



Prototype Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Otomatis Menggunakan Komunikasi LoRa RFM 95

Prototype of Automatic Railway Crossing Doors Using LoRa RFM 95 Communication

Febrianto Eko Sucahyo^{1*}, Wahyu Dirgantara², Resi Dewi Jayanti Kartika Sari³

123 Teknik Elektro, Teknik, Universitas Merdeka Malang Jl Terusan Raya Dieng 62-64 Malang, 65146

¹birohumas@unmer.ac.id *

Abstract

Railway crossing gates are railway facilities or infrastructure to protect train travel and provide warnings to road users. The prototype of this automatic railway crossing gate uses an Arduino Nano, LoRa RFM 95, 5 kg Load Cell, MG996R Servo Motor, LED, and Buzzer. In component testing there are Load Cell, LoRa RFM 95, and MG996R Servo Motor tests. In the LoRa RFM 95 test, it was successful up to a distance of 350 meters, beyond this distance it failed to transmit the signal. Tests such as RSSI, SNR and Delay were also carried out. In the LoRa test, slave 1 data was produced - 34 to - 104 (dBm) at a distance 0 – 350 meters and slave 2 data produced (-32 to - 107) (dBm) at a distance of (0 – 350) meters but at a distance 400 – 450 but each slave cannot send, the SNR on slave 1 has 8 data including (9.50 – 4.50) dB and slave 2 (9.50 – 3.00) dB which is relatively low and the delay of sending depends on the distance and obstacles to sending. Testing the MG996R Servo Motor showed an error (0.07%). Load Cell testing shows errors on Slave 1 (0.27%), Slave 2 (0.07%), and Master (0.20%). And the overall system test shows success and in opening or closing the door latch it can work properly.

Keywords: Railway Crossing Gate, Train, Infrastructure, Facilities

Abstrak

Pintu perlintasan kereta api adalah sarana atau prasarana kereta api untuk melindungi perjalanan kereta api dan memberikan peringatan kepada pengguna jalan. Prototype palang pintu perlintasan kereta api otomatis ini menggunakan Arduino Nano, LoRa RFM 95, Load Cell 5 kg, Motor Servo MG996R, LED, dan Buzzer. Pada pengujian komponen terdapat pengujian Load Cell, LoRa RFM 95, dan Motor Servo MG996R. Pada pengujian LoRa RFM 95 berhasil hingga jarak 350 meter, lebih dari jarak tersebut gagal untuk mentransmisikan sinyal, dilakukan juga pengujian seperti RSSI, SNR dan Delay pada pengujian lora di dapatkan hasil slave 1 data yang dihasilkan -34 sampai - 104 (dBm) pada jarak 0 – 350 meter dan slave 2 data yang dihasilkan (-32 sampai - 107) (dBm) pada jarak (0 – 350) meter tetapi pada jarak 400 – 450 tetapi setiap slave tidak dapat mengirim, SNR pada slave 1 memiliki 8 data diantaranya (9.50 – 4.50) dB dan slave 2 (9.50 – 3.00) dB yang relatif turun serta delay dari pengiriman tergantung jarak dan rintangan pengiriman. Pengujian Motor Servo MG996R menunjukkan error (0,07%). Pengujian Load Cell menunjukkan error pada Slave 1 (0,27%), Slave 2 (0,07%), dan Master (0,20%). Serta pada pengujian sistem keseluruhan menunjukkan keberhasilan serta dalam membuka atau menutup palang pintu dapat bekerja dengan tepat.

Kata kunci: Pintu Perlintasan Kereta Api, Kereta Api, Prasarana, Sarana.

1. Pendahuluan

Pintu perlintasan kereta api adalah sarana atau prasarana kereta api untuk melindungi perjalanan kereta api dan memberi peringatan bagi pengguna jalan (E-Learning PT.KAI, 2016). Awalnya pintu perlintasan kereta api menggunakan sistem mekanik yaitu yang disebut Mechanic Level Crossing yang dalam pengoprasiannya semua menggunakan tenaga orang atau mekanik. Seiring berkembangnya jaman sistem mekanik pada sistem pintu perlintasan berubah menjadi elektrik, contohnya Pintu Perlintasan Alkmaar, sistem tersebut sudah menggunakan meja pelayanan yang dapat digerakkan menggunakan button/saklar. Disamping itu dalam sistem penggerakannya sudah memakai motor yang terkontrol oleh meja pelayanan dan dalam keadaan listrik padam juga di lengkapi dengan baterai pada peralatan dalam untuk supply daya pada saat listrik padam. Pada sistem elektrik dilengkapi dengan beberapa komponen mulai dari motor pada barrier, palang pintu dan alat pendukungnya untuk keselamatan mulai sirine, marka jalan, lampu dll. Dalam perkembangan ini dapat di buktikan bahwa Kereta Api Indonesia sudah banyak menggunakan alat elektronik sebagai fasilitas pendukung untuk memastikan kelayakannya, safety serta kehandalan dalam pengoprasiannya di bidang prasarana ataupun yang lainnya. Tetapi tidak semua yang sudah

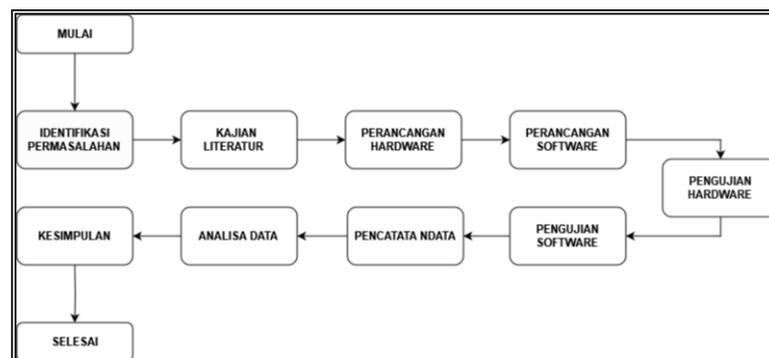
menggunakan sistem elektrik ada juga yang masih menggunakan sistem mekanik bahkan tidak terdapat palang pintu perlintasan (tidak dijaga/liar) sehingga menjadi potensi adanya kecelakaan bagi perjalanan kereta api maupun pengguna jalan.

