

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian sebelumnya yang bisa dijadikan pertimbangan dengan tujuan untuk membedakan antara penelitian penulis dan dengan penelitian lain untuk memperkuat bahwa penelitian ini dibuat dengan asli dan dibuat dengan hasil pekerjaan dari penulis, dari penelitian sebelumnya dapat dijadikan kajian yakni sebagai berikut :

Penelitian yang dilakukan Agi Muhammad Ramdani dkk pada bulan oktober tahun 2018 dengan judul “Simulasi Jembatan Buka Tutup Otomatis Berbasis IOT Menggunakan Metode Sensor Fusion” merupakan penelitian pada jembatan untuk perlintasan kendaraan motor dan mobil tetapi dibuat secara otomatis untuk membuka dan menutup saat kapal melintas. Dalam penelitian ini, data diproses menggunakan mikrokontroler Arduino Mega. Alat ini dilengkapi dengan jenis jembatan tunggal yang dapat membuka hingga sudut 0-90°. Sistem kendali PID diterapkan untuk meningkatkan respons jembatan saat membuka atau menutup. Sensor akan memproses data menggunakan metode Sensor Fusion. Untuk koneksi internet, alat ini menggunakan modul SIM800L V.2. [9].

Pada penelitian yang dilakukan Muhammad Naufal Rabbani pada bulan Januari tahun 2023 dengan judul “Rancang Bangun Jembatan Otomatis *Prototype* Berbasis Arduino Uno” Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (RnD) untuk mendeskripsikan dan menjelaskan proses pembuatan alat penyangga jembatan otomatis berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Hasil eksplorasi menunjukkan bahwa jembatan akan membuka dan menutup sesuai kerangka yang direncanakan. Rencananya alat peraga ini telah selesai dikerjakan dengan proses perakitan dan pengumpulan. Rentang terprogram ini memiliki dua komponen pengembangan, yaitu pembukaan dan penutupan tertentu. Mesin DC dengan informasi 12V digunakan untuk menggerakkan kedua instrumen. Sinyal informasi tersebut dikirimkan ke mikrokontroler yang kemudian memberikan

perintah kepada driver mesin L293B untuk mengontrol arah putaran dan kecepatan mesin DC. Sensor infra merah tipe E18-D50NK digunakan untuk membedakan keberadaan model, dan instrumen ini memerlukan catu daya 12V. [10].

Pada penelitian yang dilakukan Juanda Beriman Sitorus dan Regina Mutiara pada bulan Mei tahun 2021 dengan judul “ Rancan Bangun Sistem Kontrol Miniatur Jembatan Otomatis Keberadaan Kapal Yang Melebihi Batas Ketinggian Berbasis Arduino Mega” merupakan penelitian yang membahas rancang bangun buka tutup jembatan secara otomatis [11]. Dalam penelitian ini, digunakan Arduino Mega 2560, sensor IR *Obstacle*, dan motor servo. Bagian dari jalur lalu lintas darat, memiliki modul traffic light fungsinya bertugas mengatur arus lalu lintas antara darat dan laut. Selain itu, terdapat juga LCD sebagai media untuk menampilkan informasi saat kapal melintas atau berangkat.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Didi Jubaedi dan Devi Sukrisna pada tanggal 17 Oktober tahun 2018 dengan Judul Penelitian “Rancang Bangun *Prototype* Palang Pintu Kereta Api Otomatis Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor Hc-Sr04” merupakan penelitian yang membahas mengenai pembuatan *prototype* pada palang pintu perlintasan kereta api. Penelitian tersebut menggunakan komponen komponen berupa Sensor ultrasonic, motor servo, LCD, *Buzzer* dan LED yang akan di jalankan oleh Arduino UNO R3[12]. Pengujian yang dilakukan pada penelitian tersebut yakni menguji setiap komponen yang digunakan mulai dari, sensor ultrasonic diuji dengan mencari level terulur dan level yang terdeteksi oleh sensor tersebut. Pengujian *Buzzer* dan LED mencari kondisi menyala dan berbunyi atau tidaknya kedua komponen tersebut.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Heri Kusnadi dkk pada bulan juni tahun 2022 dengan judul “Simulasi Teknologi Jembatan Otomatis pada Jalur Kapal Laut Dengan Mikrokontroler ATmega 8” yakni pada penelitian Heri Kusnadi dkk mensimulasikan dan merancang pembuatan *prototype* jembatan otomatis pada jalur kapal. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler ATmega 8 dan sensor photodiode, pengujian pada sensor *photodiode* dilakukan dengan menyambungkan motor servo ke mikrokontroler berisi listing dari program yang fungsinya dapat menaik turunkan jembatan [13].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sandi Tirta dan Arief Goeritno pada bulan September tahun 2019 dengan judul “Simulator Berbasis PLC untuk Pengaturan Lalu-lintas Jalan Raya pada Perlintasan Jalur Kapal” membuat alat simulator berbasis *Programable Logic Controler* (PLC) Metode penelitian ini melibatkan perakitan dari prototipe. Sistem Pada Pemrograman PLC dilakukan dengan menentukan algoritma dan menyusun sintaksis. Estimasi eksekusi diselesaikan selama metode yang melibatkan pengangkatan dan penurunan badan bentang yang lebih kecil dari yang diharapkan. Hasil perakitannya antara lain pemasangan sejumlah sensor, pembuatan miniatur badan jembatan, dan palang pintu dengan dukungan motor servo [14].

