adalah variabel untuk menghitung jumlah pulsa dari masing-masing sensor. Speed1 dan Speed2 adalah kecepatan arus yang dihitung dari jumlah pulsa. Limit untuk lama pengukuran dalam milidetik. SS1 dan SS2 untuk kecepatan yang sudah diubah menjadi tipe data String untuk ditampilkan dan dikirim. Serial.begin(9600) untuk mengaktifkan komu ikasi serial bawaan Arduino pada baudrate 9600 bps untuk debugging dan pemantauan di serial monitor. PinMode(SAM, IMPUT) untuk menentukan pin sensor sebagai input pembaca pulsa. TX.begin(9600) untuk mengaktifkan komunikasi pada port SoftwareSerial dengan baudrate 9600 bps untuk mengirim data ke perangkat lain. arusAir() berfungsi untuk menghitung kecepatan arus air berdasarkan pulsa sensor. Membuat format string data “H1Š<SS1>#<SS2>*S” yang kemudian dikirim melalui SoftwareSerial ke perangkat penerima. Format ini memudahkan parsing data di sistem penerima. Puls1 dan Puls2 diatur menjadi 0 di awal

pengukuran.while(millis()-awal<limit) untuk perulangan berlangsung selama limit millidetik (1 detik). digitalRead(SAM)==LOW jika sensor terdeteksi (LOW), maka pulsa dihitung bertambah 1. Proses ini dilakukan untuk kedua sensor. String(speed1.0) untuk mengubah hasil menjadi string dengan 0 angka di belakang koma untuk memudahkan pengiriman data.

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial RX(9,10); //RX, TX

#include <NewPing.h>
#define  ECHO  3
#define  TRIG  4
#define  MAX_DISTANCE 30// Maximum distance in centimeters.
NewPing sonar(TRIG, ECHO, MAX_DISTANCE);

#define SA
#define SB 7

String dataRX="";
unsigned int hAir[5], AM,AK;
float tAir, LA;
byte stPintu;
byte count_T=0;
String Cek, arusMasuk, arusKeluar;

void setup() {
   Serial.begin(9600);
   RX.begin(9600);
   lcd.init(); lcd.backlight();
   lcd.setCursor(0,0); lcd.print(" KENDALI PINTU AIR  ");
   lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Arus Masuk:      M/M");
   lcd.setCursor(0,2); lcd.print("Level Air :       CM");
   lcd.setCursor(0,3); lcd.print("Arus Luar :      M/M");

   pinMode(A0,OUTPUT);
   pinMode(A1,OUTPUT);
   pinMode(6, INPUT);
   pinMode(7, INPUT);
```

```
}
void loop() {
  ukur_levelAir();
  //statusPintu();

  while(LA<12.0 && digitalRead(SB)==HIGH) {
     tutupPintu();
     ukur_levelAir();
  }
  while(LA>12.0 && digitalRead(SA)==HIGH) {
     bukaPintu();
     ukur_levelAir();
  }
  if(digitalRead(SA)==LOW || digitalRead(SB)==LOW ) pintuStop();
  if(LA>11.5 && LA<12.5) pintuStop();
  terimaData();
  delay(500);
}
```

Untuk mengendalikan pintu air secara otomatis berdasarkan ketinggian air dan status pembatas pintu. Program memanfaatkan beberapa pustaka (library) eksternal, sensor ultrasonik, komunikasi serial, dan LCD sebgai media tampilan. Inisialisasi library dan variabel seperti LiquidCrystal_I2C digunakan untuk mengontrol LCD 20x4 melalui komunikasi I2C pada alamat 0x27, SoftwareSerial untuk membuat port serial tambahan pada pin 9 (RX) dan 10 (TX) untuk menerima data dari modul lain, NewPing adalah library khusus sensor ultrasonik yang memberikan pengukuran jarak lebih cepat dan efisien. TRIG dan ECHO adalah pin sensor Ultrasonik, dengan MAX_DISTANCE 30 cm sebagai batas pembacaan maksimum. SA dan SB adalah pin untuk mendeteksi posisi pintu air menggunakan limit switch, SA sebagai batas pintu tertutup penuh dan SB sebagai batas pintu terbuka penuh. Variabel seperti tinggi air (tAir), level air (LA), status pintu (stPintu), digunakan untuk menyimpan sementara data sensor. Serial.begin(9600) mengaktifkan kommunikasi serial utama untuk debugging.

RX.begin(9600) mengaktifkan komunikasi SoftwareSerial untuk menerima data dari perangkat lain. lcd.init() dan lcd.backlight() untuk menginisialisasi LCD dan mengaktifkan lampu latar. lcd.setCursor() dan lcs.print() untuk menampilkan teks awal pada LCD, termasuk informasi arus masuk, level air, dan arus keluar. pinMode(A0, A1) sebagai output pengendalian motor pintu air (arah buka/tutup). pinMode sebagai input untuk membaca status limit switch. ukur_levelAir() berfungsi untuk membbaca tinggi air menggunakan sensor Ultrasonik, lalu menyimpannya pada variabel LA. Jika LA < 12.0 cm dan limit switch SB belum aktif, maka fungsi tutupPintu() dijalankan, dan jika LA > 12.0 cm dan limit switch SA belum aktif, maka fungsi bukaPintu() dijalankan. Jika salah satu limit switch aktif, maka pintu dihentikan (pintuStop()), dan apabila tinggi air berada di rentang 11.5 - 12.5 cm, pintu dihentikan untuk menghindari buka/tutuup berulang akibat fluktuasi kecil pada sensor. terimaData() untuk membaca data dari perangkat lain melalui SoftwareSerial. delay(500) untuk memberikan jeda 0.5 detik antar proses untuk stabilitas pembacaan sensor dan motor.