Maka dari itu dari grafik NKKA (Non Kecelakaan Kereta Api) atau KKA (Kecelakaan Kereta Api) masih ada setiap tahunnya. Dikarenakan masih ada juga perlintasan sebidang yang tidak terjaga maupun liar. Dari data yang dapat dilihat di tabel 1.1 Perlintasan Sebidang di Pulau Jawa pada tahun 2023 untuk Pintu Perlintasan Resmi Dijaga (Guarded) terdapat 1.206, untuk Pintu Perlintasan Resmi Tidak Dijaga (Unguarded) terdapat 1.335 dan Pintu Perlintasan Liar terdapat 498. (Indikator Kinerja Program, Direktorat Jendral Perkeretaapian 2023). Selanjutnya juga dibuktikan dengan data dari Dinas Kominfo Jawa Timur, sesuai data dari data Polda Jawa Timur, terdapat 1.082 titik pintu perlintasan kereta di Jawa Timur, ditemukan 734 titik pintu perlintasan Kereta Api (KA) tidak memiliki pintu perlintasan. Kepala Polda Jawa Timur, Irjenpol Toni Hermanto (2023) dalam rapatnya yang sama memaparkan pada tahun 2022, Polda Jawa Timur mencatat terdapat 175 kasus kecelakaan di perlintasan KA. Dari data tersebut, 105 orang meninggal dunia. Sehingga kasus pada 2022 meningkat 21,5 % dibandingkan 2021 yang tercatat terdapat 144 kasus. Yang menyebabkan jumlah kematian meningkat tajam, sebesar 89,6 % dibandingkan 2021 dan tercatat sekitar 77 orang meninggal dunia. Dengan adanya permasalahan tersebut penelitian ini bertujuan untuk memberikan pelayanan dan pengamanan secara otomatis pada pengguna jalan maupun perjalanan kereta api. Pada penelitian ini menggunakan beberapa komponen untuk otomatisasi dan pengamanan mulai dari Load Cell untuk mendeteksi Kereta Api, LoRa alat pengiriman data antara Slave 1 – Master – Slave 2 tanpa menggunakan kabel, dan Motor Servo MG99R sebagai penggerak palang pintu.

2. Metodologi

Dalam pengerjaan tugas akhir ini memerlukan metode yang akan digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan dimana sesuai dengan rumusan masalah yang ada di atas. Sehingga dalam pembahasan memerlukan metode atau sekematis perancangan untuk menyusun tugas akhir sehingga dapat terselesaikan. Dimana dalam tahap selanjutnya masalah tersebut akan diatasi dengan beberapa tahap mulai dari mencari solusi sebagai bentuk pemecah solusi yang dapat berguna.

1. Sekematis Perancangan



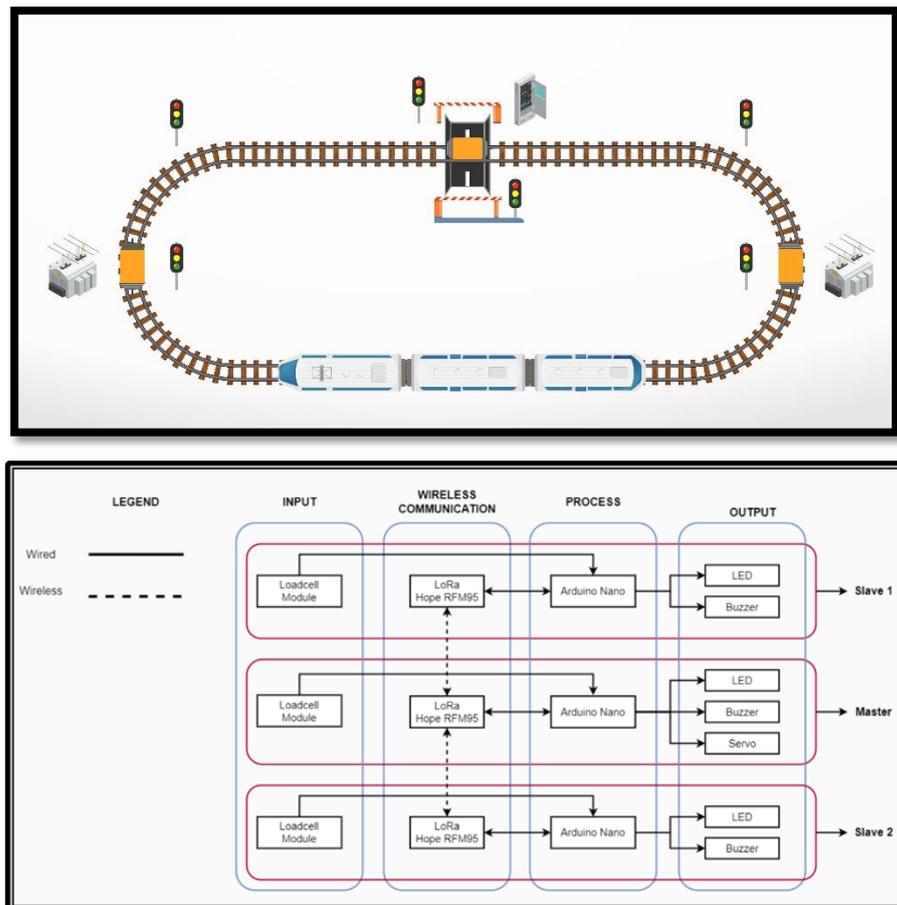
Gambar 1. Sekematis Perancangan

Dari bagan sekematis di atas ada beberapa proses untuk merancang tugas akhir. Beberapa proses sekematis perancangan antarlain:

- Identifikasi Permasalahan: Membahas mengenai permasalahan terjadinya kecelakaan di palang pintu perlintasan kereta api tidak terjaga/liar dan solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan membuat inovasi berupa tugas akhir.
- Kajian Literatur: Membahas mengenai referensi mengenai tugas akhir terkait palang pintu perlintasan otomatis sehingga dapat menciptakan keamanan yang lebih.
- Perancangan Hardware: Membuat perancangan hardware mulai dari Sekema Perancangan, Blok Diagram, Flowchart dan Wiring Diagram untuk bisa menentukan suatu komponen tersebut.
- Perancangan Software: Membuat dan mencari sumber referensi mengenai Bahasa program C/C++ mengenai alat yang dirancang pada tugas akhir.

- Pengujian Hardware: Melakukan Pengujian mulai dari komponen yang akan di uji sampai dengan uji keseluruhan sistem.
- Pengujian Software: Melakukan Pengujian mulai dari komponen yang akan di uji sampai dengan uji keseluruhan sistem dan software Arduino IDE untuk mengaktifkan sistem.
- Pencatatan Data: Mencatat data yang telah dilakukan uji coba mulai dari hardware maupun software.
- Analisa Data: Menganalisa data yang telah di dapatkan dan mencatat untuk dijadikan kesimpulan dari tugas akhir.
- Kesimpulan: Memberikan kesimpulan mengenai cara kerja alat, kegunaan, serta hasil uji coba.

