

Prototipe Jembatan dengan Sistem Buka Tutup Otomatis Menggunakan Sensor Inframerah Berbasis IoT

Zidan Nur Fauzan¹, Indah Sulistiyowati², Syamsudduha Syahrerini³, Agus Hayatal Falah⁴

Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Sidoarjo
¹zidannurfauzan17@gmail.com, ²indah_sulistiyowati@umsida.ac.id,
³syahrerini@umsida.ac.id, ⁴agushf@umsida.ac.id

Ringkasan

Jembatan merupakan sarana bagi transportasi untuk melewati sebuah rintangan yang memisahkan dua tempat berbeda. Saat ini perkembangan teknologi bisa diaplikasikan pada apa saja termasuk jembatan. Kontruksi jembatan bisa dikombinasikan dengan teknologi sistem kendali otomatis. Sistem otomatis pada jembatan ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi arus lalu lintas kendaraan dan kapal. Sistem ini juga dilengkapi dengan Internet of Thing dalam pengaplikasiannya. Penerapan sistem otomatis ini diaplikasikan pada prototipe jembatan yang dibentuk sedemikian rupa dengan aslinya. Prototipe ini menggunakan sensor inframerah sebagai input utama untuk sistem otomatisnya dan motor servo sebagai penggerak utama pada jembatan dan palang pintu. Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode pengujian real time pada prototipe dengan berbagai aspek yang diuji. Berdasarkan hasil analisis, terdapat nilai ketidakpastian dalam putaran motor servo. Kecepatan respon motor servo dinilai bagus setelah dilakukan pengujian data dengan rata-rata kecepatan respon 0,49 detik untuk servo buka tutup jembatan, dan 0,54 detik untuk servo buka tutup palang pintu. Jarak responsifitas pada sensor inframerah maksimal adalah 8 cm. Hasil dari kendali IoT berjalan sesuai dengan program yang diberikan dengan jarak kendali yang cukup jauh, sejauh 50 meter.

Kata kunci: sistem otomatis, jembatan otomatis, IoT, Inframerah

Abstract

A bridge is a means for transportation to pass through an obstacle that separates two different places. Currently, technological developments can be applied to anything including bridges. Bridge construction can be combined with automatic control system technology. The automatic system on this bridge aims to increase the efficiency of vehicle and ship traffic flow. This system is also equipped with the Internet of Thing in its application. The application of this automatic system is applied to a bridge prototype that is shaped in such a way as the original. This prototype uses an infrared sensor as the main input for its automatic system and a servo motor as the main driver on the bridge and doorstep. The method used in this research uses a real time testing method on the prototype with various aspects tested. Based on the analysis results, there is an uncertainty value in the servo motor rotation. The response speed of the servo motor is considered good after data testing with an average response speed of 0.49 seconds for the bridge opening and closing

servo, and 0.54 seconds for the doorstep opening and closing servo. The maximum responsiveness distance on the infrared sensor is 8 cm. The results of IoT control run according to the program given with a fairly long control distance, as far as 50 meters.

Keywords: otomation system, automated bridge, IoT, infrared

1. Pendahuluan

Jembatan merupakan sebuah sarana atau fasilitas bagi transportasi darat untuk menyeberangi rintangan yang memisahkan dua wilayah seperti sungai [1], [2], [3]. Adanya jembatan menimbulkan masalah bagi transportasi laut seperti kapal-kapal besar, karena jembatan tidak bisa dilewati oleh kapal yang tingginya melebihi jembatan. Hal ini menimbulkan dampak bagi pendistribusian barang dan kebutuhan lainnya yang menggunakan kapal, karena lalu lintas kapal terhalang oleh adanya jembatan. Jembatan yang berada di Indonesia masih tergolong jembatan dengan konstruksi yang belum dipadukan dengan teknologi [4]. Satu-satunya jembatan buka tutup di Indonesia berada di Kepulauan Bangka Belitung yang memiliki nama Jembatan Emas [5]. Jembatan Emas sendiri masih menggunakan sistem buka tutup manual yang dioperasikan oleh penjaga ruang kontrol pada jembatan.

Pengontrolan jembatan yang dilakukan secara manual oleh manusia dirasa kurang efektif dalam hal waktu dan tenaga. Kurang efektifnya pengendalian jembatan akan berisiko besar dalam hal keselamatan, keamanan, dan kelancaran lalu lintas [6]. Perkembangan teknologi yang semakin pesat membuat segala hal bisa diciptakan dan dipadukan dengan teknologi [7], [8]. Sudah seharusnya jembatan di Indonesia ini dipadukan dengan teknologi otomatisasi. Inovasi teknologi otomatisasi bisa diaplikasikan pada konstruksi jembatan terutama pada sistem buka tutup jembatan. Hal tersebut bisa mengurangi risiko kecelakaan dan menjadi jawaban untuk menanggulangi permasalahan lalu lintas yang terjadi [9].

Teknologi juga sudah berkembang, salah satu contohnya adalah Internet of Things (IoT) yang sudah banyak digunakan dalam berbagai perkembangan inovasi [10], [11]. Perkembangan IoT membuat keragaman sistem kontrol karena bisa menghubungkan sebuah kontrol alat dengan menggunakan internet [12], [13]. IoT ini bisa digunakan pada inovasi sistem jembatan otomatis yang menjadi sebuah hal baru jika sebuah sistem buka tutup jembatan dipadukan dengan IoT.

Dalam studi yang dilakukan oleh Sandi Tirta dan Arief Goeritno [14]. Penelitian ini menggunakan sistem otomasi dengan PLC dan aktuator motor sebagai pembuka dan penutup jembatan. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi kapal adalah photo sensor dan proximity sensor dengan motor DC sebagai penggerak jembatannya. Sistem otomasi penelitian ini sangat presisi namun kekurangan yang dimiliki adalah belum adanya IoT yang diterapkan pada penelitian ini.

Penelitian mengenai jembatan otomatis juga dilakukan oleh Elka Pranita, Hegen Persada, dan Ramadani Ahmad Prayoga [9]. Penelitian ini menggunakan mikrokontroller arduino dan sensor ultrasonik sebagai komponen utamanya dengan output berupa motor stepper. Penggunaan sensor ultrasonik sedikit kurang sesuai karena kinerja sensor ultrasonik yang memantulkan gelombang ultrasonik bisa memantul tanpa ada kapal yang melintas. Penelitian ini juga belum menggunakan IoT pada sistem otomasisinya.

Penelitian yang serupa juga dilakukan oleh Ris Rianti Petra Angelina Sihotang [4] yang menggunakan teknik PWM. PWM digunakan untuk mengatur deteksi sensor dan

kecepatan gerak motor servo. Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik sebagai input dan motor servo sebagai output. Nilai teknik PWM digunakan dalam menghitung duty cycle yang berguna untuk mengatur tegangan input servo dan putaran servo. Sama dengan penelitian yang sudah dibahas sebelumnya, penelitian ini juga belum menggunakan IoT dalam sistemnya.