Penelitian dari Attariq Chrisna Subbban, Yulianto, Sungkono dengan judul penelitian otomatisasi pencampuran pakan ayam menggunakan metode PID berbasis Arduino Uno. Pada penelitian tersebut merancang sebuah alat pencampur pakan menggunakan mesin (*mixer*). Alat ini menggunakan sensor kecepatan yaitu Load Cell dan diatur menggunakan mikrokontroller Arduino Mega. Metode yang digunakan oleh alat ini menggunakan Proportional, Integral dan Derivative atau biasa disingkat dengan PID. Pada alat ini menggunakan motor servo sebagai aktuator untuk mengatur buka tutup *valve* untuk menurunkan komposisi pakan menuju ke proses penimbangan dan mengatur turunnya pakan ke proses pengaduk (*mixer*) [15].

Penelitian dari Yuhan Fitria Agi Muhammad Ramdani dkk, Muhammad Naufal Rabbani, Juanda Beriman Sitorus dan Regina Mutiara, Heri Kusnadi dkk mempunyai latar belakang yang sama yaitu pada jembatan yang dibuat secara otomatis untuk membuka dan menutup ketika kapal melintas. Penelitian beberapa penulis tersebut menggunakan merk mikrokontroler yang sama yaitu Arduno, tetapi beberapa penelitian tersebut menggunakan jenis jenis yang berbeda seperti mikrokontroler Arduino Uno, Arduino Mega, miktokontroler Atmega 8 dan Arduino Mega, dari kajian yang dilakukan oleh penulis yakni terdapat alasan penulis menggunakan Arduino Nano sebagai mikrokontroler dalam penelitian rancang bangun jembatan otomatis untuk membuka dan menutup celah peron yaitu pada penelitian yang sudah dikaji penulis menyimpulkan bahwa mikrokontroler yang digunakan pada penelitian sebelumnya tingkat akurasi dan tingkat

keberhasilan dalam memproses sistem sangat akurat dan bekerja dengan baik sehingga penulis menggunakan mikrokontroler tersebut.

Penelitian dari Didi Jubaedi bersama dengan Devi Sukrisna dan Penelitian dari Sandi Tirta bersama dengan Arief Goeritno mempunyai latar belakang yang berbeda tetapi cara kerja sistem yang hampir serupa yakni menggunakan sensor ultrasonic dan sensor proximity untuk mendeteksi keberadaan benda atau miniatur peraga dalam penelitian tersebut. Dari kedua penelitian tersebut penulis mengkaji kedua sensor yang digunakan yang telah diuji oleh kedua peneliti mempunyai keunggulan dalam pengoperasiannya, mulai dari sensor ultrasonic yang bisa mengukur jarak sesuai dengan alat ukur konvensional yaitu penggaris. Kemudian Sensor Proximity dapat bekerja dengan baik pembacaan pada saat pengoperasiannya, penulis dalam hal ini memilih kedua sensor tersebut untuk penelitiannya karena berdasarkan pengujian yang telah dilakukan oleh dua peneliti sebelumnya.

Penelitian diatas dari Yuhan Fitria, Juanda Beriman Sitorus bersama dengan Regina Mutiara, Didi Jubaedi bersama dengan Devi Sukrisna dan penelitian dari Heri Kusnadi dkk, menggunakan empat persamaan aktuator yakni menggunakan motor servo sebagai penggerak untuk *prototype* yang digunakan dalam penelitian tersebut, pada penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya Motor servo dapat bekerja dengan baik sesuai desain. Penulis menggunakan motor servo setelah mengkaji dari penelitian tersebut sebagai landasan dasar dalam mengambil keputusan.