2. Skema Perancangan dan Blok Diagram



Gambar 2. Skema Perancangann Dan Blok Diagram

Pada Skema perancangan dibagi menjadi 3 bagian yaitu Slave 1, Master, dan Slave 2. Dimana pada 3 bagian tersebut saling bersinggungan untuk memproses palang pintu dan lampu rambu lalu lintas. Berikut penjelasan dari gambar diatas:

1. Slave 1

Ketika sensor Load Cell pada slave 1 mendeteksi sarana kereta api yang mana berat sesuai yang sudah ditentukan untuk sarana tersebut. Maka Load Cell akan mengirimkan data ke Arduino Nano dan diolah datanya oleh mikrokontroller tersebut. Dimana hasil inputan data tersebut dikirim menggunakan LoRa RFM 95 ke bagian master sehingga menjadi output untuk memproses membuka atau menutup palang pintu sesuai arah datangnya kereta serta memberikan indikasi sinyal berupa 3 lampu LED dimana jika ada objek atau benda yang berhenti di tengah rel kereta api (master).

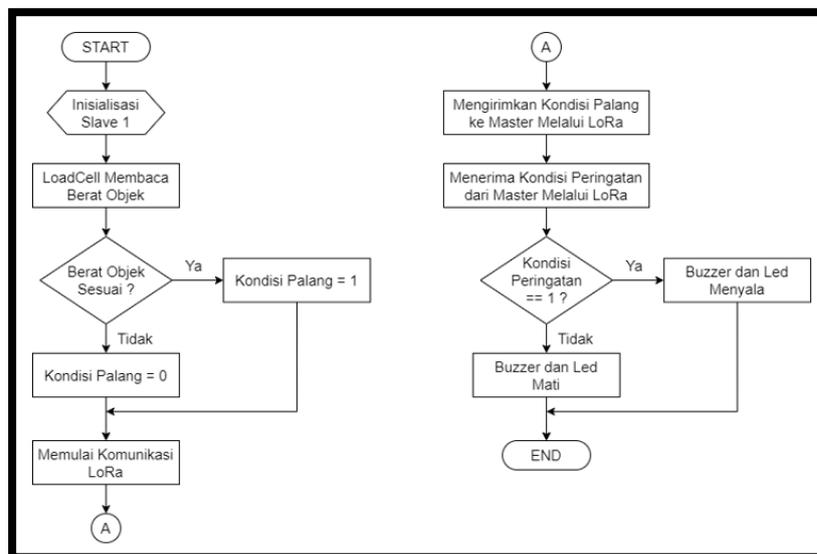
2. Master

Data yang dikirim oleh LoRa bagian Slave 1 ataupun 2 akan di terima oleh Lora master sehingga akan dilanjutkan pada Arduino Nano yang ada di master dan diolah datanya menjadi output untuk memproses palang pintu tersebut sesuai dengan perintah slave 1 dan slave 2, indikasi rambu lalu lintas dan buzzer juga akan memberikan indikasi dimana sebagai output tanda untuk pengguna jalan bahwa akan ada kereta yang melintas.

3. Slave 2

Sama seperti cara kerja Slave 1, Ketika sensor Load Cell pada slave 2 mendeteksi sarana kereta api yang mana berat sesuai yang sudah ditentukan untuk sarana tersebut. Maka Load Cell akan mengirimkan data ke Arduino Nano dan diolah datanya oleh mikrokontroller tersebut. Dimana hasil inputan data tersebut dikirim menggunakan LoRa RFM 95 ke bagian master sehingga menjadi output untuk memproses membuka atau menutup palang pintu sesuai arah datangnya kereta serta memberikan indikasi sinyal berupa 3 lampu LED dimana jika ada objek atau benda yang berhenti di tengah rel kereta api (master).

3. Flowchart Palang Pintu Perlintasan Otomatis

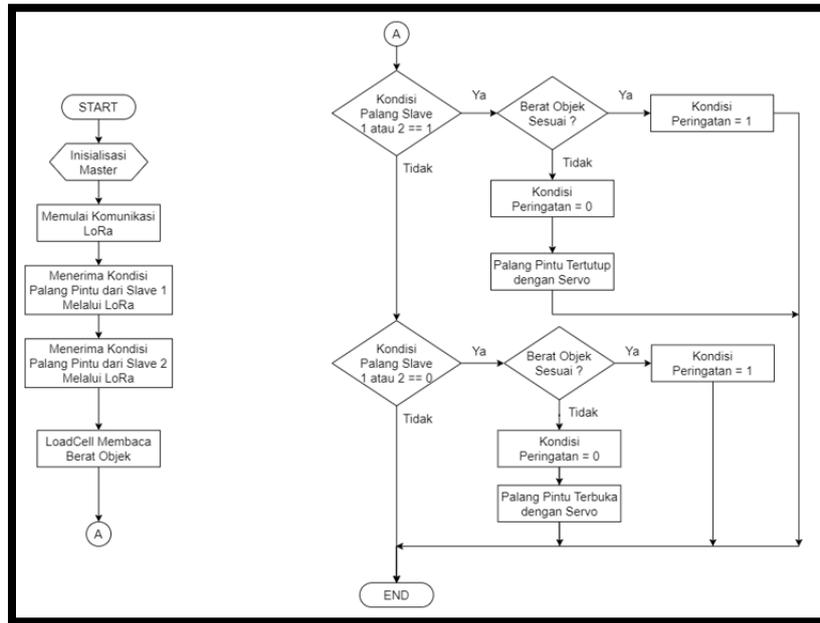


Gambar 3. Flowchart slave 1

Pada bagian *slave 1* Gambar 3. sebagai *input awal* Sensor *load cell* (HX711 Module) akan berfungsi untuk mendeteksi beban yang ditempatkan di atas penampangnya di mana beban yang di deteksi adalah kereta api. Data pembacaan dari sensor *load cell* akan diambil dan diproses melalui perangkat Arduino. Arduino yang digunakan yaitu tipe Arduino Nano yang mana akan menuruskan dan mengolah data dari deteksi berat yang sudah ditentukan. Hasil pemrosesan data tersebut akan selanjutnya dikirimkan ke Slave master melalui jaringan komunikasi LoRa (HopeRF RFM95 W).