Berdasarkan beberapa penelitian yang sudah dilakukan di atas, didapatkan bahwa sebuah sistem buka tutup jembatan bisa diaplikasikan dalam bentuk prototipe terlebih dahulu dengan menggunakan beberapa sistem dan sensor yang berbeda. Pada penelitian ini berfokus pada aspek kelancaran lalu lintas apabila dua jalur lalu lintas digabungkan antara darat dan air. Untuk mendukung penyelesaian masalah pada efektifitas lalu lintas antara kendaraan darat dan perlintasan kapal pada jembatan, maka timbul sebuah ide inovasi sistem kontrol otomatis dalam bentuk prototipe jembatan. Prototipe ini bernama bernama BridgeTom, yaitu sistem otomatisasi jembatan untuk meningkatkan efisiensi arus lalu lintas kendaraan di darat dan penyeberangan kapal.

Pengaplikasian inovasi dalam bentuk prototipe bertujuan untuk menguji kualitas dan kemampuan sistem yang akan diterapkan pada kondisi nyatanya. Penciptaan prototipe dengan menggabungkan teknologi dan konstruksi jembatan, membuat jembatan menjadi lebih canggih dan efisien dalam penggunaannya. Dimana akan membuat sistem jembatan yang bisa buka tutup secara otomatis saat ada kapal yang akan melintas dibawahnya, kapal akan terdeteksi oleh sensor inframerah yang terpasang pada titik tertentu yang berbasis ESP32.

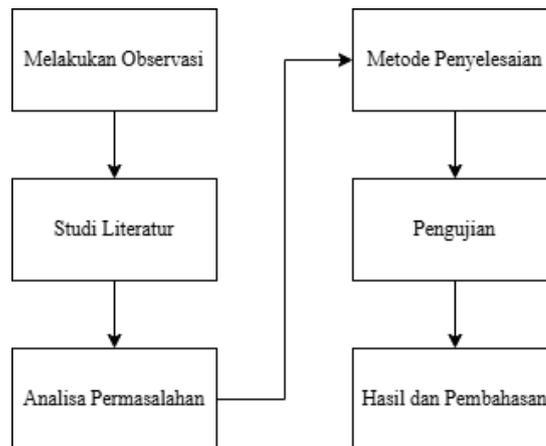
Dimana prototipe yang akan dibuat dapat mengontrol jembatan untuk terbuka secara otomatis saat kapal yang melintas terdeteksi oleh sensor inframerah yang kemudian akan dikirimkan sinyal melalui ESP32. Dalam sebuah sistem tentunya terdapat sebuah error, error pada sistem otomatis akan diberikan solusi dengan memberikan kontrol sistem secara manual menggunakan kontrol IoT. Dengan adanya inovasi prototipe jembatan dengan sistem buka tutup otomatis ini diharapkan mampu menjadi dasar inovasi yang nantinya bisa diterapkan pada jembatan-jembatan yang ada di Indonesia.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian dengan pengujian secara real time. Sebelum dilakukan pengujian, perlu dilakukannya observasi, studi literatur, analisa permasalahan, dan metode penyelesaian.

Pada tahap perencanaan dan observasi, dilakukan pengamatan terhadap ide penelitian dan kebutuhan yang ada. Berdasarkan hasil observasi ini, dapat diidentifikasi pokok permasalahan yang perlu diatasi melalui penelitian, pengujian, dan analisis yang cermat. Sehingga nantinya dapat diterapkan pada prototipe yang diciptakan.

Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan konsep dasar sistem kerja pada perangkat keras dan perangkat lunak dari sistem otomatisasi jembatan. Dengan merujuk pada berbagai sumber literatur seperti jurnal ilmiah, buku, dan makalah, diharapkan dapat memahami permasalahan yang akan diteliti dan mencari solusi yang relevan. Referensi ini membantu mengidentifikasi area penelitian yang perlu dieksplorasi lebih lanjut dan memberikan kerangka kerja untuk penelitian yang akan diteliti.



Gambar 1. Metode Penelitian

Pengujian dan analisis terhadap alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian, dapat membantu menganalisis permasalahan yang perlu diselesaikan dan memastikan bahwa alat dan bahan tersebut berfungsi secara optimal untuk tujuan penelitian ini. Penyelesaian masalah menggunakan metode asumsi yang ditinjau dari beberapa penelitian sebelumnya, disini lain juga melakukan pengujian terhadap hasil pembacaan sensor inframerah dan motor servo ketika menjalankan sistem otomatisasi pada prototipe jembatan.

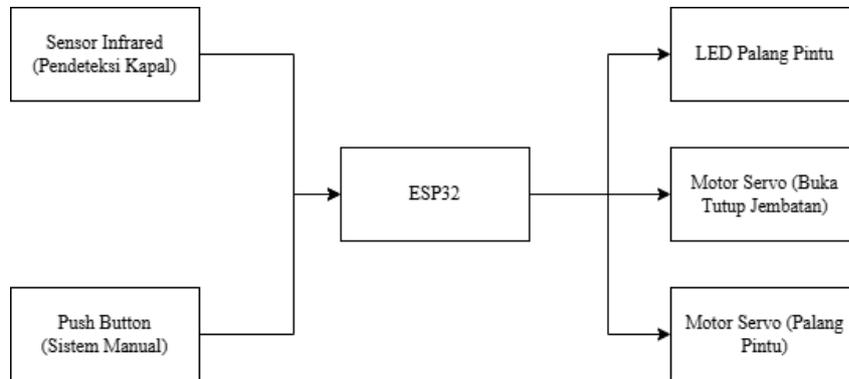
Setelah itu dapat dilakukan analisis dan pengumpulan data. Analisis akan digunakan sebagai acuan untuk mengetahui hasil kinerja prototipe yang dikembangkan. Hasil dan pembahasan akan disampaikan secara rinci sesuai keaslian data yang didapatkan saat proses penelitian berlangsung. Berdasarkan hasil percobaan, proses pengumpulan data, analisis data, dan uji coba alat secara real time, dapat ditarik kesimpulan yang dapat membantu pembaca untuk meningkatkan kualitas dan kinerja alat yang telah dikembangkan dengan mempertimbangkan kerusakan atau kegagalan yang terdapat pada alat tersebut