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya

Penulis	Judul	Tahun	mikrokontroler	Sensor	Aktuator
Yuhan Fitria	Prototipe Sistem Buka Tutup Bascule Bridge Otomatis Untuk Perlintasan Kapal Berbasis Arduino Mega	2018	Arduino Mega	Sensor Infrared dan Photodiode	Motor Servo
Agi Muhammad Ramdani, Noor Cholis Basjaruddin dan Edi Rakhan	IOT-Based Automatic Bridge Opening and Closing Simulation Using the Sensor Fusion Method	2018	Arduino Mega	Sensor Ultrasonic HC-SR04	Motor DC
Muhammad Naufal Rabbani	Rancang Bangun Jembatan Otomatis <i>Prototype</i> Berbasis Arduino Uno	2023	Arduino Uno	Sensor Infrared tipe E18-D50NK	Motor DC
Juanda Beriman Sitorus dan Regina Mutiara	Plan to Build an Automatic Miniature Bridge Control System for Ship Exceeding Height Limits Based on Arduino Mega	2021	Arduino Mega	Sensor IR Obstacle Infrared	Motor Servo
Didi Jubaedi dan Devi Sukrisna	Rancang Bangun <i>Prototype</i> Palang Pintu Kereta Api Otomatis Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor Hc-Sr04	2018	Arduino Uno	Sensor Ultrasonic HC-SR04	Motor Servo
Heri Kurnadi, Amrullah, Egi Affandi dan Ika Ucha Pradifta	Simulasi Teknologi Jembatan Otomatis pada Jalur Kapal Laut Dengan Mikrokontroler ATmega 8	2022	ATmega 8	Sensor Photodiode	Motor Servo
Sandi Tirta dan Arief Goeritno	PLC-Based Simulator for Highway Traffic Management at Ship Lane Crossings	2019	PLC FX0N-24RAM	Sensor Proximity	Motor DC

Atthariq Chrisna Subhan, Yulianto, Sungkono	Otomatisasi Pencampuran Pakan Ayam Menggunakan Metode Pid Berbasis Arduino Uno	2024	Arduino Mega 2560	Sensor Proximity	Motor Servo dan Motor DC
------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	------	----------------------	---------------------	-----------------------------

## 2.2 DASAR TEORI

Pada sub-bab ini membahas mengenai dasar teori yang penulis gunakan sebagai acuan dan komponen yang diperlukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

### 2.2.1 Peron

Dalam Undang – Undang yang ada di Menteri Perhubungan Nomor : PM.29 Tahun 2011 Tentang Syarat Teknis Bangunan Stasiun Kereta Api yakni Peron adalah bangunan yang terletak di samping jalur kereta api yang berfungsi untuk naik turun penumpang [16]. Peron sebagai halaman yang terdapat pada stasiun kereta api untuk digunakan sebagai tempat penumpang menunggu atau sebagai tempat naik turun pengguna kereta.

Dalam persyaratan teknis tinggi dan lebar peron juga terdapat dalam PM.29 Tahun 2011 tentang persyaratann pembangunan.

A. Ketinggian peron terbagi menjadi:

1. Peron tinggi, memiliki tinggi sebesar 1000 mm, dapat diukur dari awal rel.
2. Peron sedang, memiliki tinggi sebesar 430 mm, dapat diukur dari awal rel.
3. Peron rendah, memiliki tinggi sebesar 180 mm, dapat diukur dari awal rel.

B. Jarak dari tepi peron ke pusat jalan rel:

1. Peron tinggi, memiliki jarak sebesar 1600 mm untuk jalur lurus dan 1650 mm untuk jalur lengkungan.
2. Peron sedang, memiliki jarak sebesar 1350 mm.
3. Peron rendah, memiliki jarak sebesar 1200 mm.

C. Lebar dari Peron dapat dihitung berdasarkan jumlah pengguna KRL , dengan rumus sebagai berikut:

$$b = \frac{0,64 m^2}{I} / orang \times V \times LF \quad (2.1)$$

Dimana :

b = Lebar peron (meter)

v = Rata-rata dari jumlah penumpang pada jam sibuk dalam satu tahun (orang)

LF = *Load factor* (80%).

I = Panjang peron sesuai dengan rangkaian dengan rangkaian paling panjang kereta api penumpang yang digunakan (meter).

D. Lebar peron yang dihitung dengan rumus tersebut tidak boleh melewati batas lebar minimal peron, yang ditentukan sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Perhitungan Lebar Peron

No.	Jenis Peron	Di antara dua jalur	Di tepi jalur
1.	Tinggi	2 meter	1.65 meter
2.	Sedang	2.5 meter	1.9 meter
3.	Rendah	2.8 meter	2.05eter

E. Lantai peron tidak menggunakan material yang licin.

F. Peron sekurang-kurangnya dilengkapi dengan:

1. Lampu
2. Papan petunjuk jalur;
3. Papan petunjuk jalur;
4. Batas aman peron.



**Gambar 2. 1 Peron Pada Stasiun Kereta [17]**

Dikutip dari kamus Besar bahasa Indonesia Stasiun kereta api adalah, stasiun kereta api adalah tempat menunggu calon penumpang kereta api dan lainnya; tempat bernetinya kereta api dan lainnya [18].