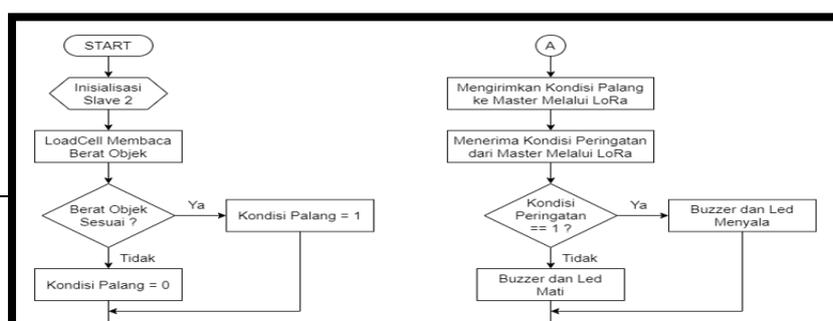
Selanjutnya akan diterima sinyal dari LoRa (Hope RF RFM95 W) yang ada pada Slave 1 sesuai dengan flowchart yang ada diatas ke LoRa (HopeRF RFM95 W) yang ada di master sebagai titik pusat penentu untuk menggerakkan palang pintu ataupun motor servo. Sinyal dari slave 1 akan di terima oleh LoRa (HopeRF RFM95 W) master dimana akan diproses oleh Arduino Nano yang ada di master sehingga dapat diteruskan ke motor servo

sebagai palang pintu untuk di tutup maupun di buka. Tetapi sebelum menutup data akan di olah dan dibandingkan apakah sensor load cell yang ada di master terdapat beban diam (kendaraan mogok). Jika terdapat mobil mogok akan memberikan peringatan teradap sinyal indikasi pada Slave 1 dan palang tidak bergerak sampai beban diam (kendaraan mogok) hilang tetapi jika tidak maka pintu akan memproses untuk menutup. Disamping itu ditambahkan *output* data berupa LED pada master sebagai rambu lalu lintas yang mana untuk indikasi bagi pengguna jalan agar mengetahui bahwa akan ada kereta api lewat pada saat menutup pintu perlintasan tersebut. Tidak lupa data yang di proses oleh Arduino Nano juga akan menghasilkan sirine dari komponen *Buzzer* Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Master

Sebaliknya, jika sensor *loadcell* (HX711 Module) pada slave 2 mendeteksi beban yang sesuai, servo akan bergerak dalam arah sebaliknya, dan palang pintu akan terbuka. Dimana proses yang akan dilakukan sama dengan sebelumnya akan di proses oleh Arduino Nano dan diteruskan oleh LoRa sebagai sinyal yang akan dikirim maupun diterima. Tetapi sebaliknya jika juga terdapat beban diam yang ada di load cell pada master maka palang pintu tidak akan bergerak untuk mengantisipasi jika ada kereta ataupun rangkaian yang tertinggal. Disamping itu akan memberikan indikasi peringatan pada modul master dan slave 2 berupa LED dan buzzer. Dengan cara ini, sistem tersebut memungkinkan otomatisasi pengendalian palang pintu, yang dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam berbagai konteks. Tujuan dari sistem ini adalah untuk mengotomatisasi pengendalian palang pintu. Ketika sensor load cell mendeteksi beban tertentu yang sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan, servo akan diaktifkan, sehingga palang pintu akan tertutup secara otomatis dan jika sudah dideteksi untuk sensor *loadcell* (HX711 Module) yang sebelumnya akan mengakibatkan palang pintu terbuka ataupun tertutup sesuai dengan arah jalannya kereta Gambar 5. Sistem ini dirancang untuk mengurangi pemasangan kabel yang sangat jauh karena pada dasarnya atau aslinya di kehidupan sensor yang ada direl.



Gambar 5. Flowchart *Slave 2*

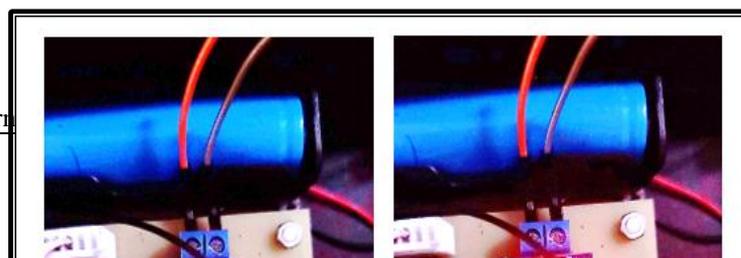
Pada gambar 5. merupakan *Flowchart Slave 2* yang menggambarkan cara kerja yang sudah di jelaskan sebelumnya dimana ada 3 bagian yang dimiliki oleh sistem ini. Yang pertama adalah *Slave 1* atau bagian 1, Master sebagai pemrosesan palang pintu dan yang terakhir yaitu *Slave 2* untuk mendeteksi Kereta Api bahwa rangkaian yang terakhir sudah melewati bagian *Slave 2* dan akan mengirimkan sinyal sebaliknya ke bagian *master* untuk membuka palang pintu perlintasan. Bisa saja sebaliknya dari *Slave 2* – *Master* - *Slave 1*.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini membahas mengenai pengujian mulai dari komponen sampai dengan uji sistem secara keseluruhan. Terdapat beberapa komponen untuk otomatisasi dan pengamanan mulai dari Load Cell untuk mendeteksi Kereta Api, LoRa alat pengiriman data antara *Slave 1* – *Master* – *Slave 2* tanpa menggunakan kabel, dan Motor Servo MG99R sebagai penggerak palang pintu. Masing – masing komponen akan di uji sebanyak 10 kali dimana akan di ketahui dengan nilai rata – rata error dengan satuan desimal. Setelah pengujian komponen akan dilakukan juga dengan uji sistem keseluruhan .

1. Pengujian Arduino Nano dan Software

Pengujian Arduino Nano dan Software merupakan pengujian untuk memastikan Arduino Nano apakah dapat bekerja dengan baik pada software Arduino IDE. Sebelum melakukan percobaan pengujian hal yang pertama yaitu menginstall software Arduino IDE sebagai aplikasi untuk mengecek Arduino Nano. Setelah menginstall software tersebut maka download atau menambahkan library Arduino Nano sebagai mikroprosesor sehingga Arduino Nano dan Software dapat digunakan untuk pengujian komponen yang lainnya. Indikasi jika Arduino Nano sudah terkoneksi dengan Software Arduino IDE yaitu indikator pada Arduino Nano akan menyala.



