

PENGGUNAAN MIKROKONTROLER UNTUK MENDETEKSI *ERROR COUNTING* DAN *DISTURB* PADA *AXLE COUNTER* ALTPRO

Dea Pradita Rahmawati*, Mariana Diah Puspitasari, Teguh Arifianto

Program Studi Diploma III Teknologi Elektro Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun, Indonesia

Email: dea.tep2120132@taruna.ppi.ac.id, mariana@ppi.ac.id, teguh@ppi.ac.id

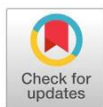
Info Artikel

Histori Artikel:

Diterima Jul 31, 2024

Direvisi Sep 24, 2024

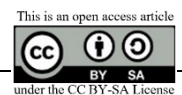
Disetujui Sep 30, 2024



ABSTRACT

Axle counter is an important component in controlling train traffic. So far, error counting and disturbed disturbances can only be seen in the equipment room and require different handling. This study develops a tool that provides fast notification of the type of disturbance on the track to the Negative Check Officer (PNC) smartphone. This tool uses an atmega 2560, ESP8266 Wemos D1 Mini Pro, PC817 optocoupler, Light Dependent Resistor sensor, and an application created in Android studio. This study uses the Research & Development Method to produce and test the effectiveness of the product. After being tested 55 times, this tool was able to send disturbance notifications with 91% success. The average internet speed in the Equipment Room is 11.2 Mbps and on smartphones 10.10 Mbps. The average notification delivery time is 2.097 seconds.

Keywords: *Axle counter, Disturb, Error counting, Notification.*



ABSTRAK

Axle counter merupakan komponen penting dalam pengendalian lalu lintas kereta api. Selama ini gangguan error counting dan disturb hanya bisa dilihat di Equipment Room dan memerlukan penanganan berbeda. Penelitian ini mengembangkan alat yang memberikan notifikasi jenis gangguan pada track secara cepat ke smartphone Petugas Negative Check (PNC). Alat ini menggunakan atmega 2560, ESP8266 Wemos D1 Mini Pro, optocoupler PC817, sensor Light Dependent Resistor, dan aplikasi yang dibuat pada Android studio. Penelitian ini menggunakan Metode Research & Development untuk menghasilkan dan menguji keefektifan produk. Setelah diuji 55 kali, alat ini mampu mengirim notifikasi gangguan dengan keberhasilan 91%. Kecepatan internet rata-rata di Equipment Room adalah 11,2 Mbps dan di smartphone 10,10 Mbps. Rata-rata waktu pengiriman notifikasi adalah 2,097 detik.

Kata Kunci: *Axle counter, Disturb, Error counting, Notifikasi.*

Penulis Korespondensi:

Dea Pradita Rahmawati,

Program Studi Diploma III Teknologi Elektro Perkeretaapian,
Perkeretaapian Indonesia Madiun

Jl. Tirta Raya, Pojok, Nambangan Lor, Kota Madiun, Jawa Timur.

dea.tep2120132@taruna.ppi.ac.id



1. PENDAHULUAN

Sistem pendeteksi kereta api atau *axle counter* merupakan komponen yang penting dalam pengendalian lalu lintas kereta dimana digunakan untuk mendeteksi keberadaan kereta pada blok rel [1]. *Axle Counter* bekerja dengan membandingkan jumlah gandar yang masuk ke bagian *detector* gandar dengan jumlah gandar yang keluar dari

bagian *detector* gandar. *Axle counter* yang digunakan pada Stasiun Gawok yaitu *axle counter* altpro. Gangguan yang terjadi pada *axle counter* altpro yaitu terjadinya *disturb* dan *error counting* [2]. *Disturb* merupakan gangguan yang disebabkan oleh faktor eksternal seperti *head sensor* terkena benda berbahan logam, dan *head sensor* yang mengalami keretakan. *Error counting* merupakan