Peraturan Menteri Perhubungan juga terdapat peraturan yakni pada : PM. 33 Tahun 2011 mengenai kelas, aktivitas dan jenis di Stasiun Kereta Api, stasiun kereta api menurut jenis-jenis terbagi menjadi tiga, yakni :

Fungsi dari stasiun penumpang adalah tempat bagi penumpang kereta api untuk naik dan turun. Sementara itu, stasiun barang digunakan khusus untuk kegiatan bongkar muat barang.

Stasiun operasi didesain untuk keperluan pengoperasian kereta api dan harus dilengkapi dengan fasilitas yang mendukung keselamatan dan operasional kereta api. [19].

### 2.2.2 Kereta Rel Listrik

Kereta rel listrik merupakan suatu jenis kereta api yang bergerak dengan sistem propulsor motor listrik, pada dasarnya kereta rel listrik ini sama dengan kereta api biasa, termasuk rangkaian gerbong – gerbongnya. Perbedaan terdapat pada sumber tenaga penggerak motornya, tenaga yang dihasilkan dari sebuah pembangkit listrik yang diteruskan menuju motor listrik penggerak roda – roda utama [20] . Jumlah pengguna KRL mencapai sekitar 330 ribu orang setiap hari di daerah Jabodetabek, mengalami peningkatan signifikan dari tahun 2014 yang mencatatkan 735 ribu penumpang harian. Pada tahun 2015, PT KCJ melaporkan angka pengguna KRL sekitar 850 ribu penumpang setiap hari di Jabodetabek. Statistik menunjukkan tren positif dengan peningkatan jumlah penumpang sebesar 138% dalam empat tahun terakhir. KRL menjadi alternatif transportasi bagi warga perkotaan, terutama yang dikenal sebagai commuter line. Khususnya di kalangan pekerja dan mahasiswa, KRL populer karena harganya yang terjangkau dan memenuhi kebutuhan mobilitas, terutama bagi mereka yang belum memiliki kendaraan pribadi. [21].



**Gambar 2. 2 Kereta Rel Listrik [21]**

### 2.2.3 Mikrokontroler ATMEGA 328

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil (*"special purpose computers"*) di dalam satu IC yang berisi CPU, memori, *timer*, saluran komunikasi serial dan paralel, Port input/output, ADC. Mikrokontroller digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program [22].

ATMEGA328 sebagai *Microcontrollernya*, memiliki 14 pin I/O digital dan 6 pin input analog [22]. Mikro ini termasuk dalam seri AVR yang diproduksi oleh Atmel, dengan jenis lainnya seperti ATmega8535, Mega16, dan sebagainya. ATmega328 memiliki 28 pin, masing-masing dengan fungsi sebagai *port* [23].

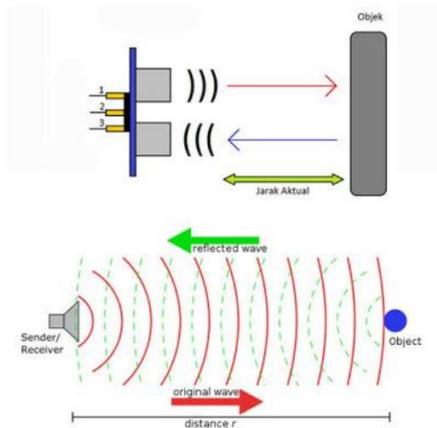
### 2.2.4 Sensor

Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk mengubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu. Hampir seluruh peralatan elektronik yang ada mempunyai sensor didalamnya [24]. Pada penelitian ini penulis menggunakan dua buah sensor yakni :

#### A. Sensor Ultrasonic

Sensor ultrasonik merupakan perangkat yang memiliki fungsi untuk mengonversi sinyal fisik, khususnya dalam bentuk bunyi, menjadi tanda listrik dan sebaliknya. Sensor ini didasarkan pada cara gelombang suara dipantulkan, yang memungkinkan untuk menginterpretasikan jarak suatu objek menggunakan frekuensi tertentu. Nama "ultrasonik" diberikan karena sensor ini menggunakan gelombang suara ultrasonik [25].

Cara kerja sensor ultrasonik melibatkan pembangkitan gelombang ultrasonik melalui perangkat bernama piezoelektrik dengan frekuensi khusus, seringkali pada tingkat 40kHz. Piezoelektrik ini menghasilkan gelombang ultrasonik saat diberi osilasi pada suatu objek. Secara umum, perangkat ini mengarahkan gelombang ultrasonik ke suatu area atau target. Setelah gelombang menyentuh permukaan obyektif, obyektif akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Sensor kemudian, pada saat itu, menangkap gelombang yang dipantulkan dari tujuan dan menentukan perbedaan waktu antara pengiriman dan penerimaan gelombang [25].