Gambar 6. Indikasi Arduino Nano

Dalam pengujian perangkat Arduino Nano dapat tersambung dengan baik di Arduino IDE dimana dapat ditunjukkan pada indikasi LED pada Arduino Nano. Ketika Arduino Nano mengindikasikan “ON” maka kedua LED akan menyala tetapi jika Arduino Nano mengindikasikan “OFF” hanya satu LED yang akan menyala,

2. Pengujian Load Cell Kapasitas 5 kg

Pengujian selanjutnya yaitu pada komponen Load Cell, sensor ini merupakan sensor berat. Sensor Load Cell yang digunakan memiliki kapasitas berat maksimal 5 kg dan dilengkapi penmpang Load Cell untuk meletakkan beban atau benda di atas sensor. Pada pengujian ini sensor Load Cell akan dihubungkan dengan Arduino Nano untuk diproses dan ditampilkan pada Arduino Nano. Dalam pengujiannya akan dilakukan 10 kali pengujian dengan berat mulai dari 50 gram, 100 gram, 150 gram, 200 gram, 250 gram, 300 gram, 350 gram, 350 gram, 500 gram, 700 gram, dan 1000 gram. Beban tersebut merupakan beban nerca timbang untuk digunakan sebagai benda uji yang akan di letakkan di atas sensor Load Cell. Pada proses pengujian dibantu dengan shoftware Arduino IDE untuk mengecek atau menghasilkan data pada serial monitor Arduino IDE. Hasil data dari pengukuran berat Load Cell akan dibandingkan dengan neraca timbangan yang memiliki kapasitas berat maksimal 5 kg. Sehingga dapat menghasilkan data mulai dari berat dari Load Cell, Berat Asli, berat dari Neraca, dan presentase error pada Load Cell. Hasil pengujian dapat ditunjukkan pada tabel berikut mengenai sensor Load Cell.

Tabel 1. Pengujian Load Cell Slave 1

No	Load Cell (gram)	Pembanding (gram)	Berat Asli (gram)	Error Loadcell
1	49.58	50	50	0.84
2	99.71	99.9	100	0.29
3	148.86	150	150	0.76
4	200.01	200	200	0.01
5	250.33	250	250	0.13

6	299.75	300	300	0.08
7	349.88	350	350	0.03
8	498.87	500	500	0.22
9	698.90	700	700	0.16
10	998.32	998.9	1000	0.17
Rata - rata error				0.27

Tabel 2. Pengujian Load Cell Slave 2

No	Load Cell (gram)	Pembanding (gram)	Berat Asli (gram)	Error Loadcell
1	50,09	50	50	0,18
2	100,11	99.9	100	0,11
3	150,15	150	150	0,1
4	200,13	200	200	0,07
5	250,16	250	250	0,06
6	300,39	300	300	0,13
7	350,10	350	350	0,02
8	500,13	500	500	0,02
9	700	700	700	0
10	1000,4	998.9	1000	0,04
Rata - rata error				0,07

Tabel 3. Pengujian Load Cell Master

No	Load Cell (gram)	Pembanding (gram)	Berat Asli (gram)	Error Loadcell
1	50,15	50	50	0,3
2	100,23	99.9	100	0,23
3	150,37	150	150	0,24
4	201,19	200	200	0,6
5	249,66	250	250	0,14
6	300,18	300	300	0,06
7	350,21	350	350	0,06
8	499,06	500	500	0,19
9	700,47	700	700	0,07
10	999,17	998.9	1000	0,08
Rata - rata error				0,20

Dari 3 sensor Load Cell antara lain Slave 1, Slave 2 dan Master menghasilkan error yang bermacam-macam. Dimana Slave 1 dalam 10 kali percobaan memiliki error rata – rata 0,27 sedangkan Slave 2 memiliki rata – rata error 0,07 dan Master memiliki rata – rata error 0,20. Jadi dari hasil pengujian dari ketiga sensor Load Cell hasil error masing - masing sensor yang ditunjukkan dalam pengujian kurang dari 1/masih dalam angka desimal.

3. Pengujian Slave 1 atau 2 terhadap Slave Master Lora RFM95

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keberhasilan pengiriman data dengan menggunakan komponen LoRa dari Slave 1 atau Slave 2 ke Slave Master dengan mengatur jarak terhadap pengiriman data. LoRa yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu bertipe LoRa RFM95, dalam pengujiannya di bantu dengan mikrokontroler Arduino Nano untuk menampilkan data pada Arduino IDE dan melihat respon dari motor servo. Indikator yang dapat dilihat yaitu mulai dari LED LoRa dalam pengiriman sinyal dan respon dari motor servo. Jarak pengujian komunikasi LoRa ini dilakukan dengan pengujian 10 kali percobaan dengan jarak yang berbeda – beda. Berikut data hasil percobaan pengujian terhadap pengiriman LoRa.



Gambar 7. Pengujian LoRa

Tabel 4. Pengujian LoRa Slave 1

No	Jarak (m)	Data Berat	LED	BERHASIL	OBSTACLE
1	0	500 gram	HIDUP	YA	POHON
2	50	500 gram	HIDUP	YA	POHON
3	100	500 gram	HIDUP	YA	POHON
4	150	500 gram	HIDUP	YA	POHON
5	200	500 gram	HIDUP	YA	POHON
6	250	500 gram	HIDUP	YA	POHON
7	300	500 gram	HIDUP	YA	POHON
8	350	500 gram	HIDUP	YA	POHON
9	400	500 gram	MATI	TIDAK	POHON
10	450	500 gram	MATI	TIDAK	POHON

Tabel 5. Pengujian LoRa Slave 2

No	Jarak (m)	Data Berat	LED	BERHASIL	OBSTACLE
1	0	500 gram	HIDUP	YA	POHON

2	50	500 gram	HIDUP	YA	POHON
3	100	500 gram	HIDUP	YA	POHON
4	150	500 gram	HIDUP	YA	POHON
5	200	500 gram	HIDUP	YA	POHON
6	250	500 gram	HIDUP	YA	POHON
7	300	500 gram	HIDUP	YA	POHON
8	350	500 gram	HIDUP	YA	POHON
9	400	500 gram	MATI	TIDAK	POHON
10	450	500 gram	MATI	TIDAK	POHON

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa data yang di ambil sebanyak 10 kali percobaan dimana pengujian dalam mengirim data dari Slave 1 atau 2 dapat berhasil sampai dengan jarak 350 meter dengan dibantu indikasi LED berwarna kuning jika mengirimkan LED akan menyala. Sedangkan pada jarak 400 meter keatas data sudah tidak dapat terkirim dan LED mati dikarenakan lemahnya kualitas sinyal akibat jarak yang jauh dan juga di pengaruhi adanya obstacle berupa pohon, bangunan dan yang lainnya.