kegagalan perhitungan gandar kereta api oleh *axle counter* dimana jumlah gandar yang masuk dan yang keluar dalam satu *section* mengalami perbedaan [3]. Saat ini gangguan *error counting* dan *disturb* hanya dapat dilihat pada MPU evaluator yang ada pada *Equipment Room* (ER). Gangguan *error counting* dan *disturb* mempunyai penanganan yang berbeda. Saat terjadi gangguan *error counting* PNC harus menuju ke ER dan melakukan reset pada *track*. Saat terjadi gangguan *disturb*, PNC harus menuju ke lapangan untuk mengecek *kondisi head sensor* yang ada di lapangan. Gangguan *error counting* atau *disturb* harus segera ditangani oleh PNC karena apabila PNC tidak segera bertindak maka dapat menghambat perjalanan kereta api yang lain. Dengan adanya permasalahan tersebut diperlukan suatu alat yang dapat mengidentifikasi jenis gangguan yang terjadi secara cepat, salah satunya menggunakan notifikasi [4]. Notifikasi merupakan pemberitahuan yang muncul pada perangkat untuk memberi tahu pengguna tentang informasi atau peristiwa tertentu [5]. Dengan adanya notifikasi maka PNC akan lebih mudah untuk mendapatkan informasi mengenai gangguan *error counting* dan *disturb*. Selain itu dengan adanya notifikasi dapat mempercepat PNC dalam melakukan suatu tindakan untuk mengatasi terjadinya *error counting* dan *disturb*.

Pada penelitian sebelumnya [1] membahas gangguan yang sering terjadi pada *axle counter* dan mengevaluasi dampak dari gangguan yang terjadi. Dari gangguan yang terjadi, tidak disertakan pembahasan *problem solving* mengenai gangguan yang terjadi. Akibatnya apabila terjadi gangguan tersebut, tidak ada alternatif penyelesaian. Penelitian [6] membahas teknologi *smart grid* yang merupakan teknologi jaringan listrik pintar air memanfaatkan arduino mega sebagai *controller*, *optocoupler* PC817 dan *relay* sebagai I/O. Penelitian [7] membahas pengontrolan lampu menggunakan saklar untuk menghidupkan lampu pada rumah menggunakan *optocoupler* PC817. Penelitian [8] membahas perancangan dan pembuatan alat atap otomatis menggunakan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*). Penelitian [9] membahas aplikasi yang dilengkapi fitur notifikasi yang akan memberikan informasi kepada calon pembeli jika ada pedagang keliling terdekat yang berada di sekitar lokasi. Dewasa ini, ketepatan dan kecepatan memegang peran penting dalam kehidupan. Tidak terkecuali di dalam bidang perkeretaapian. PT KAI (Persero) sebagai operator perkeretaapian dituntut untuk melakukan

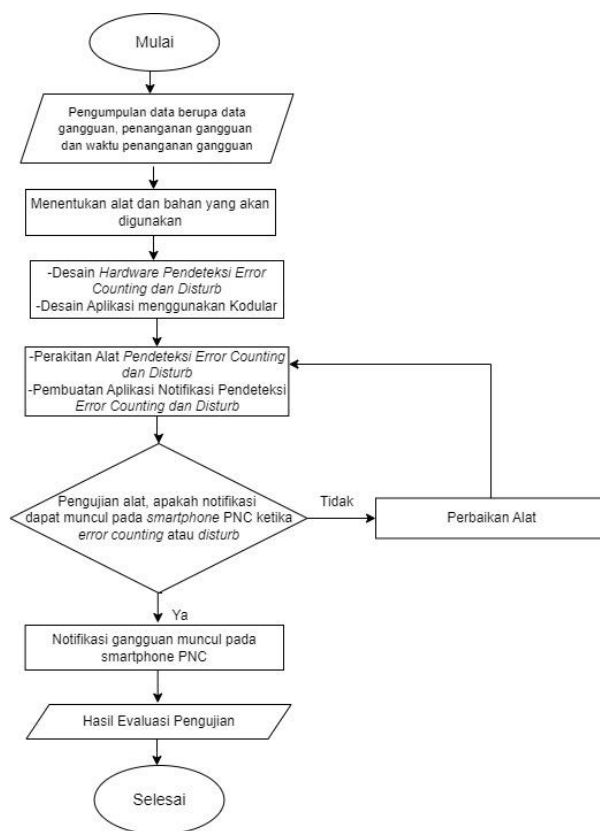
penyelesaian gangguan di *track* secara cepat dan tepat. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem notifikasi yang mampu mendeteksi apabila terjadi gangguan di *track* [10]. Sehingga dirasa sangat perlu untuk melakukan penelitian yang dapat menghasilkan suatu sistem yang mampu memberikan notifikasi apabila terjadi gangguan *track*, baik *disturb* ataupun *error counting*. Dengan menggunakan sistem tersebut, gangguan akan segera diketahui sehingga tidak akan mengganggu perjalanan kereta api yang lain.