**Gambar 2. 3 Prinsip dari Sensor HCSR04 Dengan Reveiver dan Transmitter**

Sensor Ultrasonik Dengan Single Sensor Yang Berfungsi Sebagai *Transmitter* dan *Reveiver* sekaligus [25]. Cara kerja sensor ultasonik yakni adalah:

- 1) Sinyal dikeluarkan oleh pemancar ultrasonik pada waktu yang ditentukan dan frekuensi, dengan frekuensi melebihi 20kHz. Untuk aplikasi sensor jarak, frekuensi umum yang digunakan yakni 40kHz.
- 2) Sinyal yang dikeluarkan akan berjalan sebagai gelombang suara dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Apabila *signal* tersebut bertemu dengan suatu objek, objek tersebut akan memantulkan kembali sinyal tersebut.
- 3) Setelah itu pantulan gelombang mencapai alat penerima, sinyal tersebut diolah untuk dihitung jarak dari objek tersebut. Jarak benda dihitung dengan rumus :

$$S = 340. t/s \quad (2.2)$$

Dimana :

S = jarak antara sensor ultrasonik dengan benda (bidang pantul)

t = selisih antara waktu pemancaran gelombang oleh *transmitter* [14].

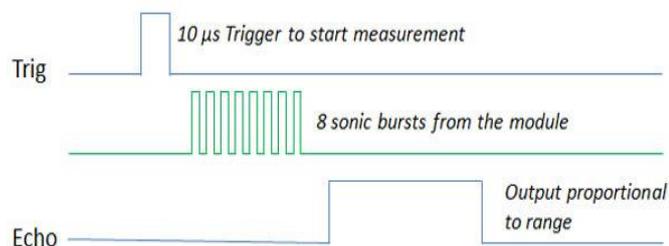
Pada eksplorasi kali ini, sensor yang dipakai adalah Sensor Ultrasonik. Sensor ini merupakan suatu alat ultrasonik yang dipersiapkan untuk memanfaatkan, apa kemampuannya sebagai sumber, penerima dan pengatur gelombang ultrasonik. Dengan ketelitian kurang lebih 3 mm, alat ini dapat mengukur jarak suatu benda antara 2 cm hingga 4 m. Sensor ini mempunyai empat pin, yaitu pin Vcc berfungsi catu daya positif, Gnd untuk *grounding*, *Trigger* sebagai memulai tanda keluar dari sensor, dan *Reverberation* sebagai menangkap sinyal yang memantul dari suatu benda. Pin Vcc digunakan untuk catu daya

positif, sedangkan Gnd digunakan untuk *ground*. Pin *Trigger* bertugas untuk mengentikan sinyal dari sensor, sedangkan pin *Reverberation* berfungsi untuk mendapatkan sinyal pantulan dari objek. [25].



**Gambar 2. 4 Sensor Ultrasonik HC-SR04 [25]**

Langkah-langkah penggunaan alat ini adalah sebagai berikut: Saat menerapkan tegangan positif ke pin Pemicu selama 10 mikrod detik, sensor akan menyampaikan pesan ultrasonik 8 fase dengan frekuensi pengulangan 40kHz. Tanda tersebut kemudian didapat oleh pin *Reverberation*. Untuk mengukur jarak dari suatu benda yang mencerminkan suatu tanda, kontras waktu antara penyampaian dan penerimaan pesan digunakan untuk menghitung jarak, sesuai dengan rumus yang telah dijelaskan sebelumnya [25].



**Gambar 2. 5 Sistem Pewaktu Pada Sensor HC-SR04 [25]**

### 2.2.5 I2C Pada LCD 16X2

*Inter Integrated Circuit* atau sering disebut I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didisain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* adalah piranti yang memulai transfer data pada I2C bus dengan membentuk sinyal start, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal *Stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamati master [26].

Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*, Master adalah piranti yang memulai transfer data pada I2C Bus dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal *Stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamati master [27].

## 2.2.6 AKTUATOR

Aktuator adalah perangkat yang bertindak sebagai pemancar atau penggerak dalam sistem [28]. Mereka mengubah sinyal kontrol menjadi gerakan atau tindakan fisik, proses pembuatan aktuator meliputi penggunaan lengan mekanik yang sebagian besar digerakkan oleh mesin listrik. Aktuator dapat daitikan sebagai perangkat atau sistem yang bertanggung jawab untuk mengubah energi atau sinyal kontrol menjadi gerakan atau aksi fisik. Aktuator bertindak sebagai komponen yang menggerakkan atau mengendalikan suatu mekanisme, mesin, atau sistem dalam rangka mencapai tujuan yang diinginkan. Aktuator dapat menggunakan energi listrik, hidraulis, pneumatik, atau mekanik untuk menghasilkan gerakan yang diinginkan [28]. Untuk meningkatkan kekuatan mekanik, aktuator sering kali dilengkapi dengan sistem *gearbox*. Aktuator dapat melakukan tugas tertentu setelah mendapat perintah dari regulator dan fungsinya utamanya sebagai penggerak atau pengendali dalam suatu sistem mekanis [29].

