

**PERANCANGAN PROTOTIPE EARLY WARNING SYSTEM  
BERBIAYA MURAH UNTUK PERLINTASAN SEBIDANG TANPA PENJAGAAN**

**PROTOTYPE DESIGN OF LOW-COST EARLY WARNING SYSTEM FOR  
UNGUARDED LEVEL CROSSINGS**

**Galih Satria<sup>1\*</sup>, Dhina Setyo Oktaria<sup>2</sup>, Ika Setyorini Prodjodjowati<sup>3</sup>,  
Alfian Yuda Prasetyo<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Teknologi Elektro Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia, Madiun, Indonesia  
Email: [1galih@ppi.ac.id](mailto:1galih@ppi.ac.id), [2dhina@ppi.ac.id](mailto:2dhina@ppi.ac.id), [3ika@ppi.ac.id](mailto:3ika@ppi.ac.id), [4alfian@ppi.ac.id](mailto:4alfian@ppi.ac.id)

**ARTICLE INFO**

**Article History:**

Received July 25, 2024

Revised September 16, 2024

Accepted October 10, 2024

Available online October 15, 2024

**Kata Kunci:**

Perlindungan Sebidang, *Early Warning System*, Sensor Inductive Proximity

**Keywords:**

*Unguarded Level Crossing, Early Warning System, Inductive Proximity Sensor*

**ABSTRAK**

Perlindungan sebidang tanpa penjagaan masih banyak ditemui disepanjang lintas kereta api dan masih sering dijumpai kecelakaan antara pengguna jalan dengan kereta api dikarenakan ketidaktahuan adanya datangnya kereta api. Perancangan Prototipe Early Warning System bertujuan memberikan peringatan dini kepada pengguna jalan tentang kedatangan kereta api. Dengan biaya yang terjangkau diharapkan dapat dimanfaatkan pada perlindungan sebidang tanpa penjagaan. Komponen utama dari EWS adalah sensor *inductive proximity* yang mendeteksi pergerakan kereta api. Mikrokontroler Arduino Uno R3 berperan mengendalikan sistem, mengumpulkan data sensor, dan memberikan peringatan kepada pengguna jalan. Sistem peringatan meliputi lampu peringatan berkedip dan bunyi peringatan untuk memberi tahu pengguna jalan tentang kedatangan kereta. Keuntungan yang didapatkan dengan penerapan EWS ini adalah memberikan prioritas keselamatan kepada pengguna jalan pada perlindungan sebidang dengan menggunakan teknologi yang terjangkau, sederhana, dan efektif untuk meningkatkan kesadaran dan keselamatan di perlindungan sebidang tanpa penjagaan.

**ABSTRACT**

*Unguarded crossings are still found along railway crossings and accidents between road users and trains are still often encountered due to ignorance of the arrival of trains. The design of the Early Warning System Prototype aims to provide early warning to road users about the arrival of trains. At an affordable cost, it is expected to be used at unguarded crossings. The main component of the EWS is the inductive proximity sensor that detects the movement of the train. The Arduino Uno R3 microcontroller plays a role in controlling the system, collecting sensor data, and providing warnings to road users. The warning system includes flashing warning lights and warning sounds to notify road users of the arrival of trains. The advantage obtained by the implementation of EWS is that it gives safety priority to road users at crossings by using affordable, simple, and effective technology to increase awareness and safety at crossings*

**PENDAHULUAN**

Transportasi merupakan salah satu sektor penting dalam mendukung mobilitas masyarakat dan pertumbuhan ekonomi suatu negara. Di antara berbagai moda transportasi yang tersedia, transportasi kereta api menempati posisi strategis karena mampu mengangkut penumpang dan barang dalam jumlah besar dengan efisiensi tinggi. Pemerintah Indonesia berkomitmen untuk mengembangkan sektor perkeretaapian yang dituangkan dalam *pasal 3 UU No 23 Tahun 2007 tentang Perkertaapian* bahwa

perkeretaapian diselenggarakan dengan tujuan untuk memperlancar perpindahan orang dan/atau barang secara massal dengan selamat, aman, nyaman, cepat dan lancar, tepat, tertib dan teratur, efisien, serta menunjang pemerataan, pertumbuhan, stabilitas, pendorong, dan penggerak pembangunan nasional (Undang Undang RI, 2007)

Di Indonesia, transportasi kereta api memiliki peran penting dalam menghubungkan berbagai wilayah, khususnya di Pulau Jawa dan Sumatera. Kereta api di Indonesia, yang dioperasikan oleh PT Kereta Api Indonesia (KAI), telah mengalami modernisasi dalam hal infrastruktur, teknologi, dan pelayanan. Pengembangan sistem kereta api, termasuk kereta api cepat dan peningkatan jalur ganda, menjadi upaya pemerintah untuk meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan kenyamanan pengguna. Transportasi kereta api tidak hanya vital dalam menunjang aktivitas perkotaan, tetapi juga memiliki dampak ekonomi yang signifikan dalam distribusi barang dari pusat-pusat produksi ke berbagai wilayah.