Pada penelitian ini diciptakan sistem pendeteksi *error counting* dan *disturb* pada *axle counter* alpro menggunakan *optocoupler* PC817 yang dihubungkan dengan *relay* pada ACR (*Axle Counter Rack*). *Optocoupler* akan mendeteksi adanya tegangan pada *relay*. Penulis menggunakan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) yang diletakkan pada rak MPU evaluator untuk mendeteksi adanya cahaya [11]. Apabila terjadi *error counting* sensor akan mendeteksi adanya cahaya pada bagian segmen *error* di MPU sedangkan apabila terjadi gangguan *disturb* sensor LDR akan mendeteksi adanya cahaya pada bagian *disturb* di MPU. Arduino Mega akan mengirimkan data ke ESP8266 dan diteruskan pada *firebase* dimana pada ESP8266 dan *firebase* harus terhubung dengan jaringan internet dan notifikasi akan muncul pada *smartphone* PNC [12]. Dengan adanya alat yang penulis buat maka akan memudahkan PNC untuk mengetahui gangguan yang terjadi sehingga PNC dapat lebih cepat untuk menangani gangguan tersebut.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir adalah representasi grafis dari urutan tahap penelitian yang dilakukan penulis. Dalam penelitian, diagram alir berfungsi sebagai acuan untuk menjalankan proses secara sistematis, membantu penulis mengorganisir langkah-langkah penelitian dengan jelas. Dengan menggunakan diagram ini, penulis dapat memastikan bahwa setiap langkah yang diperlukan dilaksanakan tanpa terlewatkan. Selain itu, diagram alir juga memudahkan pemahaman tentang alur penelitian bagi pembaca, sehingga mereka dapat mengikuti proses yang dilakukan dengan lebih baik. Ini penting untuk menjaga keteraturan dan efektivitas selama penelitian, serta memberikan gambaran yang jelas terhadap hasil yang diharapkan. Adapun diagram alir dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.

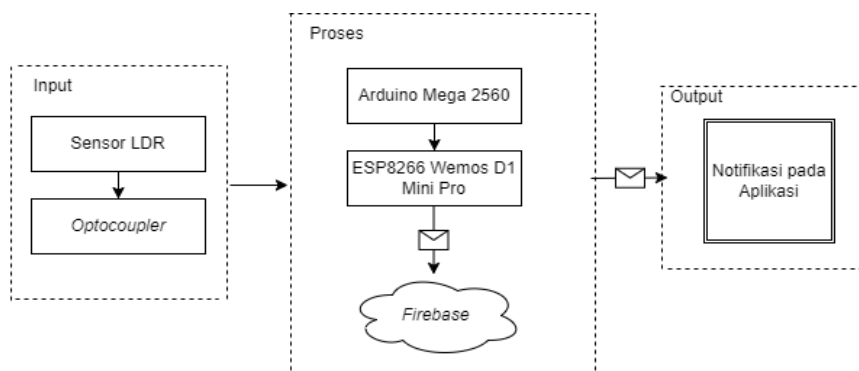


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Diagram Blok Sistem

Gambar 2 menunjukkan diagram blok sistem. Data masukan dari mikrokontroler berupa sensor LDR dan optocoupler. LDR digunakan untuk mendeteksi cahaya pada MPU [13]. Optocoupler digunakan untuk mendeteksi tegangan dari setiap track. Data