### A. Motor Servo

Motor servo merupakan suatu jenis aktuator yang beroperasi dalam putaran dan memiliki kemampuan untuk mengontrol posisi dari sudut dengan tingkat akurat yang tinggi. Terdapat berbagai jenis motor servo, yang dapat dikendalikan baik secara serial maupun dengan menggunakan modul *Pulse Width Modulation* (PWM). Penting untuk mengatur sinyal PWM agar sesuai dengan standar input motor servo, sehingga motor tersebut dapat berputar secara akurat sesuai dengan apa yang diinstruksikan dikirimkan melalui sinyal PWM [30]. Penerapan PWM bermanfaat terhadap kondisi penggunaan motor terutama waktu pergerakan servo [31].

Ada dua kategori utama dalam motor servo, yakni servo standar dan servo rotasi (*continuous*). Pada umumnya, servo standar memiliki kemampuan pergerakan terbatas hingga 180 derajat, sementara servo rotasi dapat melakukan putaran penuh 360 derajat. Sebagai contoh gambar 2.10 menampilkan servo dari *Hitech* beserta komponennya.



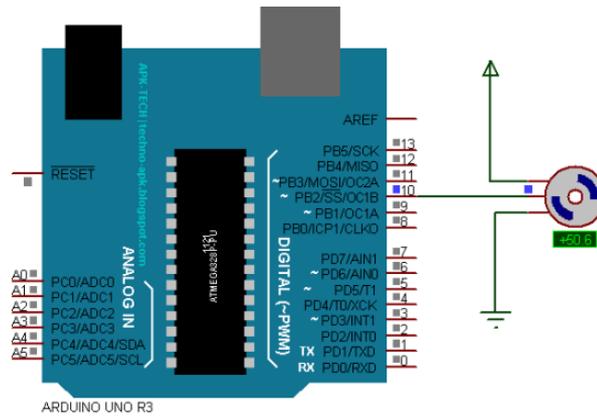
**Gambar 2. 6 Motor Servo [30]**

Motor servo memiliki komponen-komponen utama, termasuk motor, potensiometer, rangkaian kontrol, dan rangkaian gear. Potensiometer berperan sebagai penentu batas sudut untuk perputaran motor servo. Pengaturan sudut motor servo, pada gilirannya, ditentukan oleh lebar pulsa yang dikirimkan melalui kabel sinyal yang terhubung ke motor servo [32]. *Gear-box* pada motor servo memiliki peran utama untuk meningkatkan torsi. Karena bentuknya yang ringkas, motor servo seringkali digunakan dalam berbagai aplikasi seperti dunia robotika, aeromodeling, kendali remote mobil, dan sebagainya. Motor servo umumnya dilengkapi dengan tiga pin, yakni VCC, GND, dan Signal/Kontrol. Konfigurasi pin motor servo dapat bervariasi tergantung pada merk dan tipe tertentu [30].

Informasi mengenai pengaturan waktu penggunaan servo biasanya dijelaskan dalam *datasheet*, bergantung pada produsen motor servo tersebut. Secara umum, untuk motor servo tipe standar, akses dilakukan dengan memberikan pulsa tinggi selama 1,5 milidetik dan mengulanginya setiap 20 milidetik. Dengan konfigurasi ini, posisi servo akan berada di tengah atau netral (0). Sebagai alternatif, pulsa tinggi selama 1 milidetik akan mengakibatkan pergerakan berlawanan arah jarum jam dengan sudut -90, sementara pulsa tinggi selama 2 milidetik akan menyebabkan pergerakan searah jarum jam sebesar 90 [30].

#### **B. *Interface* PWM Menggunakan Motor Servo**

Berikut contoh rangkaian *interface* motor servo yang terhubung ke arduino pada pin sepuluh [30].

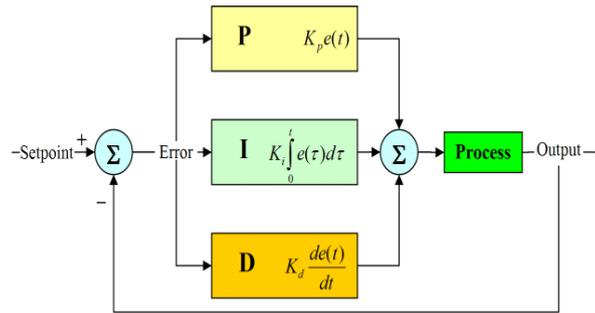


**Gambar 2. 7** Arduino dengan Interface Motor Servo dengan Output

Dalam memprogram PWM pada servo dengan Arduino, Anda dapat menggunakan urutan "tulis sederhana (pin, nilai);", Pin adalah terminal yang digunakan sebagai keluaran PWM, dan nilainya ditentukan oleh nilai siklus kewajiban yang akan menjadi diberikan pada hasil PWM. "Servo.h," perpustakaan Arduino yang membuat pemrograman servo PWM lebih sederhana bagi pengguna, telah tersedia. Pemanfaatan perpustakaan dan pengelompokan program untuk mengendalikan servo dapat dilihat di bawah ini, dan program telah disesuaikan dengan skema pada gambar 90 [30].