Namun dari perkembangan infrastruktur jaringan perkeretaapian tidak dapat dipungkiri banyak ditemui perpotongan dengan jalan raya. Perpotongan antara jalur kereta dengan jalan raya disebut dengan perlintasan sebidang (Peraturan Menteri, 2018). Sejumlah perlintasan sebidang tidak semuanya dijaga ataupun dieliminasi dengan pembuatan *fly over* ataupun *under pass* untuk menghindari persinggungan langsung dengan jalur kereta api. Perlintasan sebidang jelas merupakan titik paling berbahaya di jaringan kereta api, tempat terjadinya tabrakan antara kendaraan rel dan kendaraan jalan raya dan menyebabkan konsekuensi (negatif) yang signifikan (Kobaszyńska-Twardowska et al., 2018). Dalam sebagian besar kasus kecelakaan terjadi karena pengguna jalan gagal menilai kecepatan kereta dengan benar (Kumarand et al., 2013). Akan tetapi keterbatasan dana mengharuskan pemerintah menentukan skala prioritas dalam pembangunan.

Berdasarkan data perkeretaapian dalam angka Tahun 2022 semester I Direktorat Jenderal Perkeretaapian terdapat 4.194 perlintasan sebidang di Jawa dan Sumatra, dimana 1.617 merupakan perlintasan sebidang resmi tidak dijaga dan 929 perlintasan illegal. Total sekitar 2.546 perlintasan sebidang atau 60 persen perlintasan tidak dijaga. Akibat dari hal tersebut sering kali ditemukan tamperan pada perlintasan sebidang terutama pada perlintasan sebidang tanpa penjagaan. Data KAI pada hingga Agustus 2024 menunjukkan terjadi 535 tabrakan atau 'tamperan' kereta api di berbagai lokasi perlintasan sebidang. Sedangkan disepanjang tahun 2023 dan 2022 telah terjadi 774 dan 738 kejadian tabrakan.

Namun, pembangunan sistem peringatan otomatis yang mahal seringkali tidak memungkinkan untuk diterapkan pada setiap perlintasan sebidang dengan *traffic* yang rendah, seperti di daerah pedesaan atau kawasan terpencil. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan *early warning system* (EWS) dengan biaya yang terjangkau namun tetap efektif dalam memberikan peringatan kepada pengguna jalan akan datangnya kereta api. Diharapkan dengan adanya EWS akan semakin tinggi tingkat pemahaman EWS seorang pengendara sehingga akan menekan atau menimalisir jumlah kecelakaan pada perlintasan sebidang (Putra Iswanto et al., 2021).

## METODE

Penelitian diawali tahapan persiapan. Pada tahapan persiapan meliputi identifikasi masalah studi literatur. Studi literatur dalam rangka pencarian referensi yang berkaitan dengan judul penelitian. Sumber referensi dari jurnal penelitian terdahulu yang relevan dengan subjek penelitian dan artikel teori yang terkait dengan penelitian. Tahap perancangan alat dimulai dengan pembuatan blok sistem, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada tahapan perakitan semua komponen digabungkan hingga menjadi satu kesatuan alat. Pengujian alat dilakukan mengevaluasi kemampuan alat sudah sesuai dengan standar atau sesuai dengan tujuan penggunaan. Pembahasan dilakukan pembahasan mengenai hasil penelitian. Apabila belum ketidaksesuai dengan harapan pengujian dilakukan analisa dan perbaikan. Kesimpulan merupakan inti dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

### Tahap Persiapan

Tahapan persiapan terdiri dari identifikasi masalah, studi literatur dan analisa kebutuhan system. Identifikasi masalah yang ditemukan dan ingin diatasi adalah rendahnya keamanan pada perlintasan sebidang tanpa penjagaan. Sedangkan tujuan utama dari penelitian yaitu merancang sistem peringatan dini berbiaya rendah yang efektif dan aplikatif. Studi Literatur dilakukan untuk melakukan kajian terhadap literatur yang relevan, termasuk penelitian sebelumnya mengenai sistem peringatan dini, teknologi sensor yang dapat digunakan, serta desain dan implementasi prototipe.