dari optocoupler dan sensor LDR akan diproses oleh Arduino mega 2650 lalu dikirim ESP8266 Wemos D1 Mini Pro kemudian dikirimkan pada firebase [14]. Output dari alat ini yaitu notifikasi yang muncul pada smartphone Petugas Negative Check (PNC).



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

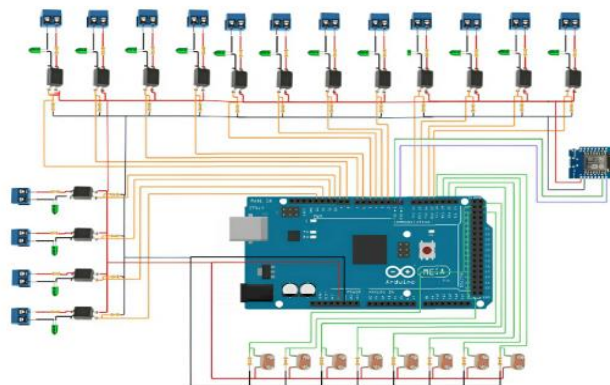
2.3 Skematik Wiring Diagram

Gambar 3 menunjukkan skematik wiring diagram pada alat. Desain yang dibuat yaitu rangkaian Arduino mega 2560 yang terhubung dengan resistor, optocoupler, sensor LDR, dan modul WiFi ESP8266 Wemos D1 Mini Pro. Hasil pendeteksian pada optocoupler digunakan untuk menentukan kondisi axle counter terhadap track dimana terdapat kondisi track clear artinya pada axle counter tidak mendeteksi adanya gandar yang melintas pada

track. Pada saat kondisi track clear optocoupler mendeteksi adanya tegangan dari relay QNN1. Kondisi track terduduki artinya axle counter mendeteksi adanya gandar yang melintas pada track. Pada saat kondisi track terduduki optocoupler tidak mendeteksi adanya tegangan dari relay QNN1. Kondisi error counting disebabkan kegagalan perhitungan gandar pada axle counter. Pada saat kondisi error counting optocoupler tidak mendeteksi adanya tegangan dari relay QNN1 dan

sensor LDR mendeteksi cahaya dari segmen *error* pada MPU. Sedangkan *disturb* terjadi ketika sensor

LDR mendeteksi cahaya pada segmen *disturb* di MPU.



Gambar 3. Skematik Wiring Diagram

2.4 Perancangan Desain Alat

Pada penelitian ini terdapat beberapa komponen yang digunakan, seperti PCB (*Printed Circuit Board*), arduino mega 2560, *optocoupler*, sensor LDR dan ESP8266 Wemos D1 Mini Pro. Komponen-komponen tersebut dimasukkan ke dalam *box* alat yang berbentuk balok dengan ukuran 13cm x 5cm x10cm. Sedangkan desain alat untuk sensor LDR yang diletakkan pada MPU evaluator dengan ukuran 15cm x 10cm x10cm.