### 2.2.7 PID (Proportional-Integral-Derivative)

Kontroler *Proportional-Integral-Derivative* (PID) adalah salah satu jenis dari pengendalian sistem, kontrol ini menggabungkan beberapa elemen yaitu elemen proportional, elemen integral dan elemen derivatif. Kontrol PID dapat digunakan untuk sistem terbuka dan sistem tertutup, apabila kontrol merupakan sistem kendali tertutup ia akan memiliki umpan balik terhadap hasil keluaran yang tidak sesuai dengan masukannya, sehingga terdapat sensor yang berfungsi mengolah kembali sinyal – sinyal yang salah untuk diproses kembali, sedangkan untuk sistem kendali terbuka, hasil dari sistem tidak akan ada umpan balik apabila tidak sesuai dengan masukannya [33]. Berikut ini merupakan diagram blok dari kontrol PID [34] :



**Gambar 2. 8 Diagram Blok Kontroler**

Dari gambar 2.12 diagram blok diatas, fungsi alih kontroler PID dapat dinyatakan sebagai berikut [34] :

$$G_s(s) = K_p e(t) + K_i \int_0^1 e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.3)$$

$G_s(s)$  = Fungsi transfer dari kontrol PID

$K_p e(t)$  = adalah bagian dari kontrol proporsional dalam kontrol PID, di mana nilai error saat ini  $e(t)$  dikalikan dengan gain proporsional  $K_p$

$K_i$  = Kontrol Proportional

$dt$  = Diferensial waktu

$K_d$  = Kontrol Derivative

Kerangka pengendalian PID terdiri dari tiga strategi pengendalian, yaitu pengendalian P (*Proportional*), I (*Integral*), D (*Derivative*), yang masing-masing memiliki kelebihan dan kelemahan. Dalam pelaksanaannya, setiap teknik dapat bekerja sendiri-sendiri maupun secara gabungan. Pengaturan parameter P, I, dan D untuk mencapai respon yang diinginkan dari sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu diperlukan ketika merancang sistem kendali PID. [35].

### 1. Kontrol *Proportional*

Penggunaan kontrol P memiliki sejumlah keterbatasan karena sifat kontrolnya yang tidak dinamis. Meskipun demikian, dalam aplikasi-aplikasi dasar yang sederhana, kontrol P masih dapat efektif dalam memperbaiki respon transien, terutama dalam hal *rise time* dan *settling time*. Kontrol *proporsional* menghasilkan keluaran yang *proporsional* dengan besarnya sinyal kesalahan (perbedaan antara nilai yang

diinginkan dan nilai aktual) [35]. Penambahan pada nilai parameter  $K_p$  dapat mengurangi *steady-state error*, memperkecil waktu *rise time*, namun sekaligus dapat memperbesar nilai *overshoot* [36].

## 2. Kontrol Integral

Kontrol Integral berperan dalam menghasilkan respons sistem dengan kesalahan *steady-state* nol (kesalahan keadaan mantap = 0). Ketika suatu kontrol tidak menyertakan unsur integral, kontrol *proporsional* tidak dapat menjamin keluaran sistem dengan kesalahan mantap nol.

Kontrol I dapat memperbaiki dan menghilangkan respons *steady-state*, tetapi pemilihan parameter  $K_i$  yang tidak tepat dapat menyebabkan respons transien yang tinggi, bahkan dapat menghasilkan output yang terisolasi karena peningkatan orde sistem. Keluaran dari kontrol ini merupakan hasil dari penjumlahan terus-menerus dari perubahan input. Jika sinyal kesalahan tidak berubah, keluaran akan mempertahankan keadaan sebelum terjadinya perubahan input. Sinyal keluaran dari kontrol integral dapat direpresentasikan sebagai luas area yang dibentuk oleh kurva kesalahan.

## 3. Kontrol *Derivative*

Hasil dari pengendalian *derivative* memiliki kualitas seperti aktivitas bawahan. Perubahan mendadak pada sumber data biaya akan menyebabkan perubahan hasil yang sangat besar dan cepat. Ketika informasinya tidak berubah, hasil pengendaliannya juga tetap stabil. Namun keluarannya akan menghasilkan sinyal impuls jika sinyal masukannya tiba-tiba meningkat (dalam bentuk fungsi langkah). Jika sinyal informasi naik secara bertahap (sebagai kemampuan kemiringan), hasilnya adalah kemampuan panggung yang besarnya sangat dipengaruhi oleh kenaikan tingkat kemampuan tanjakan dan elemen stabil  $K_d$ . [35].