2.1. Diagram Sistem Kinerja Alat

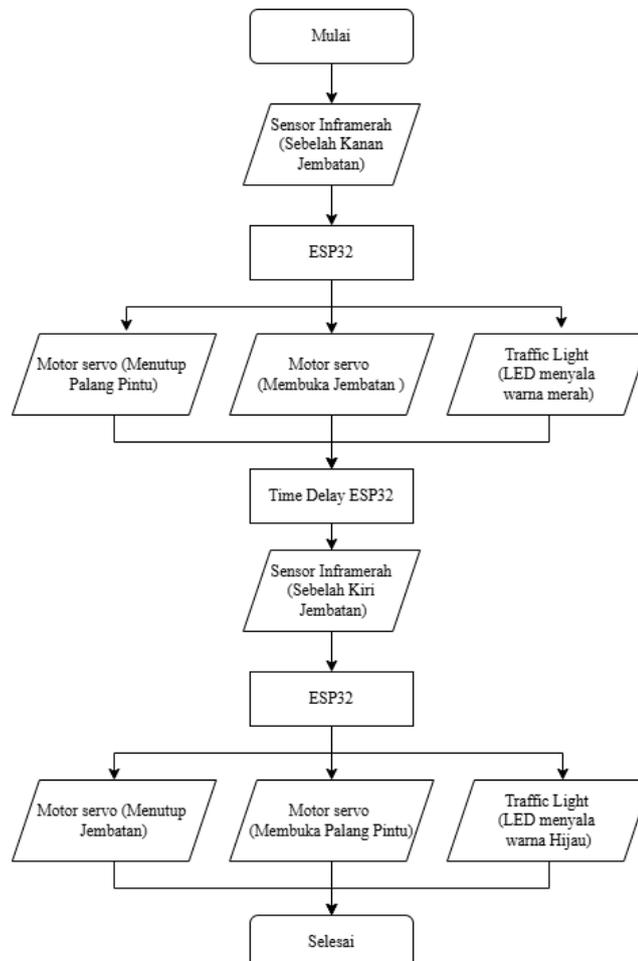
Komponen input terdiri dari lima komponen yaitu empat sensor inframerah dan satu push button. Empat sensor inframerah berfungsi sebagai pendeteksi kapal yang akan lewat dan mendeteksi jika ada kendaraan yang masih berada diatas jembatan saat jembatan akan dibuka. Komponen pengolah data mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 yang memiliki keuntungan bisa dikoneksikan dengan internet. Data dari keempat sensor dan push button akan diproses oleh ESP32 sebelum nantinya akan dikirimkan sinyal menuju output yang berupa motor servo sebagai penggerak jembatan dan palang pintu serta LED sebagai lampu peringatan.

Pada Gambar 3 flowchart, sistem otomatis dari prototipe jembatan ini dimulai dengan apabila sensor inframerah yang berada disebelah kanan jembatan mendeteksi kapal maka akan memberikan sinyal input pada ESP32. Kemudian ESP32 akan memproses inputan yang akan dikirim kepada output berupa motor servo dan LED. Kemudian motor servo akan menutup palang pintu terlebih dahulu sebelum membuka jembatan dengan delay waktu yang sudah ditentukan. Saat palang pintu ditutup akan mengaktifkan *traffic light* warna merah. Proses ini akan dikontrol oleh time delay ESP32 sebagai pengunci apabila sensor inframerah inputan sudah tidak mendeteksi kapal, sehingga jembatan tidak tertutup saat kapal berada dibawah jembatan. Saat kapal sudah

terdeteksi oleh sensor inframerah disisi lain jembatan, maka ESP32 akan mengontrol motor servo dan LED. Motor servo akan menutup jembatan terlebih dahulu sebelum membuka palang pintu sesuai jeda waktu yang ditentukan. Kemudian *traffic light* akan menyala warna hijau.



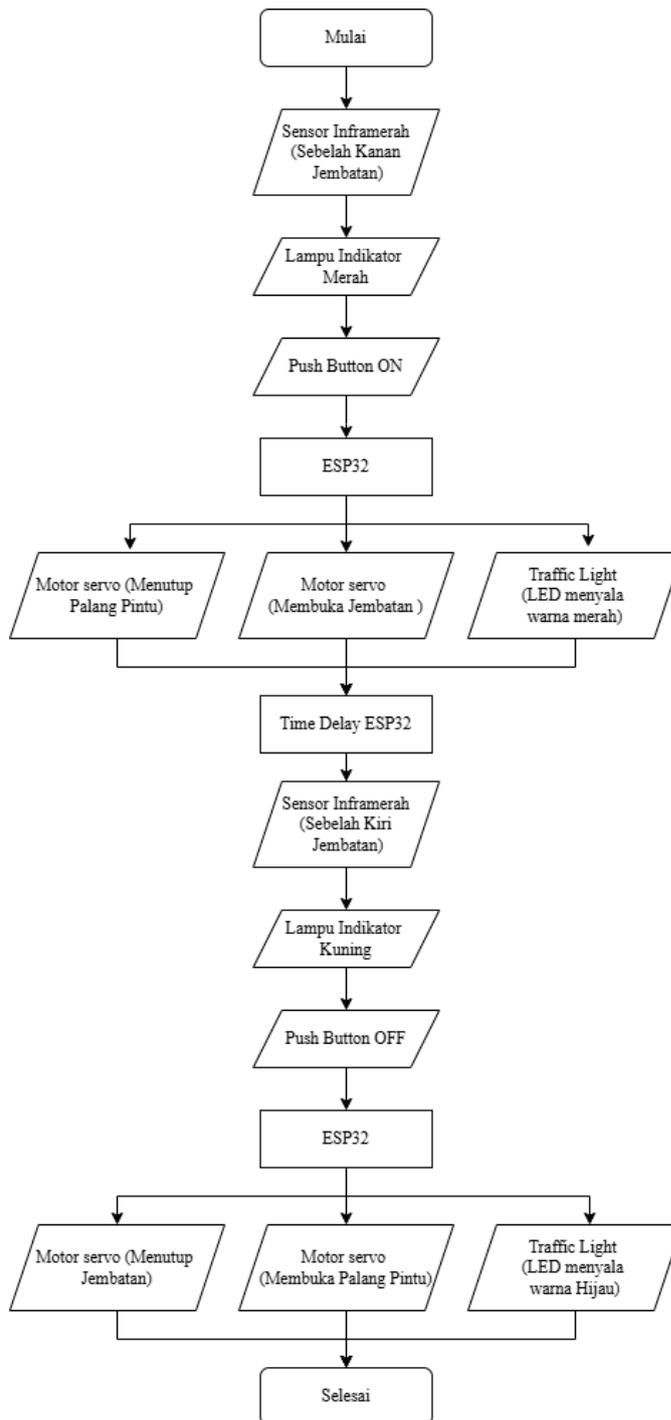
Gambar 2. Diagram kinerja alat



Gambar 3. Flowchart sistem kontrol otomatis

Selain adanya sistem otomatis, jembatan ini juga dibekali dengan sistem manual sebagai antisipasi apabila sistem otomatis mengalami kegagalan kerja atau eror pada pemrosesan. Sistem manual menggunakan push button yang terhubung dengan blynk.