2.5 Metode Pengujian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *Research & Development* (RND). RND merupakan metode penelitian yang menghasilkan suatu produk dan menguji keefektivitasan produk yang dihasilkan [15]. Langkah-langkah dalam penelitian ini yaitu melakukan tinjauan lapangan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi. Dari adanya permasalahan berupa *error counting* dan *disturb*, kemudian dilakukan studi literatur untuk mencari referensi mengenai permasalahan. Akhirnya timbul suatu inovasi yaitu pembuatan alat untuk memberikan informasi adanya *error counting* dan *disturb* kepada petugas secara cepat dan efisien. Tahapan selanjutnya yaitu pengujian alat untuk memastikan bahwa alat tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Dari pengujian alat tersebut, akan dihasilkan data berupa waktu pengiriman notifikasi kepada petugas ketika terjadi gangguan *error counting* atau *disturb*. Data-data tersebut akan menjadi suatu inputan untuk menarik suatu kesimpulan. Selain itu, dari data-data hasil pengujian tersebut juga dapat digunakan untuk memastikan berfungsi atau tidak alat tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

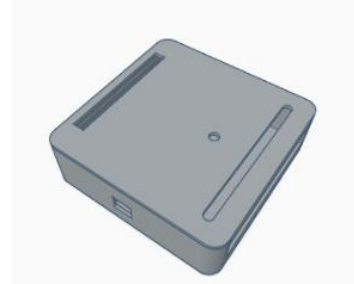
3.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian berupa *hardware* dan *software*. Komponen *hardware* berupa rangkaian komponen

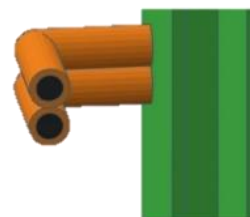
optocoupler, sensor LDR, resistor, Arduino mega 2560 dan ESP8266 Wemos D1 Mini Pro sedangkan *Software* menggunakan Arduino IDE dan Android Studio.

3.1.1 Hasil Perancangan Hardware

Hasil Perancangan *Hardware* berupa box alat dan penyangga yang dipasang pada MPU evaluator.



Gambar 4. Hasil Desain Box Alat



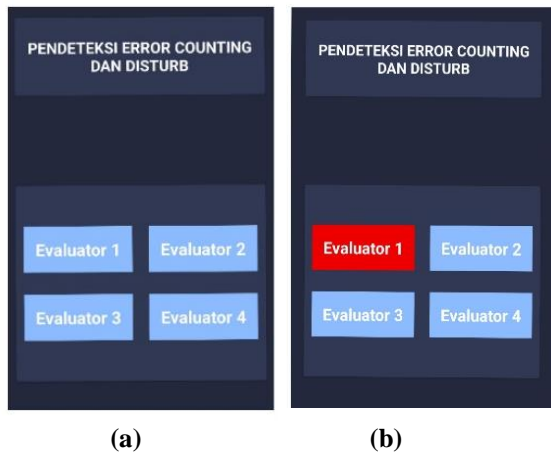
Gambar 5. Hasil Desain Alat untuk Sensor LDR pada MPU Evaluator

Bahan pada desain alat terbuat dari 3d printing. Gambar 4 merupakan hasil desain box alat yang digunakan untuk menyimpan komponen yang sudah dirangkai dengan ukuran 13cm x 5cm x 10cm yang dipasang pada MPU evaluator. Gambar 5 merupakan hasil desain alat untuk sensor LDR pada MPU evaluator yang digunakan untuk mendeteksi cahaya pada segmen *error* dan *disturb* dengan ukuran 15cm x 10cm x10cm yang diletakkan pada dibagian MPU evaluator. Terdapat 2 buah berbentuk seperti sedotan yang digunakan untuk

mengisolasi cahaya yang dipancarkan sensor LDR ketika terjadi gangguan *error counting* atau *disturb*.