4. Pengujian RSSI, SNR dan Delay Pengiriman Pada Lora

Pada pengujian ini dilakukan 3 pengujian yaitu mencari nilai RSSI mengenai nilai dari kekuatan sinyal yang diterima, SNR yaitu mengenai menentukan kualitas sinyal yang diterima dan *Delay* untuk menentukan nilai dari waktu yang dibutuhkan pada saat pengiriman. Dalam pengujian 3 indikator ini menggunakan 10 data percobaan dengan jarak yang berbeda-beda. Berikut data percobaan yang telah dilakukan pengujian.

Tabel 6. Pengujian RSSI, SNR dan Delay Slave 1

No	Jarak (m)	Data Berat	RSSI (dBm)	SNR (dB)	DELAY (ms)
1	0	1000 gram	-34	9.50	19
2	50	1000 gram	-78	10.00	20
3	100	1000 gram	-90	9.75	20
4	150	1000 gram	-93	9.00	20
5	200	1000 gram	-101	7.25	20
6	250	1000 gram	-102	6.00	21
7	300	1000 gram	-103	6.00	21
8	350	1000 gram	-104	4.50	21
9	400	1000 gram	TIADA	TIADA	TIADA
10	450	1000 gram	TIADA	TIADA	TIADA

Tabel 7. Pengujian RSSI, SNR dan Delay Slave 1

No	Jarak (m)	Data Berat	RSSI (dBm)	SNR (dB)	DELAY (ms)
1	0	1000 gram	-32	9.50	19
2	50	1000 gram	-60	9.75	19

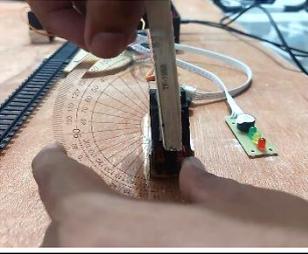
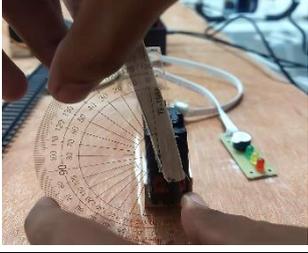
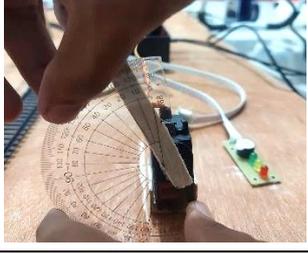
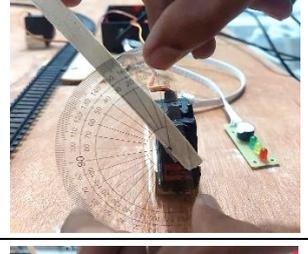
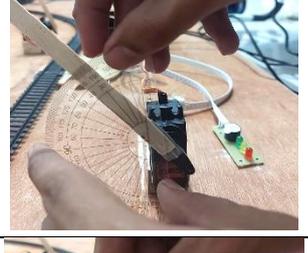
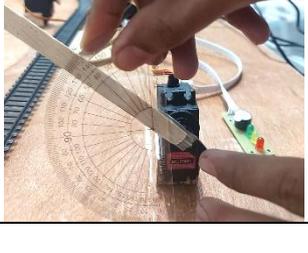
3	100	1000 gram	-85	9.75	19
4	150	1000 gram	-90	9.75	19
5	200	1000 gram	-102	7.00	20
6	250	1000 gram	-105	4.75	19
7	300	1000 gram	-106	3.75	20
8	350	1000 gram	-107	3.00	20
9	400	1000 gram	TIADA	TIADA	TIADA
10	450	1000 gram	TIADA	TIADA	TIADA

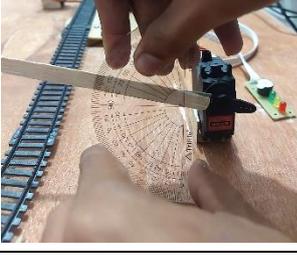
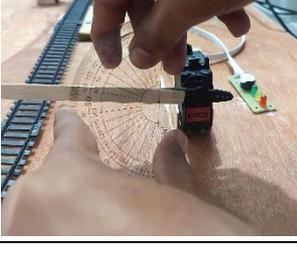
Dari data yang di dapat bahwa RSSI adalah suatu indikator yang digunakan untuk mengukur kualitas relative dari suatu sinyal yang diterima ke perangkat dimana semakin kecil nilai dBm RSSI maka kekuatan sinyal pengiriman semakin buruk. Dari data tersebut *slave 1* data yang dihasilkan -34 sampai -104 (dBm) pada jarak 0 – 350 meter tetapi pada jarak 400 – 450 tidak terdapat data yang dikirim dan *slave 2* data yang dihasilkan -32 sampai -107 (dBm) pada jarak 0 – 350 meter tetapi pada jarak 400 – 450 tidak terdapat data yang dikirim. Sehingga membuktikan bahwa semakin jauh jarak pengiriman kekuatan sinyal pada saat pengiriman semakin buruk. Selanjutnya SNR dapat dilihat dari data percobaan dimana semakin jauh pengiriman semakin kecil nilai SNR dan SNR positif berarti kekuatan sinyal lebih besar dari kekuatan *noise* yang mana penerima akan mampu mendemodulasi sinyal dan SNR jika negative kekuatan sinyal lebih kecil dari kekuatan *noise*. Dibuktikan dengan data yang di dapat *slave 1* memiliki 8 data diantaranya 9.50 – 4.50 dB dan *slave 2* 9.50 – 3.00 dB yang mana relatif turun. Selanjutnya dari data waktu pemrosesan dalam percobaan waktu pengiriman (*delay*) dapat disimpulkan bahwa waktu pengiriman dipengaruhi dengan jarak dari pengirim dan penerima.

5. Pengujian Palang Pintu Menggunakan Motor Servo MG996R

Pengujian motor servo ini dilakukan untuk mengukur sudut yang digerakkan oleh motor servo apakah sesuai atau tidak. Motor servo akan di uji sebanyak 10 kali di input manual pada Arduino IDE dan diukur menggunakan busur. Dalam pengujian tersebut akan di bandingkan dengan data masukan yang di input pada Arduino IDE dan pengukuran manual dengan busur mulai dari keadaan Palang terbuka sampai tertutup dimana mulai dari 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80° dan 90°. Berikut data yang dihasilkan dari pengukuran manual menggunakan busur dan inputan kerja motor servo.