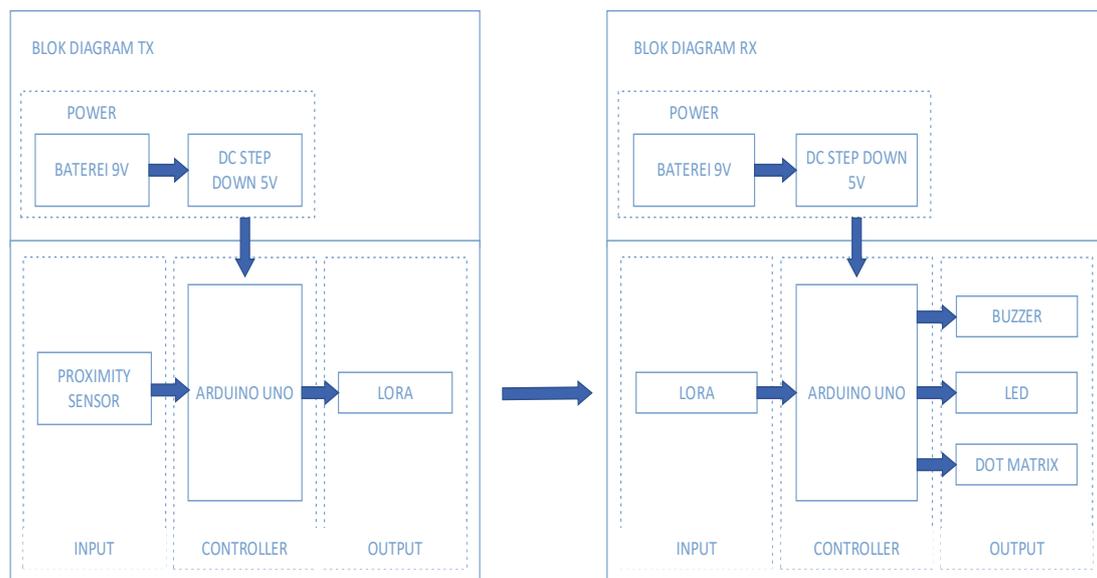
(Lenné et al., 2011) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa rata - rata kecepatan kendaraan saat mendekati perlintasan sebidang merespon terhadap *flashing lights* dibandingkan *traffic signal* dan yang terendah adalah merespon terhadap rambu *stop sign*. (Arifianto et al., 2020) dalam penelitiannya membahas sistem detektor menggunakan sensor *proximity* ditambah dengan perintah *reversible counter* mampu meningkatkan tingkat keselamatan pada perlintasan karena sensor bekerja ketika

semua persyaratan terpenuhi sehingga meskipun terdapat logam selain roda kereta tidak akan mengganggu EWS. Sedangkan penelitian (Mirza et al., 2021.) menerapkan teknologi komunikasi kedatangan kereta menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi kedatangan kereta yang diterjemahkan oleh Arduino Mega 2560 dan dihubungkan langsung kepada arduino di sisi penerima melalui komunikasi serial antar arduino yang langsung menterjemahkan informasi dalam bentuk indikator sirine dan lampu LED. (Zhu & Meng, 2021) melakukan penelitian EWS perlintasan kereta tanpa penjagaan pada area tambang untuk mengatasi masalah keselamatan penyeberangan di area jalur pertambangan kereta api. Perancang sistem peringatan dini keamanan cerdas untuk penyeberangan tanpa penjaga di area pertambangan berdasarkan akuisisi data dan teknologi transmisi jarak jauh pemantauan video. Penerapan dari penelitian ini memberikan peringatan dini dan relatif dapat mengurangi terjadinya kecelakaan lalu lintas. Sedangkan (Naveen & Rayala, 2023) dalam penelitiannya melakukan rancangan automatic railway level crossing dengan menggunakan teknologi LoRa yang dilakukan untuk pengendalian pintu rel dalam melakukan penutupan dan pembukaan pintu. Persimpangan rel kereta api terprogram dapat dijalankan tanpa campur tangan manusia yang memberikan kerangka kerja yang aman dan terjamin dan secara produktif memberi manfaat bagi masyarakat.

Hal lain selain studi literatur terkait yaitu menganalisis sistem peringatan dini yang sudah ada dan mengidentifikasi kelemahan serta area untuk perbaikan. Analisis kebutuhan sistem dilakukan untuk mendefinisikan spesifikasi sistem yang diperlukan, seperti jenis sensor, algoritma peringatan, kebutuhan daya serta komunikasi data peralatan. Pertimbangan ketersediaan komponen yang hemat biaya dan kemudahan akses dilakukan untuk memastikan keterjangkauan biaya pembuatan prototipe.

### Tahapan Perancangan

Dalam tahapan perancangan alat terdiri dari perancangan *hardware* dan *software*. Sebagai acuan dalam perancangan *hardware* maka dibuat blok diagram untuk memudahkan pembuatan prototipe dan menghitung kebutuhan komponen dalam penelitian ini.



Gambar 1. Blok Diagram Prototipe EWS

Blok diagram meliputi dua bagian utama dalam sistem EWS kedatangan kereta api pada perlintasan sebidang yang meliputi blok diagram transmitter dan blok diagram receiver. Blok diagram transmitter meliputi modul power, proximity sensor, microcontroller Arduino uno R3, LoRa. Modul power sistem menggunakan baterai sebagai sumber daya dilengkapi dengan DC step down 5V untuk menyesuaikan tegangan pada prototipe EWS. *Inductive Proximity Sensor* digunakan untuk mendeteksi datangnya kereta api pada jalur rel. Pada penelitian ini digunakan *inductive proximity sensor* jenis LJ12A3/BX.