```
void terimaData() {
    dataRX = ""; // clear the string
    if(RX.available()>0) {
      String dataRX = RX.readStringUntil('S');
      Serial.println("DataRX = "+dataRX);

      int pos1 = dataRX.indexOf('$');
      int pos2 = dataRX.indexOf('#');
      int pos3 = dataRX.indexOf('*');
      Cek = dataRX.substring(0, pos1);
      if(Cek=="H1") {
        String arusMasuk= dataRX.substring(pos1+1, pos2);
        String arusKeluar = dataRX.substring(pos2+1, pos3);
        lcd.setCursor(12,1);  lcd.print("     ");
        lcd.setCursor(12,1);  lcd.print(arusMasuk);
```

```
        lcd.setCursor(12,3);  lcd.print("    ");
        lcd.setCursor(12,3);  lcd.print(arusKeluar);
      }
    }
}

void bukaPintu() {
   digitalWrite(A1,HIGH);
   digitalWrite(A0,LOW);
}
void tutupPintu() {
   digitalWrite(A1,LOW);
   digitalWrite(A0,HIGH);
}

void pintuStop() {
  digitalWrite(A0,LOW);
  digitalWrite(A1,LOW);
}

void ukur_levelAir() {
   tAir=0.0;
   for(byte i=0; i<5; i++) {
      hAir[i]= sonar.ping_cm();
      tAir=tAir+(hAir[i]/5.0);
      delay(50);
   }
   LA = 28.5-tAir;
   //Tampilkan
   lcd.setCursor(12,2);  lcd.print("    ");
   lcd.setCursor(12,2);  lcd.print(LA,1);
}
```

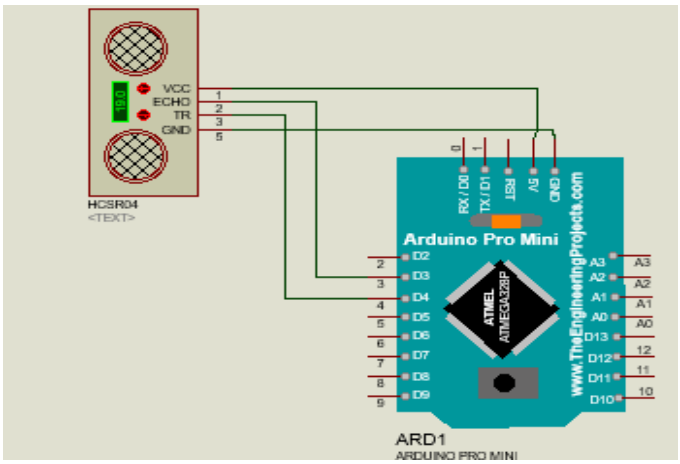
Penjelasan tentang program diatas meliputi, terimaData() untuk membaca dan mengurai paket data serial dari perangkat lain (via SoftwareSerial RX), menampilkan arus masuk/keluar di LCD. dataRX = “”; pengosongan variabel dataRX (global). If(RX.avaibel() > 0) {..} untuk data pada SoftwareSerial RX, masuk ke blok pembacaan. String dataRX = RX. readStringUntil(‘S’); untuk membaca string sampai karakter ‘S’, deklarasi string dataRX di sini membuat

variabel lokal yang menutupi (shadow) variabel global dataRX. Penggunaan lokal ini memadai untuk parsing di dalam blok, tetapi membuat pengosongan awal variabel global tidak berguna. Serial.println(“DataRX = “+dataRX); untuk menampilkan paket yang diterima ke serial monitor untuk debugging. int pos1 = dataRX.indexOf(‘Š’); (dan pos2, pos3) mencari posisi delimeter. arusMasuk = dataRX.substring(pos1+1, pos2);, arusKeluar = dataRX.substring(pos2+1, pos3); lalu menampilkan ke LCD pada kolom/row yang sesuai sebelum menampilkan, area teks dibersihkan dengan lcd.print(“ “) agar tidak ada sisa karakter lama. Mengatur pin A1 menjadi HIGH dan A0, kombinasi ini mengaturarah putaran motor pada driver H-Bridge sehingga pintu air terbuka. Mengatur pin A1 menjadi LOW dan A0 menjadi HIGH, kombinasi ini membuat motor berputar berlawanan arah dengan fungsi bukaPintu(), sehingga pintu air menutup. Fungsi tutupPintu() menghentikan pergerakan motor dengan memberikan logika LOW pada kedua pin tersebut. Sementara itu, fungsi ukur_levelAir() menngunakan sensor Ultrasonnik (sonar.ping_cm()) untuk mengukur jarak permukaan air ke sensor sebanyak lima kali, menghitung rata-rata, lalu mengonversinya menjadi ketinngian air (LA) dengan rumus LA = 28.5 – tAir. Nilai ini ditampilkan pada LCD dengan satu digit dibelakang koma. Program ini keseluruhan berfungsi untuk menerima data pengukuran arus, mengendalikan buka/tutup pintu air, serta memantau ketinggian air secara real-time.

C. Pengujian

1. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor Ultrasonik bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dan kecepatan respon sensor dalam mengukur jarak permukaan air terhadap sensor. Pengujian dilakukan dengan menempatkan sensor Ultrasonik pada posisi tetap dengan sudut tegak lurus terhadap permukaan air, kemudian membandingkan hasil pembacaan sensor dengan pengukuran manual menggunakan penggaris atau meteran. Rangkaian ini terdiri dari empat smbungan utama pada sensor HC-SR04, yaitu pin VCC yang dihubungkan ke pin VCC Arduino untuk memberikan tegangan 5V, pin GND yang terhubung ke GND Arduino sebagai jalur graund, pin trig yang dihubungkan ke pin digital 4 Arduino sebagai pemicu gelombang ultrasonik, dan pin echo yang dihubungkan ke pin digital 3 Arduino untuk menerima pantulan gelombang. Setelah rangkaian terhubung sesuai skema, program pengukuran jarak diunggah ke Arduino menggunakan software Arduino IDE.



Gambar 4. 9 Pengujian Sensor Ultrasonik

Adapun sketch program yang digunakan untuk menjalankan fungsi sensor Ultrasonik, yaitu:

```
// Define pins for HC-SR04
const int trigPin = 4;
const int echoPin = 3;

// Define variables for distance measurement
long duration;
int distance;

void setup() {
  // Initialize serial communication
  Serial.begin(9600);

  // Set up the trigger pin as an OUTPUT
  pinMode(trigPin, OUTPUT);

  // Set up the echo pin as an INPUT
  pinMode(echoPin, INPUT);
}

void loop() {
  // Clear the trigger pin
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);

  // Set the trigger pin HIGH for 10 microseconds
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);

  // Read the echo pin and measure the pulse duration
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

  // Calculate the distance in centimeters
  distance = duration * 0.0344 / 2;

  // Print the distance to the serial monitor
  Serial.print("Distance: ");
  Serial.print(distance);
  Serial.println(" cm");

  // Delay before the next measurement
  delay(500);
}
```

Program di atas merupakan kode Arduino untuk mengukur jarak atau ketinggian air menggunakan sensor Ultrasonik HC-SR04. Pada bagian awal,

dilakukan deklarasi pin trigPin (pin 4) sebagai pemicu gelombang ultrasonik dan echoPin (pin 3) sebagai penerima pantulan gelombang. Variabel duration digunakan untuk menyimpan waktu tempuh gelombang ultrasonik, sedangkan distance menyimpan hasil perhitungan jarak dalam satuan sentimeter. Pada fungsi setup(), komunikasi serial diinisialisasi dengan baud rate 9600 untuk menampilkan data ke serial monitor, kemudian pin trigPin diset sebagai output dan echoPin sebagai input. Di dalam fungsi loop(), program terlebih dahulu mengatur trigPin menjadi LOW selama 2 mikrodetik untuk memastikan kondisi awal, lalu memberikan pulsa HIGH selama mikrodetik untuk memicu sensor mengirimkan gelombang ultrasonik. Pantulan gelombang yang diterima oleh echoPin diukur durasinya menggunakan fungsi pulseln(). Selanjutnya, jarak dihitung dengan rumus distance = duration * 0.00344 / 2, di mana 0.0344 adalah kecepatan rambat suara dalam cm/µs dan dibagi 2 karena gelombang menempuh jarak pergi-pulang. Hasil pengukuran kemudian ditampilkan pada serial monitor dengan format “Distance: x cm” dan diulang setiap 500 milidetik. Program ini memungkinkan sistem untuk memantau jarak atau ketinggian air secara real-time dan dapat digunakan sebagai sistem kontrol otomatis.

Tabel 4. 2 Pengujian Sensor Ultrasonik

No	Penggaris (cm)	Sensor Ultrasonik (cm)	Error (%)
1	7,5	7,6	0,1
2	10,5	10,5	0
3	9,5	9,5	0
4	12	11,9	0,1

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 4.2, dapat dilihat bahwa perbedaan antara pengukuran manual menggunakan penggaris dan pembacaan sensor Ultrasonik sangat kecil, dengan nilai error berada pada kisaran 0% hingga 0,1%, pada pengujian pertama dengan jarak aktual 7,5 cm, sensor membaca 7,6 cm dengan error 0,1%, sedangkan pada pengujian dan ketiga (jarak 10,5 cm dan

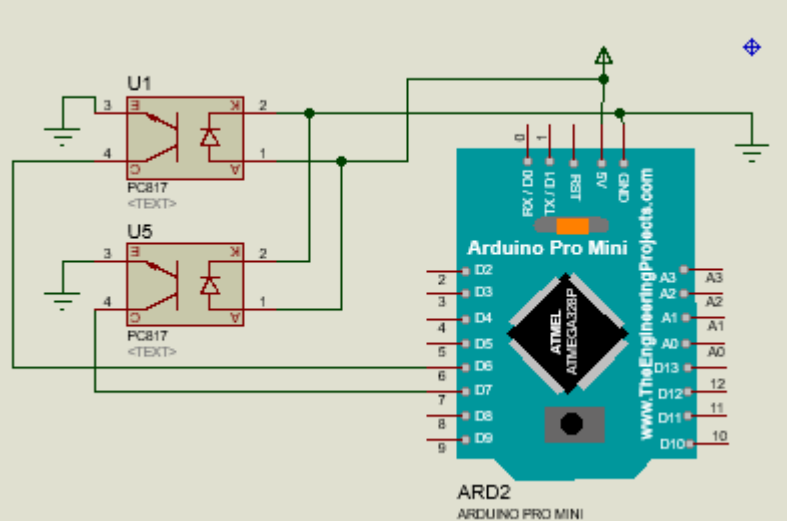
9,5 cm) sensor menunjukkan hasil yang sama persis dengan pengukuran manual sehingga error 0%. Pada pengujian keempat dengan jarak 12 cm, pembacaan sensor adalah 11,9 cm dengan error kembali sebesar 0,1%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi, dengan rata-rata error keseluruhan hanya 0,05%. Perbedaan kecil terjadi kemungkinan disebabkan oleh faktor lingkungan seperti suhu udara atau variasi kecil pada posisi objek, namun secara keseluruhan sensor bekerja sangat baik untuk

mengukur jarak dalam sistem prototipe pintu air otomatis.

2. Pengujian sensor Optocoupler

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan dan keefektifan sensor optocoupler dalam mendeteksi kecepatan putaran piringan dari baling-baling, serta mengirim sinyal dengan benar ke Arduino Pro Mini. Pada rangkaian ini, masing-masing sensor memiliki empat pin utama, yaitu VCC yang dihubungkan ke pin VCC Arduino untuk suplai tegangan 5V, GND yang dihubungkan ke graund Arduino, serta pin D0 (Digital Output) yang dihubungkan ke pin digital Arduino (misalnya pin 2 dan pin 4) untuk membaca sinyal deteksi. Setelah rangkaian terhubung, program pembacaan pulsa dari Optocoupler diunggah ke Arduino menggunakan Arduino IDE. Proses pengujian dilakukan dengan memutar piringan berlubang atau objek yang menjadi target deteksi di depan sensor. Ketika lubang atau celah melintas di antara pemancar dan penerima, sinar inframerah akan diterima dan menghasilkan perubahan logika pada pin D0, yang dibaca oleh Arduino. Perubahan ini kemudian dapat diamati melalui serial monitor dalam bentuk jumlah pulsa atau perhitungan kecepatan. Jika data yang

ditampilkan sesuai dengan putaran aktual, maka sensor Optocoupler dinyatakan berfungsi dengan baik dan siap digunakan sebagai bagian dari sistem pengukuran kecepatan arus air.



Gambar 4. 10 Pengujian Sensor Optocoupler

Adapun sketch program yang digunakan untuk menjalankan .fungsi sensor Optocoupler, yaitu:

```
#define SAM 4
#define SAK 2

unsigned int Puls1, Puls2;
float Speed1, Speed2;
unsigned long awal, limit=1000;
String SS1, SS2;


void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(SAM, INPUT);
  pinMode(SAM, INPUT);
}
```

```
void loop() {
   arusAir();
   Serial.println("Arus Masuk : "+SS1+" Meter/Menit");
   Serial.println("Arus Keluar : "+SS2+" Meter/Menit");
   Serial.println();
   String Data = "H1$"+SS1+'#'+SS2+"*S";
}

void arusAir() {
   Puls1=0; Puls2=0;
   awal=millis();
   while(millis()-awal<limit) {
      if(digitalRead(SAM)==LOW) Puls1++;
      if(digitalRead(SAK)==LOW) Puls2++;
   }
   Speed1 = Puls1*0.22/20.0;
   SS1 = String(Speed1,0);
   Speed2 = Puls2*0.22/20.0;
   SS2 = String(Speed2,0);
}
```

Program diatas merupakan kode Arduino yang digunakan untuk menguji sensor Optocoupler sebagai pendeteksi kecepatan aliran air. Pada bagian awal program dilakukan pendefinisian pin SAM (pin 4) dan SAK (2) sebagai input dari dua sensor Optocoupler. Variabel puls1 dan puls2 digunakan untuk menghitung jumlah pulsa yang diiterima dari masing-masing sensor, sedangkan variabel speed1 dan speed2 menyimpan hasil perhitungan kecepatan. Variabel awal dan limit sebagai acuan waktu pengukuran, dengan limit bernilai 1000. Pada fungsi setup(), komunikasi serial diinisialisasi sebagai baudrate 9600, serta kedua pin sensor diset sebagai input. Kemudian pada fungsi loop(), program memanggilkan fungsi arusAir() untuk menghitung jumlah pulsa dari sensor selama interval waktu tertentu. Data hasil pembacaan kemudian ditampilkan melalui serial monitor

dalam bentuk kecepatan arus masuk dan arus keluar, yang ditampilkan dalam satuan meter/menit. Fungsi arusAir() sendiri berfungsi untuk menghitung jumlah pulsa yang diterima dari kedua sensor Optocoupler. Perhitungan dilakukan dengan membaca kondisi logika dari pin sensor, dan setiap kali terdeteksi logika LOW, maka nilai pulsa akan bertambah satu. Setelah perhitungan pulsa selesai, nilai tersebut dikonversi menjadi kecepatan dengan rumus speed = Pulse * 0.22 / 20.0, di mana konstanta 0.22 merupakan keliling pringan sensor, sedangkan 20 adalah jumlah lubang pada piringan. Hasil perhitungan kecepatan kemudian diubah menjadi string (SS1 dan SS2) agar mudah ditampilkan pada serial monitor.

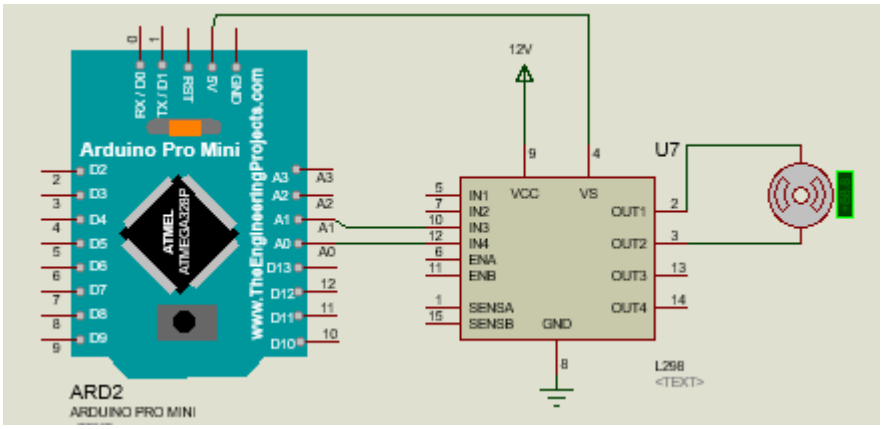
Tabel 4. 3 Pengujian Sensor Optocoupler

No	Kecepatan Aktual (RPM)	Pembacaan Sensor (RPM)	Error (%)
1	100	99	1,00
2	200	198	1,00
3	300	297	1,00
4	400	396	1,00

Berdasarkan tabel pengujian sensor Optocoupler, rata-rata error pembacaan sensor adalah 1%, yang menunjukkan tinkat akurasi sangat baik untuk pengukuran kecepatan. Perbedaan kecil antara hasil pengukuran aktual dan pembacaan sensor kemunkinan disebabkan oleh keterbatasan resolusi pirigan bercelah atau fluktuasi kecil pada kecepatan putaran selama pengukuran. Secara keseluruhan, hasil pengujian membuktikan bahwa sensor Optocoupler dapat digunakan secara andal dalam sistem prototipe pintu air otomatis untuk mendeteksi kecepatan atau jumlah putaran.

3. Pengujian Motor DC 12V

Pengujian motor DC 12V dilakukan dengan memanfaatkan driver motor L298N yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Pro Mini. Motor DC dihubungkan pada output driver L298N (out1 dan out2), sedangkan bagian input driver dihubungkan ke pin digital Arduino sebagai pengatur arah kecepatan putaran motor. Sumber tegangan 12V diberikan pada terminal input daya driver L298N untuk menyuplai kebutuhan motor, sementara 5V digunakan untuk logika kontrol. Proses pengujian dilakukan dengan memberikan program sederhana atau memberikan sinyal PWM (Puls Width Modulation) pada pin enable. Melalui pengaturan logika pada pin kontrol, motor dapat diuji putaran searah jarum jam (CW) maupun berlawanan arah jarum jam (CCW).