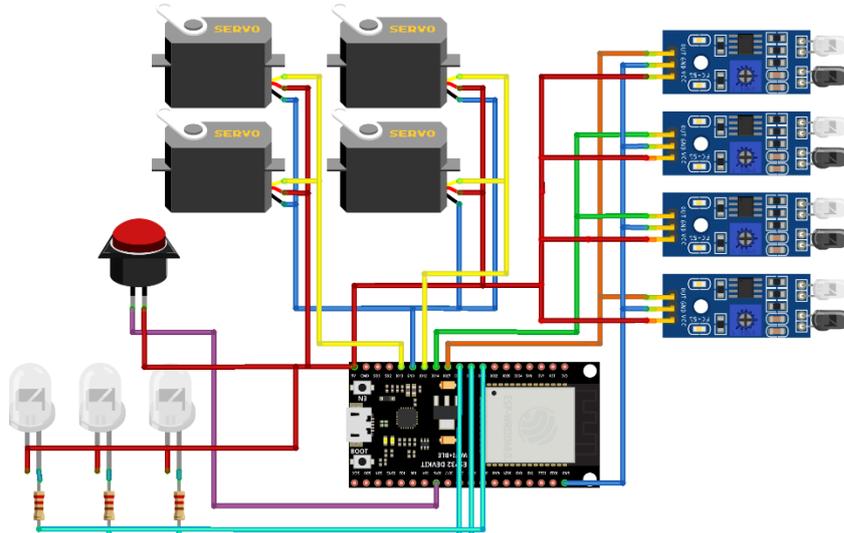
Pada sistem manual dilengkapi dengan indikator untuk pertanda apabila sensor inframerah mendeteksi kapal. Sehingga saat indikator menyala, operator sistem dapat menekan push button untuk menutup palang pintu dan membuka jembatan serta menyalakan *traffic light* warna merah. Saat kapal sudah melintasi jembatan dan terdeteksi oleh sensor inframerah di sisi lain jembatan, maka indikator akan menyala lagi sebagai pertanda operator untuk menonaktifkan sistem. Flowchart sistem kontrol manual dari jembatan bisa dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Flowchart sistem kontrol manual

2.2. Rangkaian Perangkat Keras

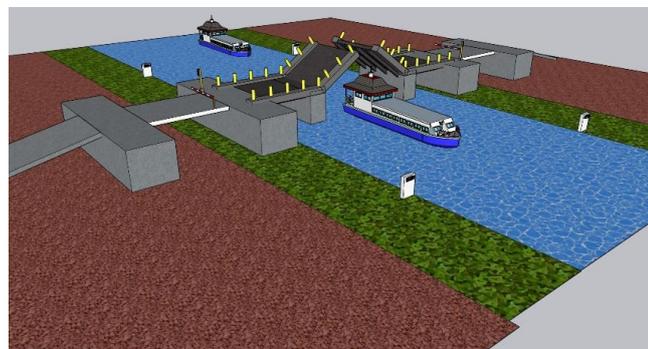
Terdapat beberapa komponen Rangkaian yang digunakan dalam rangkaian pada gambar 4 diantaranya adalah sensor inframerah, motor servo, LED, *push button*, dan ESP32.



Gambar 5. Rangkaian perangkat keras

2.3. Desain Perangkat Keras

Prototipe jembatan otomatis ini didesain sedemikian rupa menyerupai jembatan pada nyatanya. Sistem otomatis pada jembatan akan dilengkapi dengan empat sensor inframerah yang diletakkan masing-masing dua pada sisi kanan dan kiri jembatan untuk mendeteksi kapal yang melintas serta empat motor servo yang diletakkan pada masing-masing satu untuk menggerakkan palang pintu, satu motor servo pada jembatan bagian kiri dan satu motor servo pada jembatan bagian kanan untuk mengangkat dan menurunkan jembatan. Bagian konstruksi jembatan menggunakan akrilik dengan tebal 2mm yang memiliki berat 2kg per meter persegi. Jalur lintas jembatan yang di buka tutup memiliki panjang 30 cm dan lebar 8 cm. Pondasi jembatan memiliki panjang 8 cm, lebar 15 cm dan tinggi 10 cm.



Gambar 6. Desain perangkat keras

Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32. Motor servo yang digunakan pada alat ini menggunakan motor servo SG90 tower Pro Micro 9g yang memiliki daya angkat sebesar 1,5 kg dengan kecepatan 0,8 detik per 60° putar [15]. Motor servo digunakan

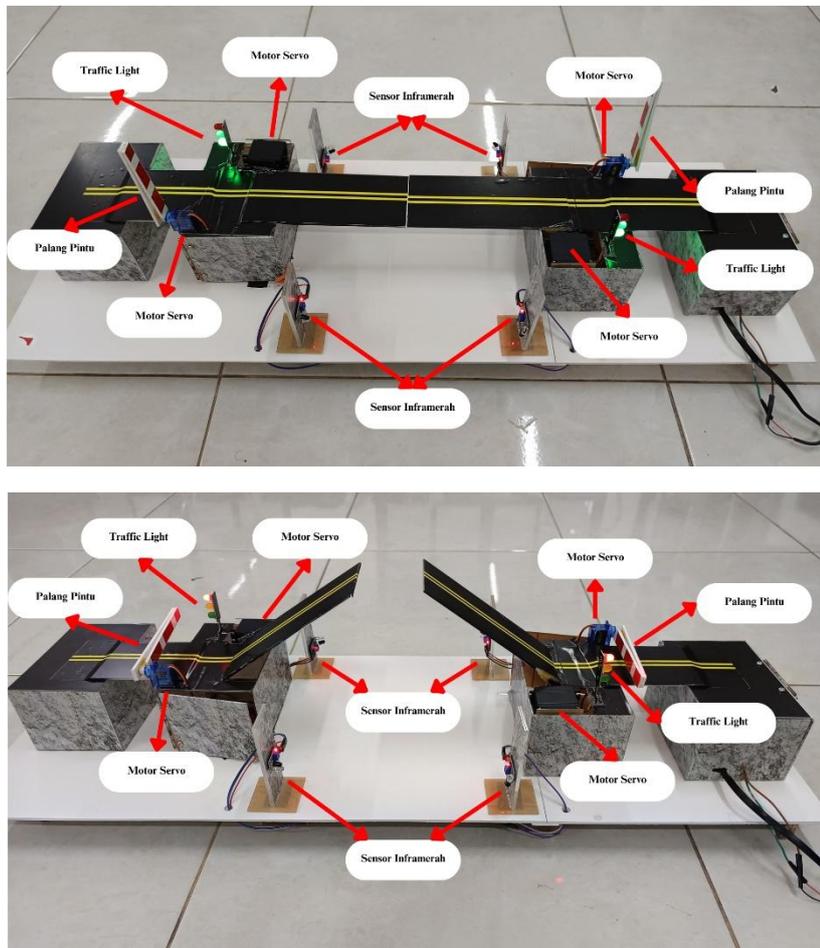
pada jembatan dan palang pintu. Sensor infrared menggunakan *IR Proximity* dengan jangkauan jarak deteksi 2-30 cm [16]. Sensor mampu mendeteksi *Ambient Light & RGB Color Sensing, Proximity Sensing, dan Gesture Detection*. *Traffic light* menggunakan 3 lampu LED dengan warna merah, kuning, dan hijau.