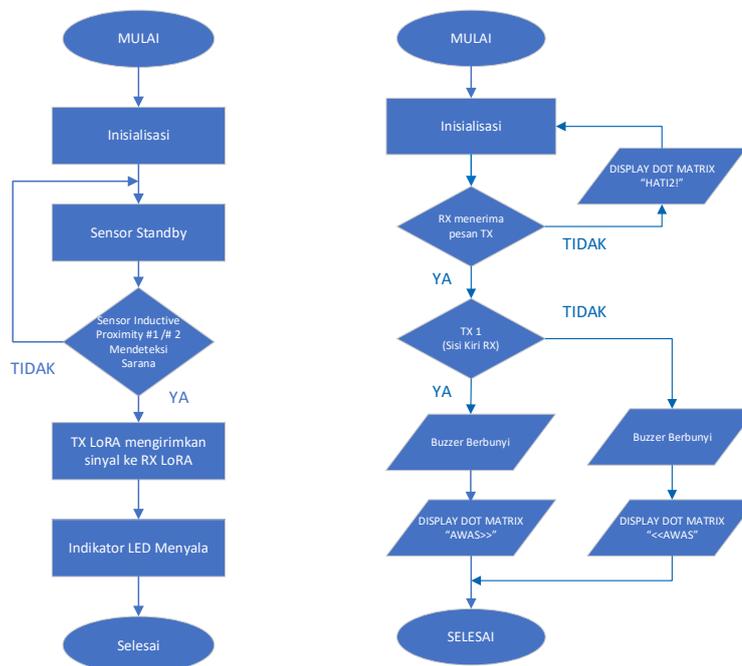
Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Sensor ini mendeteksi keberadaan objek logam tanpa perlu kontak fisik. Di dalam sensor terdapat kumparan yang dialiri arus listrik bolak-balik, sehingga menciptakan medan elektromagnetik di sekitar kumparan tersebut. Ketika

objek logam mendekati medan elektromagnetik ini, medan tersebut akan menginduksi arus eddy (eddy currents) di permukaan logam. Arus eddy yang terbentuk akan menghasilkan medan magnet yang berlawanan, yang kemudian mengurangi kekuatan medan elektromagnetik asli di sekitar kumparan. Sensor mendeteksi perubahan dalam medan elektromagnetik akibat arus eddy. Ketika ada perubahan signifikan, sensor menganggap ada objek logam yang mendekat dan mengirimkan sinyal output. Karena prinsip kerjanya yang bergantung pada induksi, sensor ini hanya bisa mendeteksi objek yang terbuat dari logam. Objek non-logam seperti plastik atau kayu tidak akan mempengaruhi medan elektromagnetik.

Mikrokontroler arduino Uno R3 berfungsi sebagai pengontrol utama yang menerima input dari sensor dan mengirimkan sinyal ke modul komunikasi LoRa. Modul komunikasi Long Range LoRa E220-900T22D pada blok diagram transmitter digunakan untuk mengirimkan sinyal ke blok diagram receiver. E220-900T22D adalah modul port serial nirkabel (UART) yang dirancang berdasarkan skema chip LLCC68, yang menggunakan teknologi spread spektrum LoRa generasi terbaru. Ini bekerja di pita frekuensi (850.125 - 930.125MHz) (default 873.125MHz), memiliki output level TTL, dan kompatibel dengan tegangan port IO 3.3V dan 5V.

Sedangkan untuk blok diagram receiver meliputi modul power, LoRa, mikrokontroler Arduino uno R3, buzzer, dan display LED Dot Matrix. Sama seperti pada blok diagram transmitter, menggunakan baterai dengan tegangan DC 5V sebagai sumber daya. Receiver LoRa E220-900T22D digunakan untuk menerima sinyal dari modul transmitter LoRa dari blok diagram transmitter. Arduino Uno R3 difungsikan sebagai pengontrol utama yang memproses sinyal dari LoRa dan mengontrol output perangkat peringatan yaitu buzzer dan display LED Dot Matrix. Penggunaan display LED Dot Matrix 8x32 dengan driver MAX7219 adalah untuk menampilkan teks bergulir dalam bentuk matriks pada 256 titik LED (8 baris dan 32 kolom). Driver Chip MAX7219 digunakan untuk memungkinkan pengontrolan matriks LED dengan pengkabelan yang lebih sederhana. Modul LED dot matrix dikendalikan dengan menghubungkan mikrokontroler melalui antarmuka serial (SPI).

Setelah dilakukan perancangan hardware yang mengacu kepada blok diagram transmitter dan receiver, dilanjutkan dengan perancangan software atau perangkat lunak untuk mendetailkan alur program yang akan dikontrol melalui mikrokontroler Arduino Uno R3. Gambar berikut menunjukkan flowchart atau diagram alir program transmitter dan receiver prototipe EWS.