Tabel 8. Pengujian Motor Servo MG996R

No	Pengaturan Sudut	Data	Sudut Motor	Error
1	0°		0°	0
2	10°		10°	0
3	20°		20°	0
4	30°		30°	0
5	40°		40°	0
6	50°		50°	0

7	60°		60S°	0
8	70°		69,5°	0,71
9	80°		80°	0
10	90°		90°	0
			Rata – Rata Error	0,07

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa terdapat beberapa sudut inputan dengan output yang sedikit tidak sesuai. Pada sudut 70° pengukuran yang dilakukan menggunakan busur memiliki hasil yang berbeda dengan input dikarenakan terdapat kemiringan yang tidak sempurna dari motor servo.

6. Pengujian Sistem Palang Pintu Otomatis Kereta Api

Pengujian sistem keseluruhan ini dilakukan untuk mengetahui bahwa palang pintu otomatis dapat tertutup dan membuka secara sempurna. Dimana diatur dengan berat loko sekitar 140gram dan gerbong yang dibawa yaitu 117 gram. Pada pengujian ini akan dibagi menjadi 2, dari arah kiri (Slave 1 – Master – Slave 2) dan dari arah kanan (Slave 2 – Master – Slave 1).

6.1 Pengujian Kereta Api Bergerak ke Arah Kiri (Slave 1 – Master – Slave 2)

Pada pengujian ini akan dilakukan pengujian kereta api bergerak dari arah kiri dan memastikan bahwa palang pintu sudah tertutup ketika sudah menginjak sensor Load Cell yang ada di Slave 1 dan dapat terbuka kembali ketika menginjak sensor Load Cell yang ada di Slave 2. Serta dilengkapi uji master dimana jika terdapat penghalang pada Master maka *prototype* palang pintu akan berhenti sehingga penghalang

seperti mobil atau sepeda motor dapat melanjutkan untuk bergerak menghindari rel kereta api. Disamping itu juga terdapat pengamanan berupa indikasi sinyal pada Slave 1 jika kereta bergerak ke arah kiri dengan dilengkapi sistem persinyalan elektrik pada umumnya di dunia kereta api.

Tabel 9. Pengujian Sistem (Slave 1 - Master - Slave 2)

Arah Kanan ke Kiri							
Percobaan Ke	Kondisi	Sensor Loadcell			Indicator		Status Palang
		Slave 1	Slave 2	Master	LED	Buzzer	
1	1	ON	-	-	Merah Menyala	Mati	Menutup
	2	-	ON	-	Hijau Menyala	Mati	Membuka
2	1	ON	-	-	Merah Menyala	Mati	Menutup
	2	-	ON	-	Hijau Menyala	Mati	Membuka
3	1	ON	-	-	Merah Menyala	Mati	Menutup
	2	-	ON	-	Hijau Menyala	Mati	Membuka
4	1	ON	-	-	Merah Menyala	Mati	Menutup
	2	-	ON	-	Hijau Menyala	Mati	Membuka
5	1	ON	-	-	Merah Menyala	Mati	Menutup
	2	-	ON	-	Hijau Menyala	Mati	Membuka
6	1	ON	-	-	Merah Menyala	Mati	Menutup
	2	-	ON	-	Hijau Menyala	Mati	Membuka
7	1	ON	-	-	Merah Menyala	Mati	Menutup
	2	-	ON	-	Hijau Menyala	Mati	Membuka
8	1	ON	-	ON	Kuning Menyala	Menyala	Diam / Berhenti
	2	-	ON	ON	Kuning Menyala	Menyala	Diam / Berhenti
9	1	ON	-	ON	Kuning Menyala	Menyala	Diam / Berhenti
	2	-	ON	ON	Kuning Menyala	Menyala	Diam / Berhenti
10	1	ON	-	ON	Kuning Menyala	Menyala	Diam / Berhenti
	2	-	ON	ON	Kuning Menyala	Menyala	Diam / Berhenti

Dari data 8, 9, dan 10 palang pintu tidak melakukan proses menutup dan membuka palang pintu dikarenakan pada Master terdapat benda atau objek sebuah sepeda motor atau mobil. Dimana Load Cell pada master jika diinjak oleh benda dan tidak bergerak berada di posisi tengah – tengah akan memberi indikasi kepada Slave 1 sebagai sinyal elektrik bagi kereta api dan memberhentikan proses penutupan palang pintu.

6.2 Pengujian Kereta Api Bergerak ke Arah Kanan (Slave 2 – Master – Slave 1)

Pada pengujian ini akan dilakukan pengujian kereta api bergerak dari arah kiri dan memastikan bahwa palang pintu sudah tertutup ketika sudah mengijak sensor Load Cell yang ada di Slave 2 dan dapat terbuka kembali ketika menginjak sensor Load Cell yang ada di Slave 1. Serta dilengkapi uji master dimana jika terdapat penghalang pada Master maka *prototype* palang pintu akan berhenti sehingga penghalang seperti mobil atau sepeda motor dapat melanjutkan untuk bergerak menghindari rel kereta api. Disamping itu juga terdapat pengamanan

berupa indikasi sinyal pada Slave 2 jika kereta bergerak ke arah kanan dengan dilengkapi sistem persinyalan elektrik pada umumnya di dunia kereta api. Setelah benda yang berada di tengah palang pintu perlintasan sudah tidak ada maka akan memberikan indikasi sinyal untuk Kereta Api agar berjalan kembali dan memproses palang pintu untuk menutup.

Tabel 10. Pengujian Sistem (Slave 2 - Master - Slave 1)

Arah Kiri ke Kanan							
Percobaan Ke	Kondisi	Sensor Loadcell			Indicator		Status Palang
		Slave 1	Slave 2	Master	LED	Buzzer	
1	1	-	ON	-	Merah Menyala	Mati	Menutup
	2	ON	-	-	Hijau Menyala	Mati	Membuka
2	1	-	ON	-	Merah Menyala	Mati	Menutup
	2	ON	-	-	Hijau Menyala	Mati	Membuka
3	1	-	ON	-	Merah Menyala	Mati	Menutup
	2	ON	-	-	Hijau Menyala	Mati	Membuka
4	1	-	ON	-	Merah Menyala	Mati	Menutup
	2	ON	-	-	Hijau Menyala	Mati	Membuka
5	1	-	ON	-	Merah Menyala	Mati	Menutup
	2	ON	-	-	Hijau Menyala	Mati	Membuka
6	1	-	ON	-	Merah Menyala	Mati	Menutup
	2	ON	-	-	Hijau Menyala	Mati	Membuka
7	1	-	ON	-	Merah Menyala	Mati	Menutup
	2	ON	-	-	Hijau Menyala	Mati	Membuka
8	1	-	ON	ON	Kuning Menyala	Menyala	Diam / Berhenti
	2	ON	-	ON	Kuning Menyala	Menyala	Diam / Berhenti
9	1	-	ON	ON	Kuning Menyala	Menyala	Diam / Berhenti
	2	ON	-	ON	Kuning Menyala	Menyala	Diam / Berhenti
10	1	-	ON	ON	Kuning Menyala	Menyala	Diam / Berhenti
	2	ON	-	ON	Kuning Menyala	Menyala	Diam / Berhenti