2.4. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kesesuaian prinsip kerja alat yang telah ada. Dalam pengujian ini alat akan diaktifkan dengan kondisi kapal yang lewat dan tidak lewat. Cara pengujian sendiri adalah dengan menganalisa sistem otomatis dan manualnya, terutama pada kinerja motor servonya.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada Gambar 7 menampilkan realisasi dari prototipe berupa jembatan buka tutup. Prototipe menampilkan konstruksi jembatan, palang pintu, *traffic light*, dan sensor inframerah.



Gambar 7. Prototipe Jembatan

Pengujian sistem dan pengumpulan data dilakukan dalam beberapa percobaan dengan kriteria percobaan yang berbeda. Banyaknya kriteria data percobaan yang diambil bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dan perangkat keras bekerja sesuai dengan rancangan yang telah dibuat sebagaimana mestinya.

3.1. Pengujian Sistem Kerja

Pada pengujian ini akan dilakukan sebanyak 3 sesi setiap pengujiannya. Setiap sesi memiliki jeda waktu selama 20 menit untuk mendapatkan hasil yang bagus. Pengujian ini bertujuan untuk menganalisa sistem kerja secara umum sebelum dilakukan pengujian yang lebih mendalam. Hasil yang diharapkan dari pengujian ini adalah apakah motor servo dan LED mampu menerima sinyal dari sensor inframerah secara tepat atau tidak.

Tabel 1. Pengujian sistem kerja

Sesi 1					
Percobaan ke-	Inframerah 1 (sebelah kanan jembatan)	Inframerah 2 (sebelah kiri jembatan)	Kondisi Jembatan	Kondisi Palang Pintu	Traffic light
1	On	Off	Terbuka	Tertutup	Merah
2	On	On	Terbuka	Tertutup	Merah
3	Off	On	Tertutup	Terbuka	Hijau
4	Off	Off	Tertutup	Terbuka	Hijau
Sesi 2					
Percobaan ke-	Inframerah 1 (sebelah kanan jembatan)	Inframerah 2 (sebelah kiri jembatan)	Kondisi Jembatan	Kondisi Palang Pintu	Traffic light
1	On	Off	Terbuka	Tertutup	Merah
2	On	On	Terbuka	Tertutup	Merah
3	Off	On	Tertutup	Terbuka	Hijau
4	Off	Off	Tertutup	Terbuka	Hijau
Sesi 3					
Percobaan ke-	Inframerah 1 (sebelah kanan jembatan)	Inframerah 2 (sebelah kiri jembatan)	Kondisi Jembatan	Kondisi Palang Pintu	Traffic light
1	On	Off	Terbuka	Tertutup	Merah
2	On	On	Terbuka	Tertutup	Merah
3	Off	On	Tertutup	Terbuka	Hijau
4	Off	Off	Tertutup	Terbuka	Hijau

Pada Tabel 1 di atas inframerah 1 adalah sensor inframerah yang berfungsi sebagai input untuk mengaktifkan sistem atau membuka jembatan. Inframerah 2 berfungsi sebagai input untuk menonaktifkan sistem atau menutup jembatan.

Hasil pengujian bisa dilihat pada Tabel 1 di atas, seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa pada pengujian ini terdapat tiga sesi. Pada sesi pertama didapatkan hasil bahwa saat inframerah 1 on dan inframerah 2 off, maka jembatan akan terbuka dan palang pintu akan tertutup, serta *traffic light* menyala merah. Kondisi ini juga berlaku saat inframerah 1 on dan inframerah 2 on. Namun kondisi ini berbeda saat inframerah 1 off dan inframerah 2 on, serta inframerah 1 off dan inframerah 2 off. Kondisi jembatan akan tertutup, palang pintu terbuka dan *traffic light* hijau pada ketika kondisi inframerah tersebut.

Hasil yang sama juga didapatkan pada sesi kedua dan sesi ketiga. Kondisi jembatan, palang pintu, dan *traffic light* terhadap kondisi inframerah 1 dan 2 pada empat percobaan menunjukkan hasil yang sama. Berdasarkan hasil yang didapatkan diatas, sistem kerja pada prototipe jembatan ini dinilai sudah sesuai dengan program yang diberikan. Karena jembatan hanya akan terbuka saat inframerah 1 mendeteksi kapal dan inframerah 2 tidak mendeteksi, atau saat inframerah 1 dan inframerah 2 sama-sama mendeteksi kapal.

Karena saat inframerah 1 mendeteksi kapal maka otomatis sistem akan aktif. Inframerah 2 tidak akan bisa menonaktifkan sistem saat inframerah 1 masih mendeteksi kapal, hal ini bertujuan untuk menanggulangi keramaian kapal yang melintas secara beriringan,

3.2. Pengujian Sensitifitas Sensor Inframerah

Sensor inframerah memiliki daya sensitifitas yang berbeda setiap sensornya. Penggunaan sumber daya juga memengaruhi kinerja dari sensor tersebut. Pemasangan sensor inframerah secara berhadapan akan membuat sensor saling mendeteksi sehingga peletakan sensor tidak boleh berhadapan melainkan sedikit serong atau sejajar. Dalam pengujian sistem ini sensor diuji dengan jarak yang relatif dekat karena menyesuaikan kondisi lebar jembatan yang dilewati oleh kapal.

Tabel 2. Pengujian sensitifitas sensor inframerah

Percobaan ke-	Jarak	Inframerah 1 (sebelah kanan jembatan)	Inframerah 2 (sebelah kiri jembatan)
1	1 cm	On	On
2	2 cm	On	On
3	3 cm	On	On
4	4 cm	On	On
5	5 cm	On	On
6	6 cm	On	On
7	7 cm	On	On
8	8 cm	Off	On
9	9 cm	Off	Off
10	10 cm	Off	Off

Pada Tabel 2 ini mendapatkan hasil pengujian sensor yang kurang maksimal. Sensor inframerah hanya mampu mendeteksi kapal secara maksimal hanya pada jarak 7 cm untuk inframerah 1 dan 8 cm untuk inframerah 2. Jika kapal berada diluar jangkauan jarak tersebut sensor inframerah tidak bisa mendeteksinya untuk dikirimkan sinyal kepada ESP32. Namun kekurangan ini bisa diminimalisir dengan cara mengatur tata letak sensor inframerah sehingga disisi manapun kapal lewat akan tetap terdeteksi oleh sensor inframerah.

3.3. Pengujian Responsifitas Motor Servo

Pengujian dilakukan untuk memastikan motor servo akan aktif dengan cepat saat sensor mendeteksi benda. Karena kecepatan respon motor servo berpengaruh dalam logika kapal yang akan melintasi bawah jembatan. Saat respon motor servo buruk maka kapal akan lebih dahulu menabrak jembatan sebelum jembatan terbuka.