Gambar 2. Diagram Alir Modul Transmitter & Receiver

Secara keseluruhan, sistem ini mendeteksi kereta menggunakan sensor pada unit transmitter kemudian mengirimkan sinyal ke unit receiver melalui LoRa sehingga akan mentrigger blok diagram receiver untuk memberikan peringatan dini akan datangnya kereta api pada jalur kereta.

### Tahapan Perakitan

Di akhir kegiatan dilakukan perakitan Dimana dilakukan penggabungan beberapa modul menjadi satu system utuh. Terdapat tiga sub-sistem yang dirakit yaitu dua sub-sistem transmitter dan

satu sub-sistem receiver. Ketiganya jika digabungkan akan menjadi system EWS pada perlintasan sebidang. Sub-sistem transmiter 1 akan mendeteksi adanya kedatangan kereta api dari arah kiri receiver, sedangkan sub-sistem transmiter 2 akan mendeteksi kedatangan kereta api dari arah kanan receiver. Sub-sistem receiver akan memberikan setelah menerima sinyal LoRa dari transmiter 1 atau transmiter 2 dengan membunyikan buzzer dan menampilkan display LED dot matrix.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Inductive Proximity Sensor LJ12A3/BX

Pengujian proximity sensor LJ12A3/BX dilakukan dengan mencoba mendekati mendeteksi berbagai material pada jarak tertentu dengan tujuan untuk mengetahui jenis material yang dideteksi dan jangkauan jarak sensor tersebut. Pengujian dilakukan dengan meletakkan prototipe pada rel kereta api seperti yang terlihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Pengujian Inductive Proximity Sensor

Pengujian dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis material yaitu besi, kayu, kertas dan plastic. Hasil pengujian untuk menunjukkan bahwa sensor proximity dapat mendeteksi material dilakukan dengan memanfaatkan serial monitor pada Arduino IDE. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa listing program pembacaan proximity sensor sesuai yang diharapkan yaitu mampu mendeteksi logam dalam hal ini roda rel kereta api namun tidak mendeteksi material yang lain seperti plastic, kertas, ataupun kayu.

Dari kegiatan pengujian proximity sensor yang dilakukan uji coba dilakuakn dengan menggunakan variasi lima material yang berbeda disertai variasi jarak jangkauan *inductive proximity sensor* terhadap material yang dicobakan yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Pengujian Material dan Jangkauan Proximity Sensor

No.	Jangkauan Objek (mm)	Material Objek	Sensor 1	Sensor 2
1.	1	Logam	Terdeteksi	Terdeteksi
2.	2	Logam	Terdeteksi	Terdeteksi
3.	3	Logam	Terdeteksi	Terdeteksi
4.	4	Logam	Terdeteksi	Terdeteksi
5.	5	Logam	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
6.	6	Logam	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
7.	7	Logam	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
8.	1	Plastik	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
9.	2	Plastik	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
10.	1	Kayu	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
11.	2	Kayu	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
12.	1	Karet	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
13.	2	Karet	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
14.	1	Kertas	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi

15	2	Kertas	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
----	---	--------	------------------	------------------

Dari pengujian terhadap proximity sensor LJ12A3/BX didapatkan hasil bahwa sensor ini dapat mendeteksi material logam namun tidak bisa mendeteksi material plastic, kayu, dan kertas. Hal ini sesuai dengan datasheet pabrikan proximity sensor LJ12A3/BX bahwa sensor ini hanya dapat mendeteksi material logam. Material logam merupakan material utama dalam roda kereta api sehingga diharapkan sensor ini dapat mendeteksi roda kereta api.

Selain menguji material juga dilakukan pengujian terhadap jarak jangkauan *inductive proximity sensor* LJ12A3/BX terhadap material logam di atasnya. Dari tabel 1 di atas ditunjukkan bahwa sensor ini maksimal dapat mendeteksi material logam dengan jangkauan 4 mm. Di atas 4 mm sensor tidak bisa mendeteksi material logam di atasnya. Hal ini menunjukkan bahwa jangkauan proximity sensor sesuai dengan datasheet pabrikan sehingga pada saat pemasangan sistem *inductive proximity sensor* harus maksimal 4 mm dari jangkauan roda kereta api agar dapat mendeteksi roda kereta api.

### LoRa E220-900T22D

Pengujian LoRa E220-900T22D dilakukan untuk menguji transmisi data antara transmitter LoRa TX 1 (TX1), transmitter LoRa TX 2 (TX2), dengan receiver LoRa (RX). Pengujian transmisi LoRa di ruang terbuka untuk melihat kemampuan maximum transmitter LoRa dalam mengirimkan sinyal dan juga kemampuan receiver untuk menerima sinyal yang dipancarkan transmitter. Gambar 4 menunjukkan percobaan pengiriman sinyal dari transmitter LoRa ke receiver LoRa.