Gambar 4. 11 Rangkaian Pengujian Motor DC

Hasil pengujian diamati dengan melihat respon motor dari segi arah putaran.

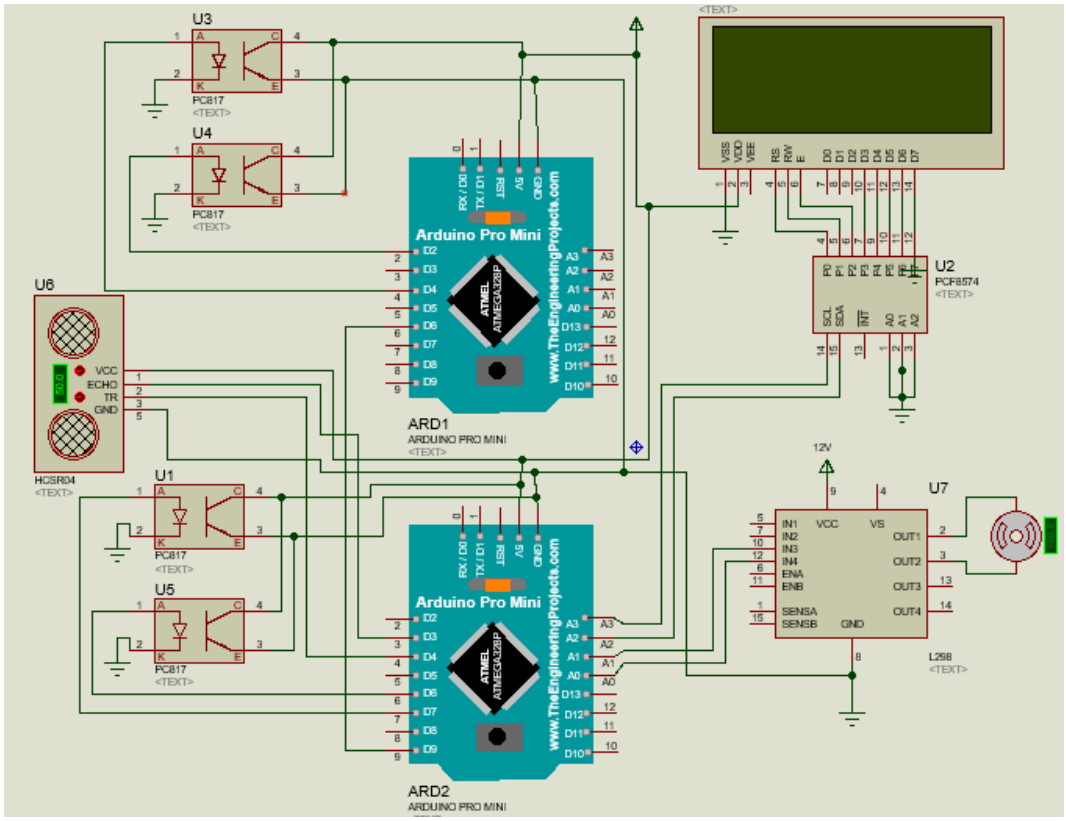
Tabel 4. 4 Pengujian Motor DC dengan PWM 225 Pada Pintu Air

Waktu (s)	**Lebar Pintu Terbuka (cm)**	**Waktu**	
		Naik (s)	**Turun (s)**
10	1,3	10	12
15	1,9	15	17
20	2,8	20	23
25	4	25	27

Berdasarkan tabel 4.4 pengujian motor DC dengan PWM 225, dapat dilihat bahwa lebar bukaan pintu air meningkat secara bertahap seiring dengan bertambahnya waktu. Pada detik ke-10 pintu terbuka sekitar 1,3 cm, kemudian bertambah menjadi 1,9 cm pada detik ke-15, 2,8 cm pada detik ke-20, dan mencapai 4 cm pada detik ke-25. Hal ini menunjukkan bahwa motor DC mampu menggerakkan mekanisme pintu air secara stabil dan konsisten dalam membuka pintu. Dari sisi waktu naik dan turun, terlihat bahwa waktu turunnya pintu lebih lama dibandingkan waktu naiknya, misalnya pada detik ke-10 motor membutuhkan 10 detik untuk naik, sedangkan turun membutuhkan 12 detik, dan pada detik ke-25 waktu naik tercatat 25 detik sementara turun 27 detik. Perbedaan ini mengindikasikan adanya beban tambahan atau hambatan mekanis saat pintu bergerak turun, seperti gesekan pada rel atau pengaruh gaya gravitasi yang tidak sepenuhnya membantu pergerakan pintu. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa pengaturan PWM 225 mampu memberikan respon motor yang cukup baik dalam mengendalikan pintu air, meskipun terdapat sedikit perbedaan antara waktu naik dan turun yang dapat diperbaiki melalui optimasi mekanik atau penyesuaian kontrol motor.

4. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak pada prototipe pintu air otomatis berbasis Arduino dapat bekerja secara terintegrasi sesuai dengan perancangan. Tahap pertama dilakukan pengecekan catu daya 5V dan 12V untuk memastikan tegangan masuk sesuai kebutuhan masing-masing modul, dimana 5V untuk Arduino Pro Mini, sensor Optocoupler, sensor Ultrasonik, dan LCD, sedangkan 12V digunakan untuk motor penggerak pintu air dan pompa air melalui modul driver motor L298N. Selanjutnya dilakukan pengecekan sensor untuk memastikan sinyal yang diterima Arduino dapat terbaca dengan benar. Hasil pembacaan sensor ditampilkan pada layar LCD sebagai indikator kerja sistem. Setelah itu, dilakukan pengecekan aktuator, yakni motor penggerak pintu air dan pompa air, dengan cara memberikan kondisi tertentu pada sensor untuk melihat apakah pintu air dapat terbuka/tertutup secara otomatis dan pompa air dapat menyala. Pengujian dilakukan secara bertahap, mulai dari uji sensor, tampilan LCD, hingga respon motor, sehingga dapat dipastikan keseluruhan rangkaian bekerja sesuai rancangan.



Gambar 4. 12 Pengujian Rangkaian Keseluruhan

Dengan rangkaian ini dapat dilakukan pengujian menyeluruh mulai dari fungsi sensor, tampilan data, hingga respon aktuator sesuai logika program yang telah dibuat.

Tabel 4. 5 Pengujian Sistem Pada Kondisi Air Bendungan Kosong

No	A (m/s)	B (s)	C (cm)	D	E (cm)	F	G (s)	H (m/s)
1	35	34	10	Tutup	14	Buka	5	19
2	39	27	10	Tutup	14	Buka	6	25
3	41	24	10	Tutup	14	Buka	6	28
4	43	21	10	Tutup	14	Buka	7	32
5	46	19	10	Tutup	14	Buka	7	35