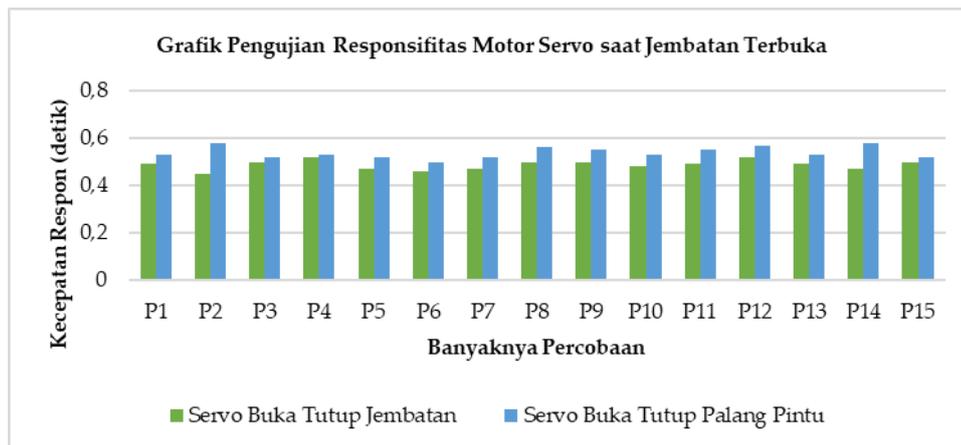
Berdasarkan Tabel 3, respon dari motor servo tidak sampai 1 detik dalam 15 kali percobaan, ini menandakan motor servo memiliki respon yang baik. Rata-rata yang didapatkan untuk responsifitas motor servo dari 15 percobaan pengambilan data adalah 0,49 detik untuk motor servo buka tutup jembatan dan 0,54 detik untuk motor servo buka tutup palang pintu. Tingkat respon paling cepat berada di angka 0,45 detik saat membuka jembatan dan 0,5 detik saat menutup palang pintu.

Berbeda dengan pengujian saat jembatan terbuka, pengujian saat jembatan tertutup memiliki tujuan untuk memastikan kelancaran lalu lintas setelah kapal melewati jembatan. Saat respon motor servo buruk maka akan memakan waktu lebih banyak untuk menutup jembatan, hal inilah yang akan memengaruhi efisiensi arus lalu lintas kendaraan darat.

Pada Tabel 4 didapatkan data responsifitas dari motor servo yang dinilai sudah baik untuk kecepatan responnya.

Tabel 3. Pengujian Responsifitas Motor Servo saat Jembatan Terbuka

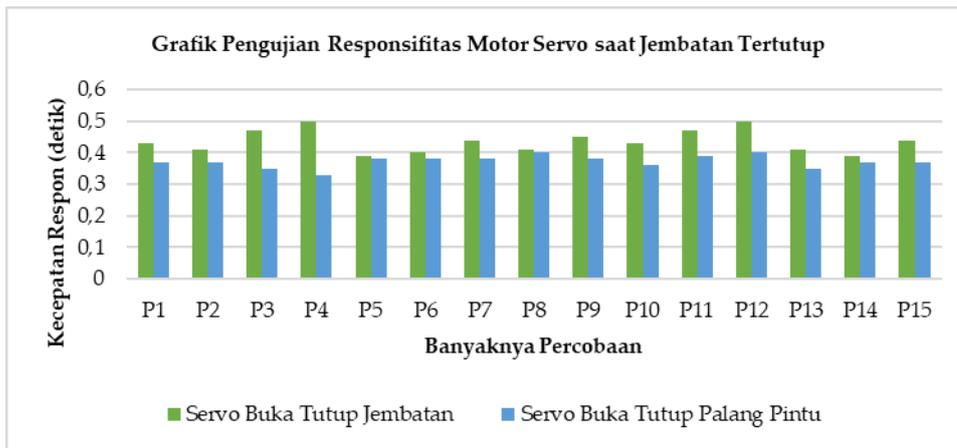
Percobaan ke-	Infrared 1 (membuka jembatan)	Servo Buka Tutup Jembatan (detik)	Servo Buka Tutup Palang Pintu (detik)
1	On	0,49	0,53
2	On	0,45	0,58
3	On	0,50	0,52
4	On	0,52	0,53
5	On	0,47	0,52
6	On	0,46	0,50
7	On	0,47	0,52
8	On	0,50	0,56
9	On	0,50	0,55
10	On	0,48	0,53
11	On	0,49	0,55
12	On	0,52	0,57
13	On	0,49	0,53
14	On	0,47	0,58
15	On	0,50	0,52



Gambar 8. Grafik pengujian responsifitas motor servo saat jembatan terbuka

Tabel 4. Pengujian Responsifitas Motor Servo saat Jembatan Tertutup

Percobaan ke-	Infrared 1 (membuka jembatan)	Servo Buka Tutup Jembatan (detik)	Servo Buka Tutup Palang Pintu (detik)
1	On	0,43	0,37
2	On	0,41	0,37
3	On	0,47	0,35
4	On	0,50	0,33
5	On	0,39	0,38
6	On	0,40	0,38
7	On	0,44	0,38
8	On	0,41	0,40
9	On	0,45	0,38
10	On	0,43	0,36
11	On	0,47	0,39
12	On	0,50	0,40
13	On	0,41	0,35
14	On	0,39	0,37
15	On	0,44	0,37



Gambar 9. Grafik pengujian responsifitas motor servo saat jembatan tertutup

Berdasarkan Tabel 4 kemampuan respon dari motor servo sangat baik dari 15 kali pengambilan data. Tingkat kecepatan responnya sesuai dengan standart yang ada, dengan rata-rata kecepatan respon 0,44 detik untuk motor servo buka tutup jembatan dan 0,37 detik untuk motor servo buka tutup palang pintu. Data respon tercepat yang tercatat dari kedua fungsi motor servo tersebut adalah 0,39 detik untuk menutup jembatan dan 0,33 detik untuk membuka palang pintu.

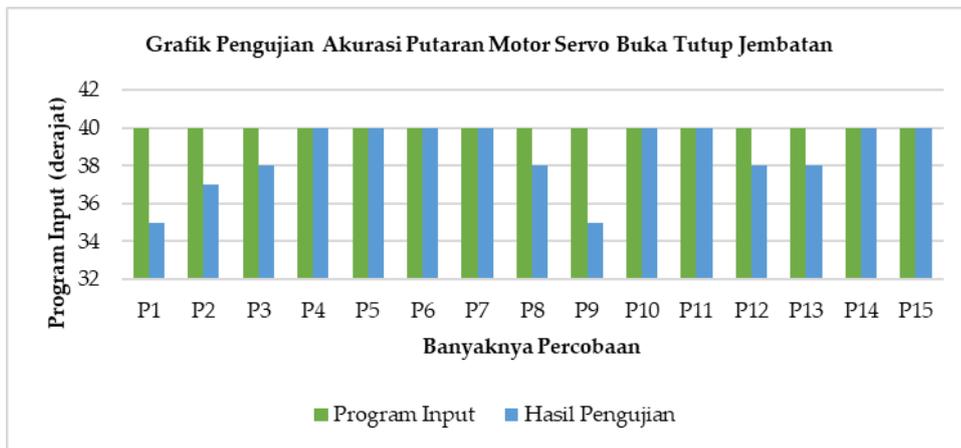
Dengan hasil yang diperoleh dari Tabel 3 dan Tabel 4, bisa diasumsikan bahwa prototipe ini mampu menerapkan logika kondisi nyatanya, yaitu saat kapal melintas motor sudah berhasil mengangkat jembatan untuk terbuka dan mampu dilewati kapal dibawahnya tanpa menimbulkan kecelakaan.