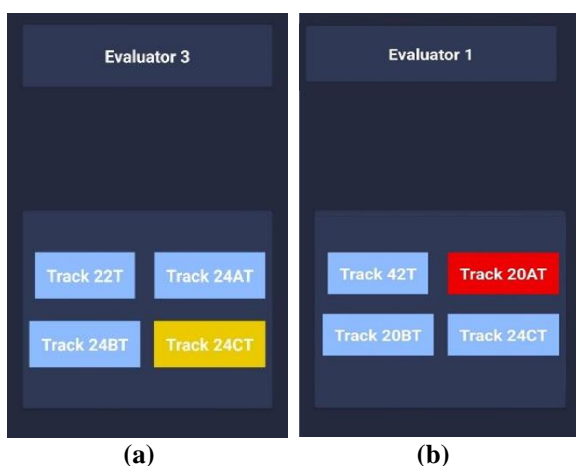
3.1.2 Hasil Perancangan Software

Hasil perancangan *software* pada aplikasi digunakan sebagai notifikasi jika terjadi gangguan pada *track*. Aplikasi yang digunakan sebagai notifikasi ketika terjadi gangguan *disturb* dan *error counting* yaitu aplikasi yang dibuat penulis dengan menggunakan android studio.



Gambar 6. Tampilan Awal dan tampilan ketika terjadi gangguan *track* pada Aplikasi

Gambar 6a merupakan tampilan awal pada aplikasi yang berisi nama dan jumlah evaluator yang ada di Stasiun Gawok dimana terdapat 4 evaluator. Warna biru artinya tidak terdapat sarana yang melintas (kondisi *track clear*). Sedangkan **Gambar 6b** merupakan tampilan ketika terjadi gangguan *track*. Evaluator akan berwarna merah ketika terjadi gangguan *track* pada evaluator tersebut.



Gambar 7. Tampilan Ketika Terjadi Gangguan dan *error Counting* Pada *Track*

Gambar 7a merupakan tampilan pada aplikasi ketika terjadi gangguan *disturb* pada *track*. *Track* yang mengalami gangguan akan berubah warna

menjadi kuning, sedangkan **Gambar 7b** merupakan tampilan pada aplikasi ketika terjadi gangguan *error counting* pada *track*. *Track* yang mengalami gangguan akan berubah warna menjadi merah.

3.2 Hasil Pengujian

3.2.1 Pengujian Diterimanya Notifikasi Jika Terjadi Gangguan

Pada *Equipment Room (ER)* telah dipasang *router* yang berfungsi untuk memeperkuat *Wifi* dari ruang *PPKA*. Jika kondisi jaringan *Wifi* mengalami gangguan ketika terjadi *error counting* atau *disturb* maka alat tidak dapat mengirimkan notifikasi. Aplikasi pada *smartphone* dapat bekerja dengan jarak yang jauh dengan syarat terdapat jaringan internet pada *smartphone*, *firebase* dan *ESP8266 Wemos D1 Mini Pro* tetap terkoneksi dengan internet maka proses pengiriman dan penerimaan notifikasi akan dapat berlangsung.

Tabel 1 Pengujian Diterimanya Notifikasi Jika Terjadi Gangguan

No	Track	Gangguan	Notifikasi	
			Berhasil	Gagal
1.	20AT	Disturb	√	
2.	20AT	Error Counting	√	
3.	24CT	Error Counting	√	
4.	20BT	Disturb	√	
5.	20BT	Error Counting	√	
6.	24CT	Disturb	√	
7.	20BT	Error Counting	√	
8.	42T	Disturb	√	
9.	42T	Error Counting	√	
10.	12T	Disturb	√	
11.				
12.	10BT	Error Counting	√	
13.	42T	Disturb		√
14.	14CT	Disturb	√	
15.	10BT	Error Counting	√	
16.	14CT	Error Counting	√	
17.	10BT	Error Counting		√
18.	42T	Disturb	√	
19.	12T	Disturb	√	
20.	42T	Error Counting	√	
21.	12T	Error Counting	√	
22.	10BT	Disturb	√	
23.	10BT	Disturb	√	
24.	42T	Error Counting	√	