Keterangan Tabel:

A: Arus Air Masuk

B: Waktu Yang Dibutuhkan Air Sampai Batas Maks

C: Batas Minimum

D: Status Pintu

E: Batas Maksimum

F: Status Pintu

G: Waktu Pintu Terbuka

H: Arus Air Keluar

Berdasarkan hasil pengujian, dapat dilihat bahwa arus air masuk berpengaruh signifikan terhadap waktu yang dibutuhkan untuk mencapai batas ketinggian maksimum bendungan. Pada arus air masuk sebesar 35 m/s, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai batas air maksimum adalah 34 detik, sedangkan pada arus masuk tertinggi sebesar 46 m/s, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai batas air maksimum berkurang menjadi 20 detik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar arus air masuk, semakin cepat ketinggian air air bendungan mencapai batas maksimum, karena volume air yang masuk setiap detik lebih besar. Selama pengujian, ketinggian awal air bendungan berada pada 0 cm, dengan ketinggian air yang dipertahankan pada rentang 10-14 cm, dimana di ketinggian air 10 cm status pintu masih tertutup dan terbuka jika ketinggian air di 14 cm menandakan bahwa sistem pengukuran tinggi air bekerja secara stabil dan konsisten dalam memantau perubahan permukaan air. Status pintu yang tetap tertutup pada kondisi ini memperlihatkan bahwa sistem kontrol hanya akan

mengaktifkan pembukaan pintu ketika ketinggian air telah melewati batas aman yang telah ditentukan. Sementara itu, pada data pengujian pembukaan pintu, terlihat bahwa lamanya waktu pintu terbuka mempengaruhi besarnya arus air yang keluar. Semakin besar arus air yang masuk ke dalam bendungan, semakin tinggi volume air yang tertampung dalam waktu singkat. Hal ini membuat sistem membuka pintu lebih lama atau dengan debit yang lebih besar, sehingga arus air keluar ikut meningkat. Pembukaan pintu selama 5 detik menghasilkan arus 19 m/s, sedangkan pembukaan selama 7 detik dapat meningkatkan debit air yang keluar hingga 35 m/s. Hal ini mengindikasikan bahwa kontrol durasi pembukaan pintu sangat berpengaruh terhadap kecepatan penurunan ketinggian air bendungan.

Tabel 4. 6 Kondisi Semula Air Bendungan di Ketinggian 7,5 cm

No	**A (m/s)**	**B (s)**	**C (cm)**	**D**	**E (cm)**	**F**	**G (s)**	**H (m/s)**
1	35	25	10	Tutup	14	Buka	5	19
2	39	19	10	Tutup	14	Buka	6	25
3	41	18	10	Tutup	14	Buka	6	28
4	43	16	10	Tutup	14	Buka	7	32
5	46	15	10	Tutup	14	Buka	7	35

Keterangan Tabel:

A: Arus Air Masuk

B: Waktu Yang Dibutuhkan Air Sampai Batas Maks

C: Batas Minimum

D: Status Pintu

E: Batas Maksimum

F: Status Pintu

G: Waktu Pintu Terbuka

H: Arus Air Keluar

Berdasarkan hasil pengujian sistem secara keseluruhan, terlihat bahwa besarnya arus air masuk berpengaruh langsung terhadap waktu yang dibutuhkan air untuk mencapai batas ketinggian maksimum bendungan. Pada kondisi arus air masuk sebesar 35 m/s, waktu yang dibutuhkan hingga batas maksimum adalah 25 detik. Seiring meningkatnya arus air masuk menjadi 46 m/s, waktu tersebut menurun menjadi 15 detik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar arus air masuk, laju kenaikan ketinggian air di bendungan semakin cepat sehingga waktu untuk mencapai batas ketinggian maksimum semakin singkat. Kondisi ketinggian awal air bendungan yang terukur berada pada 7,5 cm, dengan batas ketinggian air yang terjaga pada rentang 10-14 cm, dimana di ketinggian air 10 cm status pintu masih tertutup dan terbuka jika ketinggian air di 14 cm menunjukkan bahwa sistem pengukuran ketinggian bekerja