3.4. Pengujian Akurasi Putaran Motor Servo

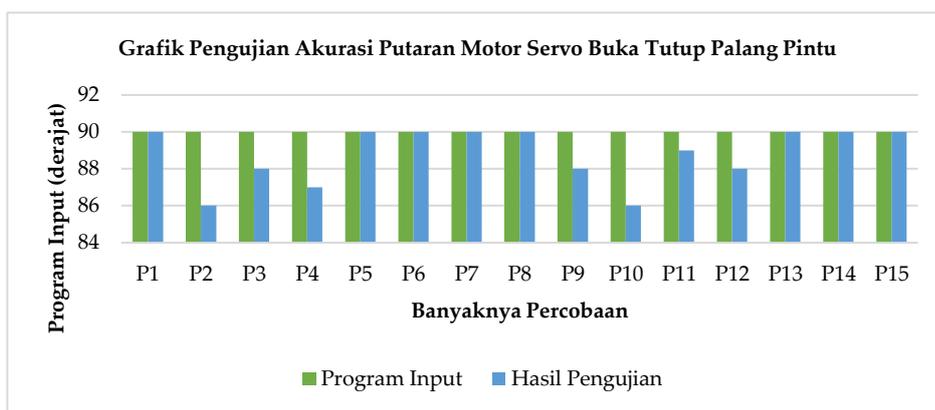
Akurasi putaran motor servo sangat berpengaruh dalam sistem ini, karena posisi putaran servo berpengaruh pada jembatan dan palang pintu. Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa putaran motor servo memiliki nilai ketidakpastian atau bisa dikatakan memberikan nilai yang berbeda dengan program yang dimasukkan. Rata-rata nilai ketidakpastian yang dihasilkan tidak terlalu besar, untuk servo buka tutup jembatan memiliki nilai kesalahan sebesar 5% dari nilai program yang dimasukkan. Kemudian untuk servo buka tutup palang pintu memiliki nilai kesalahan sebesar 1,3% dari nilai program yang dimasukkan. Nilai akurasi putaran servo ini bisa menjadi dasar pemikiran untuk tingkat kemiringan jembatan yang sesuai dengan tinggi kapal yang akan melintasinya. Dan juga kemiringan posisi palang pintu supaya tidak bisa diterobos oleh kendaraan darat.

Tabel 5. Pengujian Akurasi Putaran Motor Servo

Percobaan ke-	Program Servo Buka Tutup Jembatan (derajat)	Program Servo Buka Tutup Palang Pintu (derajat)	Servo Buka Tutup Jembatan (derajat)	Servo Buka Tutup Palang Pintu (derajat)
1	40	90	35	90
2	40	90	37	86
3	40	90	38	88
4	40	90	40	87
5	40	90	40	90
6	40	90	40	90
7	40	90	40	90
8	40	90	38	90
9	40	90	35	88
10	40	90	40	86
11	40	90	40	89
12	40	90	38	88
13	40	90	38	90
14	40	90	40	90
15	40	90	40	90



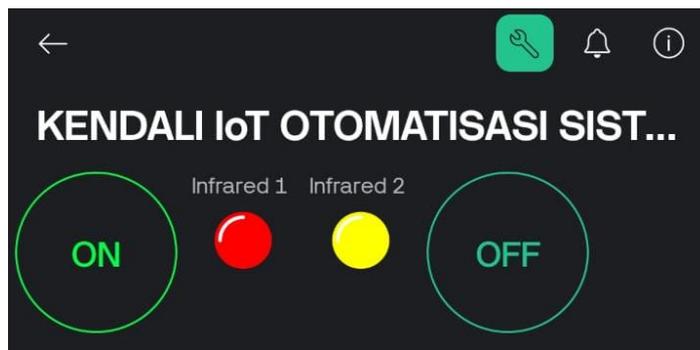
Gambar 10. Grafik pengujian akurasi putaran motor servo buka tutup jembatan



Gambar 11. Grafik pengujian akurasi putaran motor servo buka tutup palang pintu

3.5. Pengujian Kendali IoT pada Sistem

Kendali IoT menggunakan aplikasi Blynk yang mampu diintegrasikan dengan jaringan internet Wi-Fi. Penggunaan Blynk IoT cukup dengan memasukkan *library* blynk pada program dan mencantumkan *id* serta *password* Wi-Fi yang digunakan. Wi-Fi yang dikoneksikan pada program harus sama dengan Wi-Fi yang dikoneksikan pada perangkat kendali berupa *smartphone* atau komputer. Pada Gambar 12 dapat dilihat tampilan dari kendali IoT menggunakan blynk. Pada blynk terdapat push button ON dan OFF serta dua lampu indikator untuk memonitoring keaktifan dari sensor inframerah.



Gambar 12. Tampilan kendali IoT pada Blynk

Pada Tabel 6 dan Tabel 7 bisa dilihat data hasil pengujian IoT pada sistem. Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan hasil berapa jauh jarak IoT ini bisa mengendalikan sistem dengan baik, baik saat mengaktifkan dan menonaktifkan sistem.

Tabel 6. Pengujian IoT pada saat mengaktifkan sistem

Percobaan ke-	Jarak	Push Button ON	Kondisi Jembatan	Kondisi Palang Pintu	Traffic light
1	5 m	On	Terbuka	Tertutup	Merah
2	10 m	On	Terbuka	Tertutup	Merah
3	15 m	On	Terbuka	Tertutup	Merah
4	20 m	On	Terbuka	Tertutup	Merah
5	25 m	On	Terbuka	Tertutup	Merah
6	30 m	On	Terbuka	Tertutup	Merah
7	35 m	On	Terbuka	Tertutup	Merah
8	40 m	On	Terbuka	Tertutup	Merah
9	45 m	On	Terbuka	Tertutup	Merah
10	50 m	On	Terbuka	Tertutup	Merah

Berdasarkan Tabel 6 di atas, pada saat digunakan untuk membuka jembatan, pada jarak 50 meter sistem masih bisa dikendalikan dengan baik melalui Blynk IoT untuk kontrol jembatan terbuka. Hal ini bisa dibuktikan dengan hasil pengujian yang menunjukkan bahwa pada jarak 0-50 meter sistem mampu mengaktifkan perintah untuk membuka jembatan, menutup palang pintu, dan menyalakan *traffic light* warna merah. Tentunya ini juga mendapatkan pengaruh dari kecepatan dan jangkauan jaringan Wi-Fi yang tersedia, jika jaringan buruk bukan tidak mungkin jarak koneksinya juga berkurang.