Pengontrol ini dapat dimanfaatkan untuk mengatasi reaksi transien dengan meramalkan kesalahan yang akan terjadi. Karena kontrol *derivative* hanya merespons perubahan kesalahan, ia tidak merespons kesalahan statis. akibatnya, pengontrol integral tidak dapat digunakan sendiri. Setiap pengontrol PID secara konsisten memiliki manfaat dan kerugian tersendiri [35].

Tabel 2. 3 Karakteristik Pengendali PID [35]

Parameter	<i>Rise Time</i>	<i>Overshoot</i>	<i>Settling Time</i>
Proporsional	Menurunkan	Meningkatkan	Perubahan Kecil
Integral	Menurunkan	Meningkatkan	Meningkatkan
Derivatif	Perubahan Kecil	Menurunkan	Menurunkan

### 2.2.8 Regresi Linear

*Regresi Linear* Merupakan sebuah perhitungan statistik untuk menentukan pengaruh antara variabel satu dan yang lainnya. dengan analisis regresi linier dapat melakukan peramalan nilai antara variabel dengan lebih akurat. Satu Cara dari prediksi *regresi linear* yakni menggunakan garis lurus untuk menggambarkan hubungan diantara dua *variable* (atau lebih) [37]. Dalam analisis regresi dikenal dua jenis variabel yaitu:

1. Variabel tak bebas atau prediksi yang dilambangkan dengan Y merupakan variabel yang keadaanya dipengaruhi oleh keadaan variabel lain.
2. Variabel bebas atau *predictor* yang dilambangkan dengan X merupakan *variable* bebas yang keadaanya tidak dipengaruhi varibel lain.

### 2.2.9 Akurasi

Akurasi sering digunakan dalam konteks klasifikasi biner, di mana model harus memprediksi apakah suatu data masukan termasuk dalam kelas positif atau negatif. Contohnya adalah sistem deteksi spam pada email, di mana model harus memprediksi apakah suatu email merupakan spam atau bukan. Pada kasus ini, akurasi adalah persentase email yang terklasifikasi dengan benar sebagai spam atau tidak spam. Dalam pembelajaran mesin, akurasi adalah ukuran yang digunakan untuk mengukur seberapa baik sebuah model, dalam melakukan klasifikasi atau prediksi pada dataset yang diberikan [38]. Akurasi dapat dihitung dengan membandingkan jumlah prediksi yang benar dengan jumlah total data yang diuji.

Berikut adalah langkah-langkah untuk menghitung akurasi:

- A. Siapkan dataset yang akan diuji, di mana dataset ini harus terdiri dari data yang sudah memiliki label atau kategori yang sudah diketahui.
- B. Buat sebuah model yang akan melakukan prediksi pada dataset tersebut. Model ini bisa berupa algoritma pembelajaran mesin, atau model matematis lainnya.
- C. Lakukan prediksi pada dataset dengan menggunakan model yang telah dibangun, di mana model akan menghasilkan prediksi untuk setiap data pada dataset.

D. Bandingkan prediksi yang dihasilkan oleh model dengan label atau kategori yang sebenarnya pada dataset. Jumlah prediksi yang benar, adalah jumlah data yang memiliki prediksi yang sama dengan label yang sebenarnya [38].

Hitung akurasi dengan rumus:

$$Akurasi = (Jumlah\ prediksi\ benar / Total\ jumlah\ data) \times 100\% \quad (2.4)$$

### 2.2.10 Galat Persentase (*Percentage Error*)

Galat biasanya disebut *error* dalam metode numerik atau selisih yang ditimbulkan antara nilai sebenarnya dengan nilai yang dihasilkan dengan metode numerik. Dalam metode numerik, hasil yang diperoleh bukanlah hasil yang sama persis dengan nilai sejatinya. Secara formal, galat persentase (*percentage error*) adalah nilai perkiraan dikurangi nilai eksak, dan dibagi dengan besar nilai eksak per 100 kasus (dalam bentuk persentase). Pada intinya, hal ini memungkinkan Anda melihat seberapa dekat nilai perkiraan dan nilai eksak berada dalam persentase nilai eksak. Galat ini dapat diakibatkan salah perhitungan (kesalahan alat atau manusia), atau disebabkan perkiraan yang digunakan dalam perhitungan (misalnya galat pembulatan) [39]. Untuk menentukan hasil persentase *error* pada sistem menggunakan rumus yakni sebagai berikut:

$$\% \mathbf{Error} = \left| \frac{Approximate - Exact}{Exact} \right| \times 100\% \quad (2.5)$$