dengan stabil dan konsisten pada setiap percobaan. Waktu pembukaan pintu berpengaruh terhadap besarnya arus air yang keluar. Semakin besar arus air yang masuk ke dalam bendungan, semakin tinggi volume air yang tertampung dalam waktu singkat. Hal ini membuat sistem membuka pintu lebih lama atau dengan debit yang lebih besar, sehingga arus air keluar ikut meningkat. Pembukaan pintu selama 5 detik menghasilkan arus air keluar sebesar 19 m/s, sedangkan pembukaan selama 7 detik dapat meningkatkan arus air yang keluar hingga 35 m/s. Data ini mengindikasikan bahwa semakin

lama pintu terbuka, debit air yang keluar dari bendungan semakin besar. Dengan demikian, sistem pintu air otomatis yang dirancang dapat merespon perubahan debit air dengan baik, menjaga ketinggian air bendungan dalam batas aman, dan mengatur laju pengeluaran air sesuai kebutuhan. Analisis ini memperlihatkan bahwa hubungan antara variabel arus masuk, waktu pencapaian batas ketinggian, dan pengaturan pintu air memiliki korelasi yang jelas dan konsisten sesuai tujuan perancangan sistem.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian terhadap prototipe pintu air otomatis pada bendungan berbasis Arduino, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem prototipe berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan Arduino Pro Mini sebagai pengendali utama, sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian air, dan motor DC sebagai aktuator untuk membuka dan menutup pintu air secara otomatis.
2. Sistem ini dapat merespon perubahan ketinggian air dengan akurasi yang cukup baik dan melakukan aksi secara otomatis sesuai dengan batas ambang ketinggian yang telah ditentukan, yaitu 14 cm.
3. Arus air masuk memiliki pengaruh langsung terhadap waktu pencapaian batas maksimum ketinggian air. Dari data pengujian, ketika arus air yang masuk sebesar 35 m/s, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai ketinggian 14 cm adalah 25 detik. Namun ketika arus air masuk ditingkatkan menjadi 46 m/s, waktu yang dibutuhkan berkurang menjadi hanya 15 detik. Dengan demikian dapat disimpilkan bahwa semakin besar arus air yang masuk, semakin cepat air mencapai ketinggian maksimum.
4. Mekanisme pintu air untuk penyeimbangan debit air masuk dan keluar. Walaupun status pintu dalam kondisi tertutup pada saat pengisian,

dimana di ketinggian air 10 cm status pintu masih tertutup dan terbuka jika ketinggian air mencapai 14 cm, sistem secara otomatis mengatur waktu bukaan pintu (5-7 detik), semakin besar arus air yang masuk ke dalam bendungan, semakin tinggi volume air yang tertampung dalam waktu singkat. Hal ini membuat sistem membuka lebih lama atau dengan debit yang lebih besar, sehingga arus air keluar ikut meningkat. Itulah sebabnya ketika arus air masuk bertambah dari 35 m/s menjadi 46 m/s, arus keluar juga meningkat dari 19 m/s menjadi 35 m/s.

5. Secara keseluruhan, prototipe pintu air otomatis berbasis Arduino telah berhasil bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem ini mampu mengatur ketinggian air bendungan secara efisien dengan memanfaatkan sensor dan aktuator sebagai pengendali buka-tutup pintu air. Dengan adanya sistem ini, resiko terjadinya kelebihan debit atau meluapnya air dapat diminimalisir.

B. Saran

Berdasarkan penelitian ini, berikut adalah beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Pengembangan lebih lanjut diperlukan pada skala dan kekuatan motor penggerak, agar mampu menangani beban pintu air bendungan yang sesungguhnya.
2. Sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan koneksi internet (IoT) agar dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh oleh operator melalui aplikasi atau web.

3. Diperlukan penggunaan sensor tambahan seperti sensor curah hujan untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat dan adaptif terhadap konndisi lingkungan.
4. Pengujian sistem sebaiknya dilakukan pada lingkungan yang lebih menyerupai kondisi nyata, baik dari segi ukuran, tekanan air, maupun faktor cuaca, guna memastikan keandalan sistem secara keseluruhan.
5. Perlu dibuat sistem cadangan manual atau pengaman tambahan jika terjadi gangguan listrik atau kesalahan sistem, untuk menjamin keselamatan operasional bendungan.

DAFTAR PUSTAKA

Marsudi, S., & Lufira, R. D. (2021). *Morfologi Sungai*. CV. Ae Media Grafika..

Mardiatno, D., & Marfai, M. A. (2021). *Analisis bencana untuk pengelolaan daerah aliran sungai (das): studi kasus kawasan hulu das Comal*. Ugm Press.

Dibyosaputro, S., Nugraha, H., Darusasi, R., & Hadmoko, D. S. (2024). BANJIR LAHAR. *Banjir Lahar Pembentukan Proses Dampak dan Mitigasinya*, 45.

Syukur, A. (2021). *Buku Pintar Penanggulangan Banjir*. Diva Press.

Dwiyanto, R. (2019). PROTOTYPE PENGENDALI PINTU AIR SUNGAI SECARA OTOMATIS MENGGUNAKAN ARDUINO DALAM MEMONITORING KETINGGIAN DAN ARUS AIR (STUDY KASUS KELURAHAN KROBOKAN SEMARANG).

Rifai, A., Sembiring, A., Sitepu, K. A. B., & Jalil, S. M. (2025). SISTEM MONITORING DAN KONTROL PINTU BENDUNGAN BERBASIS NODEMCU DAN ENERGI TERBARUKAN. *Jurnal TIMES*, *14*(1), 175-181.

Al Rahman, M. A., Finawan, A., & Dewi, A. F. (2025, May). Perancangan Prototype Sistem Pengaturan Pintu Air Otomatis Pada Bendungan Alue Ubay Paya Bakong Aceh Utara Berbasis Internet Of Things. In *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* (Vol. 8, No. 1, pp. 187-191).

Abdullah, R. A., Sutara, B., & Suhayati, M. (2025). DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION PROTOTYPE FOR MPP MINI SUMEDANG. *Jurnal Riset Teknik Informatika*, *1*(3), 193-201.

Efendi, S. S., Mediawan, Y., & Riandini, K. (2019). Perumusan Kebutuhan Tenaga Ahli Dalam Pembangunan Infrastruktur Bendungan Dalam Upaya Pengelolaan Sumber Daya Air. *Kementrian PUPR*, 1-12.

Lawtanius, A., Sunik, S., & Suswati, A. C. S. P. (2023). Pemodelan Nilai Koefisien Debit Pada Pintu Air. *Jurnal Teknik Sipil*, *1*(2), 44-63.

Manengal, V. D., Lumenta, A. S., & Rumagit, A. M. (2014). Perancangan sistem monitoring mengajar berbasis mikrokontroler Atmega 8535. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, *3*(3), 19-25.

Utama, Y. A. K. (2016). Perbandingan Kualitas Antar Sensor Suhu dengan Menggunakan Arduino Pro Mini. *e-NARODROID*, *2*(2).

AGUNG, S. S. (2022). PENYEBAB KERUSAKAN MOTOR LISTRIK PENGGERAK POMPA HIDRAULIK CRANE SAAT PROSES BONGKAR MUAT DI MV. SINAR SEJATI. *KARYA TULIS*.

Widharma, I. G. S., Saputra, K. D. W., Purnamayana, I. M. S., Anam, S., & Prawiradnyana, I. G. P. B. (2020). Sensor Ultrasonik dalam Water Level Controller. *Politek. Negeri Bali*, *1*(1), 1-11.

Fajar, M. (2019). *RANCANG BANGUN ALAT PELARUT PCB BERBASIS ARDUINO UNO* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).

Yudhistira, J. P., Umbara, M., Namira, M., Rafferty, R., Ikhsani, A., Tua, G., & Paundra, F. (2025). Miss alignment pompa 42-P-301 A tandhem seal pada area oil movement PT. XYZ. *Perwira Journal of Science & Engineering*, *5*(1), 161-164.