Tabel 7. Pengujian IoT pada saat menonaktifkan sistem

Percobaan ke-	Jarak	Push Button OFF	Kondisi Jembatan	Kondisi Palang Pintu	Traffic light
1	5 m	On	Tertutup	Terbuka	Hijau
2	10 m	On	Tertutup	Terbuka	Hijau
3	15 m	On	Tertutup	Terbuka	Hijau
4	20 m	On	Tertutup	Terbuka	Hijau
5	25 m	On	Tertutup	Terbuka	Hijau
6	30 m	On	Tertutup	Terbuka	Hijau
7	35 m	On	Tertutup	Terbuka	Hijau
8	40 m	On	Tertutup	Terbuka	Hijau
9	45 m	On	Tertutup	Terbuka	Hijau
10	50 m	On	Tertutup	Terbuka	Hijau

Data yang didapatkan dalam Tabel 7 juga memperlihatkan bahwa kendali IoT untuk menonaktifkan sistem dinilai sangat baik dengan koneksi internet yang baik juga tentunya. Sama halnya dengan saat membuka jembatan, saat menutup jembatan sistem juga mampu dikendalikan dari jarak 50 meter. Hasil menunjukkan jembatan akan tertutup, palang pintu akan terbuka, dan *traffic light* berwarna hijau saat sistem dikendalikan sampai dengan jarak 50 meter.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan pada prototipe ini dapat disimpulkan bahwa perpaduan antara jembatan dan sistem otomatis sangat bagus dan mampu memberikan dampak positif. Sistem otomatis yang diprogram mampu bekerja dengan baik sesuai tujuan penelitian untuk mengefisiensi arus lalu lintas kendaraan darat dan perlintasan kapal. Sistem manual melalui IoT juga memberikan dampak yang baik dengan berjalannya semua sistem. Namun, masih ada beberapa hal yang kurang maksimal dari penelitian ini mulai dari nilai ketidakpastian dari motor servo yang ditakutkan akan berpengaruh pada umur alat tersebut. Pembuatan konstruksi jembatan juga harus sedemikian rupa untuk menambah daya efektif dari sistem kerja. Pemilihan spesifikasi komponen memberikan pilihan dampak yang dihasilkan.

Perkembangan prototipe untuk penelitian selanjutnya adalah bagaimana caranya sistem kendali otomatis mampu bekerja dengan dua arah masuk saat kapal melintas. Serta mampu mengurangi Tingkat kesalahan atau ketidakpastian yang dihasilkan oleh motor servo. Sensor yang digunakan juga bisa diubah dengan karakteristik sensor yang memiliki daya respon sangat cepat dan relatif jauh.

Daftar Pustaka

- [1] M. F. S. Prayoga, E. H. Manurung, and D. Purwanto, "Jembatan Konstruksi," *Sci. J. Ilm. Sain dan Teknol.*, vol. 2, pp. 161–166, 2024.
- [2] R. Bastian and R. Rulhendri, "Perencanaan Pelebaran Jembatan Desa Tamansari," *J. Pengabd. Masy. UIKA Jaya Sink.*, vol. 1, no. 3, p. 106, 2023, doi: 10.32832/jpmuj.v1i3.1915.
- [3] A. N. Santoso and S. Sumaidi, "Perbandingan rangka jembatan tipe warren dan tipe pratt pada jembatan brantas," *J. ENVIROTEK J. Ilm. Tek. Lingkungan. Vol.*, vol. 13, pp. 70–75, 2021.

- [4] R. Rianti, D. Suherdi, G. Suryanata, and M. Ramadhan, "Implementasi Pembuka Jembatan Otomatis Menggunakan Teknik Pulse Width Modulation (PWM)," *J. Sist. Komput. TGD*, vol. 2, no. 1, pp. 53–59, 2023.
- [5] C. Cahya, "Jembatan Ini Hanya Ada Satu di Indonesia, Adopsi Teknologi Tower Bridge London," *Suara Merdeka*, 3 Agustus 2023, [Online]. Available: <https://www.suaramerdeka.com/nasional/049691452/jembatan-ini-hanya-ada-satu-di-indonesia-adopsi-teknologi-tower-bridge-london>
- [6] J. B. Sitorus and R. Mutiara, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Miniatur Jembatan Otomatis Keberadaan Kapal Yang Melebihi Batas Ketinggian Berbasis Arduino Mega," *J. Otomasi*, vol. 1, pp. 11–18, 2021.
- [7] N. Yona, S. Munti, and D. A. Syaifuddin, "Analisa Dampak Perkembangan Teknologi Informasi Dan Komunikasi Dalam Bidang Pendidikan," *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 4, pp. 1799–1805, 2020.
- [8] A. Humpe, "Bridge inspection with an off-the-shelf 360° camera drone," *Drones*, vol. 4, no. 4, pp. 1–23, 2020, doi: 10.3390/drones4040067.
- [9] E. Pranita, H. Persada, and R. A. Prayoga, "Control Jembatan Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino," *J. ICTEE*, vol. 4, no. 2, pp. 13–16, 2023.
- [10] D. Susilo, C. Sari, and G. W. Krisna, "Sistem Kendali Lampu pada Smart Home Berbasis IoT (Internet of Things)," *J. ELECTRA*, vol. 2, no. 1, pp. 23–30, 2021.
- [11] D. Kastutara, "Sistem Kendali Jarak Jauh Berbasis Arduino Menggunakan Modul Wifi Esp8266 pada Aplikasi Internet Of Things," *Teknol. Pint.*, vol. 2, no. 9, pp. 1–11, 2022.
- [12] I. Sulistiyowati, A. R. Sugiarto, and J. Jamaaluddin, "Smart Laboratory Based on Internet of Things in the Faculty of Electrical Engineering, University of Muhammadiyah Sidoarjo," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 874, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/874/1/012007.
- [13] M. A. J. Hidayat and A. Z. Amrullah, "Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Nodemcu ESP32," *J. SAINTEKOM*, vol. 1770, pp. 23–32.
- [14] A. Goeritno and S. Tirta, "Simulator Berbasis PLC untuk Pengaturan Lalu-lintas Jalan Raya pada Perlintasan Jalur Kapal," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 4, no. 6, pp. 1007–1016, 2020, doi: 10.29207/resti.v4i6.2668.
- [15] R. Sawkare, "Motor Servo Towerpro SG90 Dan Penerapannya," vayuyaan.com. Accessed: Jun. 14, 2024. [Online]. Available: <https://vayuyaan.com/blog/towerpro-sg90-servo-motor-and-its-application/>
- [16] T. Suryana, "Sistem Pendeteksi Objek untuk Keamanan Rumah dengan Menggunakan Sensor Infra Red," *J. Komputa Unikom*, vol. 1, no. 1, pp. 1–17, 2021.