Dari data 8, 9, dan 10 palang pintu tidak melakukan proses menutup dan membuka palang pintu dikarenakan pada Master terdapat benda atau objek sebuah sepeda motor atau mobil. Dimana Load Cell pada master jika diinjak oleh benda dan tidak bergerak berada di posisi tengah – tengah akan memberi indikasi kepada Slave 2 sebagai sinyal elektrik bagi kereta api dan memberhentikan proses penutupan palang pintu. Setelah benda yang berada di tengah palang pintu perlintasan sudah tidak ada maka akan memberikan indikasi sinyal untuk Kereta Api agar berjalan kembali dan memproses palang pintu untuk menutup.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan yang telah dilakukan dengan pengujian yang telah dibahas maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. *Prototype* palang pintu perlintasan kereta api otomatis menggunakan Arduino Nano, LoRA RFM 95, Load Cell 5 kg, Motor Servo MG996R, LED, dan Buzzer. Sensor Load Cell mendeteksi kereta api dan objek di perlintasan, dilengkapi dengan pengamanan untuk mobil mogok.

2. Sistem palang pintu perlintasan kereta api ini bekerja dengan cara ketika Kereta Api menginjak Load Cell di Slave 1 untuk instruksi menutup palang pintu, dan di Slave 2 untuk membukanya ataupun sebaliknya. Pengamanan objek di tengah perlintasan membuat LED merah dan kuning menyala, dan LED hijau menandakan jalur aman setelah objek bergerak.
3. Pengujian komponen Load Cell, LoRa RFM 95, dan Motor Servo MG996R menunjukkan nilai error rata-rata masing-masing. Pada pengujian komponen mulai dari LoRa RFM 95 berhasil hingga jarak 350 meter lebih dari jarak tersebut LoRa RFM 95 gagal mentransmisikan sinyal disamping itu dilakukan pengujian mulai dari RSSI, SNR dan *Delay* pada pengujian lora di dapatkan hasil *slave 1* data yang dihasilkan -34 sampai -104 (dBm) pada jarak 0 - 350 meter tetapi pada jarak 400 - 450 tidak terdapat data yang dikirim dan *slave 2* data yang dihasilkan -32 sampai -107 (dBm) pada jarak 0 - 350 meter tetapi pada jarak 400 - 450 tidak terdapat data yang dikirim, SNR pada *slave 1* memiliki 8 data diantaranya 9.50 - 4.50 dB dan *slave 2* 9.50 - 3.00 dB yang mana relatif turun selain itu *delay* dari pengiriman tergantung jarak dan rintangan pengiriman. Pengujian Motor Servo MG996R menunjukkan error rata-rata (0,07%). Pengujian Load Cell menunjukkan error rata-rata pada *slave 1* (0,27%), *Slave 2* (0,07%), Master 0,20%). Serta pada pengujian sistem keseluruhan menunjukkan keberhasilan dalam berbagai kondisi mulai dari kondisi tidak normal ada kendaraan mogok atau objek pada pintu perlintasan sehingga memberikan indikasi sinyal bagi kereta api dan ketepatan penutupan palang pintu dengan tepat.

Pengujian sistem keseluruhan menunjukkan bahwa kereta dapat berjalan dan palang pintu tertutup dengan aman. Ketika ada objek di tengah perlintasan, proses penutupan palang pintu dihentikan untuk memberikan sinyal kepada kereta api untuk berhenti, dan sistem berfungsi dengan baik serta tepat pada saat menutup palang pintu..

Referensi

- [1] A. A. F. D. E. R. D. O. A. M. S. P. Eko Didik Widiyanto, "Simple LoRa Protocol: Protokol Komunikasi LoRa Untuk Sistem Pemantauan Multisensor," *Jurnal TELKA*, Vols. Vol 5, No 2, no. DOI: <https://doi.org/10.15575/telka.v5n2.83-92>, 2019.
- [2] P. P. d. P. I. H. Juanda, *Pengoprasian Peralatan Pintu Perlintasan*, Bandung: PT. Kereta Api Indonesia (Persero), 2016.
- [3] K. Indonesia, *Load Cell dan Timbangan*, Cikarang: Kitoma, 2023.
- [4] A. L, *Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Otomatis Berbasis Arduino Uno*, Pekan Baru: Jurnal, Jurnal.
- [5] E. P. S, *Rancang Bangun Sistem Keamanan Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Otomatis Menggunakan Sensor Proximity Induktif Berbasis Atmega 328*, Semarang: Jurnal, 2018.
- [6] C. N, *Perancangan dan Pembuatan Prototipe Robot Inspeksi Rel Kereta Api*, Semarang : Jurnal, 2011.
- [7] A. T. Satya, "PERANCANGAN ALAT DETEKSI KECEPATAN KERETA API UNTUK PENINGKATAN CENTRALIZED TRAFFIC CONTROL DI DAOP 6 YOGYAKARTA," *STTD*, vol. IV, pp. 45-55, 2021.
- [8] A. Wibowo, "ANALISIS PEMAKAIAN SENSOR LOADCELL DALAM PERHITUNGAN BERAT BENDA PADAT DAN CAIR BERBASIS MICROCONTROLLER," *STEKOM*, vol. 12 , no. Vol 12 No 1 (2019): Juli: Jurnal Elektronika dan Komputer , 2019.
- [9] P. M. A. H. K. Ayub Repa Batong, "Analisis Kelayakan LoRa Untuk Jaringan Komunikasi Sistem Monitoring Listrik Di Politeknik Negeri Samarinda," *POLIGRID*, vol. 1 No. 2, no. DOI: <https://doi.org/10.46964/poligrd.v1i2.602>, 2020.
- [10] E. Sumarno, "RANCANG BANGUN PALANG PINTU KERETA API OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR GETAR BERBASIS PLC DAN WIRELESS XBee Pro S2C," *EPIC : Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control* , Vols. 2, No 1, no. DOI: <http://dx.doi.org/10.32493/epic.v2i1.1596>, 2019.
- [11] A. B. U. M. Azzam Firdaus, "Miniatur Palang Pintu Kereta Api Otomatis dengan Menampilkan Kecepatan Kereta Serta Waktu Tunggu Menggunakan Arduino," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. Vol. 8 No. 1, 2016.