No	Track	Gangguan	Notifikasi	
			Berhasil	Gagal
25.	14CT	Error Counting	√	
26.	10AT	Disturb	√	
27.	14CT	Disturb	√	
28.	10AT	Disturb		√
29.	12T	Error Counting	√	
30.	10AT	Error Counting	√	
31.	14CT	Error Counting	√	
32.	10AT	Disturb	√	
33.	24CT	Disturb	√	
34.	14AT	Error Counting		√
35.	14BT	Error Counting	√	
36.	14AT	Error Counting	√	
37.	22T	Disturb	√	
38.	24CT	Error Counting	√	
39.	22T	Disturb	√	
40.	14BT	Error Counting	√	
41.	14AT	Error Counting	√	
42.	22T	Error Counting	√	
43.	14CT	Error Counting	√	
44.	24CT	Disturb		√
45.	24BT	Error Counting	√	
46.	14CT	Disturb	√	
47.	32T	Error Counting	√	
48.	32T	Disturb	√	
49.	14CT	Error Counting	√	
50.	12T	Disturb	√	
51.	22T	Disturb	√	
52.	12T	Disturb	√	
53.	10BT	Disturb	√	
54.	24AT	Error Counting	√	
55.	24AT	Disturb	√	

Berdasarkan Tabel 1 telah dilakukan pengujian sebanyak 55 kali dengan hasil pengujian 50 kali notifikasi dapat diterima dan 5 kali notifikasi tidak dapat diterima pada smartphone Petugas Negative Check (PNC). Presentase tingkat keberhasilan diterimanya notifikasi pada smartphone PNC yaitu menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Persentase Percobaan (\%)} = \frac{\text{Jumlah percobaan} - \text{Hasil kegagalan}}{\text{Jumlah Percobaan}} \times 100\% \quad (1)$$

Jadi, setelah melakukan perhitungan menggunakan persamaan 1, diketahui tingkat persentase

keberhasilan diterimanya notifikasi pada smartphone PNC sebesar 91%.

3.2.2 Pengujian Kecepatan Pengiriman Notifikasi pada Aplikasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa cepat Petugas Negative Check (PNC) menerima notifikasi apabila terjadi gangguan *error counting* atau *disturb*. Kecepatan pengiriman notifikasi dipengaruhi dari kecepatan jaringan internet yang tersedia. Jika kecepatan jaringan cukup kuat, maka waktu yang dikirimkan pada aplikasi juga akan cepat.

Tabel 2 Hasil Pengujian Kecepatan Pengiriman Notifikasi pada Aplikasi

Track	Kondisi	Kecepatan WiFi ER (Mbps)	Kecepatan internet smartphone (Mbps)	waktu (s)
20AT	Disturb	18,45	15,47	1,57
20AT	Error counting	12,43	10,54	2,22
24CT	Error counting	11,42	11,18	2,43
20BT	Disturb	11,67	11,50	2,31
20BT	Error counting	10,61	10,33	2,75
24CT	Disturb	11,89	10,11	2,3
20BT	Error counting	18,31	14,67	1,44
42T	Disturb	9,25	6,16	2,69
42T	Error counting	19,12	14,17	1,78
12T	Disturb	8,46	5,95	3,45
10BT	Error counting	9,51	6,21	3,22
42T	Disturb	-	7,23	-
14CT	Error counting	12,24	10,42	2,07
10BT	Error counting	8,43	7,96	2,52
14CT	Disturb	8,12	6,44	2,89
10BT	Error counting	-	5,81	-
42T	Error counting	9,13	6,3	2,93
12T	Error counting	11,68	9,37	2,25
42T	Disturb	19,45	16,47	1,72
12T	Disturb	10,11	10,82	2,19
10BT	Error counting	11,66	10,42	2,13
10BT	Error counting	11,79	10,52	2,76
42T	Disturb	10,65	9,46	2,64
14CT	Disturb	18,11	13,41	1,74
10AT	Error counting	19,32	15,29	1,86
14CT	Error counting	10,15	11,52	2,20
10AT	Disturb	-	9,14	-