Gambar 4. Pengujian Transmisi Data LoRa

Transmitter dilengkapi LED yang menunjukkan apabila telah dilakukan pengiriman maka LED akan menyala, sedangkan jika tidak menyala berarti transmitter tidak mengirimkan sinyal. Pada sesi ini juga digunakan untuk memastikan listing program transmitter dan receiver berjalan sesuai. Dari hasil percobaan yang dilakukan, Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian pengiriman data dari transmitter LoRa ke receiver LoRa.

Tabel 2. Tabel Pengujian Transmisi LoRa

No.	Jarak TX-RX (m)	Status LoRa TX 1	Status LoRa TX 2	Status LoRa RX
1.	100	Terkirim	Terkirim	Diterima
2.	200	Terkirim	Terkirim	Diterima
3.	300	Terkirim	Terkirim	Diterima
4.	350	Terkirim	Terkirim	Diterima
5.	400	Terkirim	Terkirim	Diterima
6.	425	Terkirim	Terkirim	Diterima
7.	450	Terkirim	Terkirim	Diterima
8.	475	Terkirim	Terkirim	Diterima
9.	500	Terkirim	Terkirim	Diterima
10.	525	Terkirim	Terkirim	Diterima
11.	550	Terkirim	Terkirim	Diterima

No.	Jarak TX-RX (m)	Status LoRa TX 1	Status LoRa TX 2	Status LoRa RX
12.	575	Terkirim	Terkirim	Diterima
13.	600	Terkirim	Terkirim	Diterima
14.	625	Terkirim	Terkirim	Diterima
15.	650	Terkirim	Terkirim	Tidak
16.	675	Terkirim	Terkirim	Tidak
17.	700	Terkirim	Terkirim	Tidak
18.	725	Terkirim	Terkirim	Tidak
19.	750	Terkirim	Terkirim	Tidak
20.	775	Terkirim	Terkirim	Tidak

Hasil pengujian didapatkan pada pengujian transmisi LoRa pada bidang lurus *line of sight* dimana propagasi sinyal berhadap-hadapan tanpa adanya halangan menunjukkan bahwa transmisi sinyal dari transmitter LoRa TX1 dan TX2 kepada receiver LoRa maksimum mampu menjangkau 625m. Pengujian ini digunakan sebagai referensi maksimum peletakan prototipe EWS perlintasan sebidang dimana diletakkan sejauh 625 m sebelah kiri dari receiver LoRa ke TX 1 untuk kedatangan dari arah kiri Receiver, dan 625 m disebalah kanan receiver untuk TX2 yang mendeteksi kedatangan kereta dari arah kanan receiver.

### Buzzer dan Display LED Dot Matrix

Pengujian output dari prototipe EWS perlintasan sebidang digunakan untuk memastikan bahwa suara dari buzzer dapat terdengar dan display dot matrix bekerja sesuai dengan arah kedatangan kereta api. Pengujian output pertama dilakukan dengan melakukan pengujian tampilan penerimaan display dot matrix 8x32 MAX7219 setelah mendapatkan sinyal dari transmitter LoRa TX1 untuk pergerakan kereta ke arah kanan receiver LoRa. Sedangkan untuk pergerakan kereta api ke arah kiri receiver LoRa akan ada pergeseran display dot matrix ke kiri. Namun jika tidak ada kereta yang lewat maka display dot matrik hanya akan menampilkan pesan untuk hati hati kepada pengguna jalan. Pada pengujian ini dilakukan juga untuk memastikan bahwa listing program pada receiver sesuai dengan diagram alir yang telah dibuat sebelumnya.

Dari pengujian display LED dot matrix didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Pengujian Display LED Dot Matrix

No.	Display /Buzzer	Kondisi Penerimaan TX	Shifting	Alur Program	Hasil Pembacaan
1.	HATI2!	Tidak ada	Naik	Sesuai	Jelas
2.	AWAS>>	TX 1	Kanan	Sesuai	Jelas
3.	<<AWAS	TX 2	Kiri	Sesuaia	Jelas

Sedangkan untuk memastikan keluaran dari buzzer dilakukan pengujian kualitas dan response time dari buzzer setelah ada transmisi sinyal dari transmitter LoRa TX ke receiver LoRa RX. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian buzzer.

Tabel 4. Pengujian Buzzer

No.	Sumber Penerimaan RX	Status Buzzer	Alur Program	Response Time (s)
1.	Tidak ada	Diam	Sesuai	-
2.	Tidak ada	Diam	Sesuai	-
3.	Tidak ada	Diam	Sesuai	-
4.	Tidak ada	Diam	Sesuai	-
5.	Tidak ada	Diam	Sesuai	-
6.	TX 1	Bunyi	Sesuai	1
7.	TX 1	Bunyi	Sesuai	2
8.	TX 1	Bunyi	Sesuai	2
9.	TX 1	Bunyi	Sesuai	1
10.	TX 1	Bunyi	Sesuai	2

No.	Sumber Penerimaan RX	Status Buzzer	Alur Program	Response Time (s)
11.	TX 2	Bunyi	Sesuai	2
12.	TX2	Bunyi	Sesuai	1
13.	TX 2	Bunyi	Sesuai	1
14.	TX 2	Bunyi	Sesuai	2
15.	TX 2	Bunyi	Sesuai	2
Rata – Rata Response Time				1.6

Dari tabel diatas didapatkan bahwa buzzer akan menyala ketika receiver menerima sinyal dari transmiter baik TX1 dan TX2 dan buzzer tidak berbunyi ketika tidak menerima sinyal dari TX1 dan TX2. Hal ini sesuai dengan alur program yang telah direncanakan sebelumnya. Adapun response time rata-rata dari buzzer ketika mendapatkan sinyal dari TX1 dan TX2 adalah sebesar 1.6 detik dan dirasa cukup untuk memberikan peringatan sebelum adanya kereta lewat.

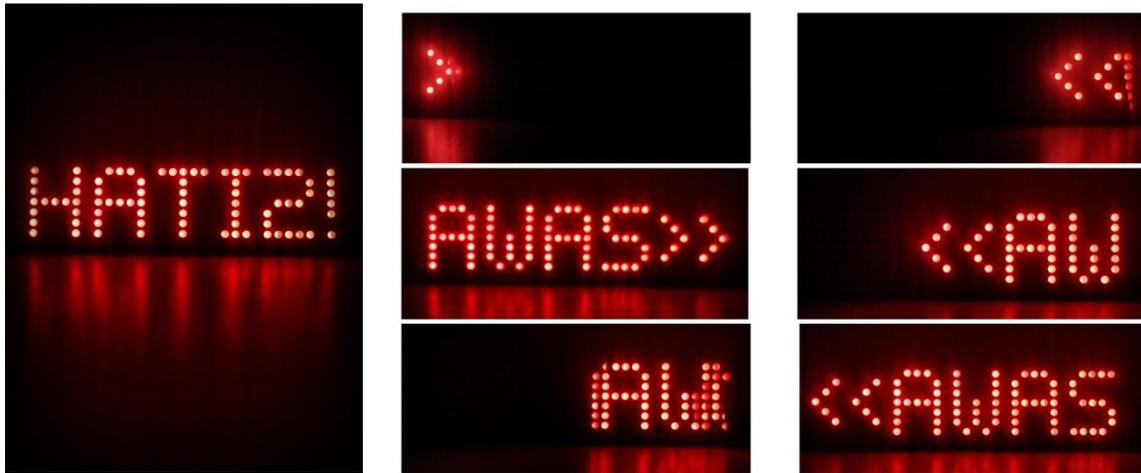
### Pengujian Sistem EWS Perlintasan Sebidang

Pengujian sistem prototipe EWS pada perlintasan sebidang bertujuan untuk mengukur efektivitas dan keandalan sistem dalam memberikan peringatan dini terhadap pengguna jalan. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu mendeteksi adanya kereta yang akan melintasi perlintasan sebidang dan memberikan sinyal peringatan dini kepada pengendara atau pejalan kaki. Pengujian sistem secara menyeluruh dibutuhkan karena beberapa alasan. Pertama yaitu validasi fungsionalitas, pengujian menyeluruh memastikan bahwa semua komponen dan fitur dari sistem berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang. Setiap elemen, mulai dari perangkat keras hingga perangkat lunak, perlu diuji secara holistik untuk memastikan integrasi dan fungsionalitas yang benar. Kedua dilakukan untuk mendeteksi masalah tersembunyi yang mungkin terdeteksi walau ketika pengujian secara parsial atau modular tidak terjadi. Masalah-masalah tersembunyi ini bisa timbul ketika berbagai komponen sistem bekerja bersama dalam skenario operasional yang kompleks. Pada tabel 5 menunjukkan hasil pengujian sistem prototipe EWS pada perlintasan sebidang tanpa penjagaan.

Tabel 5. Pengujian Sistem EWS Pada Perlintasan Sebidang

No.	Jangkauan TX-RX	Deteksi Sensor	Penerimaan RX	Response Time (s)	Display	Buzzer	Alur Program
1.	625 m	Tidak Ada	Tidak Ada	1	"Hati2!"	Diam	Sesuai
2.	625 m	Roda Kereta	TX 1	1.6	"AWAS>>"	Bunyi	Sesuai
3.	625 m	Roda Kereta	TX 2	1.6	"<<AWAS"	Bunyi	Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan hasil bahwa prototipe EWS berbiaya rendah pada perlintasan sebidang tanpa penjagaan berjalan sesuai dengan alur program yang diberikan. Prototipe ini mampu mendeteksi roda kereta api pada jarak 625 m dari titik awal deteksi proximity sensor. Inputan dari proximity sensor diteruskan melalui transmiter LoRa TX1 dan TX2 tergantung kepada arah datang kereta api dengan rata-rata response time 1.6 detik untuk sampai pada receiver LoRa yang akan membunyikan buzzer dan menampilkan display dot matrix seperti yang diperlihatkan pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Hasil Pengujian Display Dot Matrix

Secara garis besar prototipe EWS pada perlintasan sebidang dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan alur program yang diinginkan dengan response time yang singkat dari pendeteksian sensor, pengiriman dan penerimaan sinyal, serta outputan berupa buzzer dan display dot matrix.

## KESIMPULAN

Hasil perancangan prototipe EWS untuk perlintasan sebidang berbiaya murah tanpa penjangaan didapatkan kesimpulan bahwa prototipe EWS untuk perlintasan sebidang tanpa penjangaan mampu mendeteksi adanya kereta api pada rel jalur tunggal / *single track* dengan mendeteksi material logam roda kereta melalui *inductive proximity sensor* LJ12A3/BX dan mentransmisikan sinyal melalui LoRa E220-900T22D yang akan memberikan peringatan suara dengan *response time* rata-rata 1,6 detik pada buzzer dan display informasi dot matrix 8x32 Max7219 yang menunjukkan arah datangnya kereta dari sisi kiri atau kanan pengguna jalan.

Sedangkan untuk jangkauan maksimum transmisi LoRa E220-900T22D prototipe EWS yang diuji pada lingkungan terbuka di perlintasan jalan rel untuk mentransmisikan sinyal dari transmiter LoRa menuju receiver LoRa adalah sepanjang 625m. LoRa E220-900T22D yang beroperasi pada frekuensi 900MHz menunjukkan banyak terpengaruh oleh lingkungan sekitar yang mempengaruhi interferensi pengiriman atau penerimaan sinyal sehingga jarak maksimum yang didapat tidak cukup jauh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifianto, T., Antoro, B. R., & Triwijaya, S. (2020). *PENINGKATAN TINGKAT AKURASI PEMBACAAN RAIL DETECTOR BERBASIS INDUCTIVE PROXIMITY DENGAN PENAMBAHAN FUNGSI REVERSIBLE COUNTER*.
- Bisnis.com, "PT. KAI Catat 535 Tabrakan Kereta Api Sepanjang Januari-Agustus 2024", 29 Desember 2018. <<https://ekonomi.bisnis.com/read/20241002/98/1804089/pt-kai-catat-535-tabrakan-kereta-api-sepanjang-januari-agustus-2024>> (Diakses, 2 Oktober 2024)
- Kobaszyńska-Twardowska, A., Galant, M., Gill, A., Smoczyński, P., & Kadziński, A. (2018). Methodology of research on drivers perception at level crossings. *MATEC Web of Conferences*, 231. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823101011>
- Kumarand, A., Panday, M. N., & Professor, A. (n.d.). *Study of Safety Awareness at Railway Level Crossing*. [www.ijert.org](http://www.ijert.org)
- Lenné, M. G., Rudin-Brown, C. M., Navarro, J., Edquist, J., Trotter, M., & Tomasevic, N. (2011). Driver behaviour at rail level crossings: Responses to flashing lights, traffic signals and stop signs in simulated rural driving. *Applied Ergonomics*, 42(4), 548–554. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.08.011>
- Mirza, M., Haqiqi, E., Rukmana, A., & Ikhsan, A. F. (n.d.). Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Perlintasan Kereta Menggunakan Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Dan Arduino. In *Jurnal FUSE-TE* [Vol. 1 | No. 1 | Halaman.
- Naveen, K., & Rayala, S. (2023). Automatic railway level crossing using lora technology. *Materials Today: Proceedings*, 80, 1986–1989. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.704>

- PERATURAN MENTERI PERHUBUNGAN RI. (2018). *PERATURAN MENTERI PERHUBUNGAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR PM 94 TAHUN 2018 TENTANG PENINGKATAN KESELAMATAN PERLINTASAN SEBIDANG ANTARA JALUR KERETA API DENGAN JALAN*.
- Putra Iswanto, A., Imron, N. A., & Priyanto, S. (2021). ANALISIS PEMAHAMAN DAN PELANGGARAN EARLY WARNING SYSTEM (EWS) TERHADAP ANGKA KECELAKAAN DI PERLINTASAN SEBIDANG DENGAN METODE CHI-SQUARE. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia, Volume V Nomor 1*.
- Undang Undang RI. (2007). *UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 23 TAHUN 2007 TENTANG PERKERETAAPIAN*.
- Zhu, S., & Meng, X. (2021). Design of intelligent security early warning system for unguarded railway crossing in mining area. *Journal of Physics: Conference Series, 2029(1)*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2029/1/012076>