Track	Kondisi	Kecepatan WiFi ER (Mbps)	Kecepatan internet smartphone (Mbps)	waktu (s)
12T	Disturb	9,23	10,21	2,71
10AT	Error counting	11,72	10,89	2,25
14CT	Error counting	16,89	14,71	1,89
10AT	Disturb	17,13	16,47	1,85
24CT	Error counting	8,88	7,15	2,75
14AT	Disturb	-	8,19	-
14BT	Disturb	10,61	9,89	2,27
14AT	Error counting	9,23	9,45	2,44
22T	Error counting	22,64	16,45	1,74
24CT	Error counting	9,31	10,61	2,25
22T	Error counting	14,56	13,17	1,87
14BT	Error counting	10,73	9,61	2,68
14AT	Disturb	11,49	9,44	2,40
22T	Error counting	11,28	8,61	2,75
14CT	Disturb	8,76	8,91	2,23
24CT	Disturb	-	7,18	-
24BT	Error counting	10,71	9,88	2,11
24BT	Disturb	10,19	8,61	2,22
14CT	Disturb	8,81	8,73	2,83
32T	Disturb	20,13	16,53	1,72
32T	Disturb	9,19	7,16	2,25
14CT	Error counting	7,23	9,27	2,66
12T	Disturb	10,54	9,15	2,23
22T	Disturb	18,76	11,32	1,85
12T	Error counting	11,62	10,12	2,20
10BT	Disturb	16,45	11,22	1,88
24AT	Disturb	9,11	7,41	2,79
24AT	Error counting	10,07	8,45	2,22

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2 didapatkan rata-rata kecepatan internet pada *Equipment Room* yaitu 11,2 Mbps. Rata-rata kecepatan internet pada *smartphone* adalah 10,10 Mbps. Dan rata-rata pengiriman notifikasi pada aplikasi ketika terjadi gangguan adalah 2,097 detik.

4. KESIMPULAN

Desain perangkat keras berupa rangkaian komponen *optocoupler*, sensor LDR, resistor, Arduino mega 2560 dan ESP8266 Wemos D1 Mini Pro. Hasil perancangan perangkat keras diletakkan pada *Equipment Room*. Desain perangkat lunak berupa pembuatan aplikasi menggunakan kodular. Pada aplikasi akan ter tampil notifikasi berupa nama *track* yang mengalami gangguan dan jenis gangguan yang terjadi. Cara kerja sistem pendeteksi *error counting* dan *disturb* dengan menghubungkan

optocoupler dengan kabel menuju ke terminal *relay* dari setiap *track*. Untuk mengetahui kondisi *track* ketika gangguan dapat dilihat pada *optocoupler* yaitu ketika tidak mendapatkan tegangan dari *relay* QNN1 dan pada led *error* atau *disturb* yang menyala pada evaluator. Hasil uji terhadap pengiriman notifikasi yaitu pengujian dilakukan sebanyak 55 kali dengan hasil pengujian 50 kali notifikasi dapat diterima dan 5 kali notifikasi tidak dapat diterima pada *smartphone* Petugas *Negative Check* (PNC) sehingga presentase keberhasilan diterimanya notifikasi oleh PNC sebesar 91%. Hasil pengujian terhadap kecepatan pengiriman notifikasi didapatkan rata-rata kecepatan internet pada *Equipment Room* yaitu 11,2 Mbps. Rata-rata kecepatan internet pada *smartphone* adalah 10,10 Mbps. Rata-rata pengiriman notifikasi pada aplikasi ketika terjadi gangguan adalah 2,097 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Rosyidi and D. Budhi Santoso, "Analisis gangguan sistem axle counter dalam jaringan rel kereta di pt kai (persero) resort sintel 1.16 karawang daop 1 jakarta," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.,* vol. 7, no. 2, pp. 1317–1321, 2023, doi: 10.36040/jati.v7i2.6651.
- [2] P. KAI, *Axle counter altpro*. 2013.
- [3] S. Oktafian Nabilla and E. Ariyanto, "Implementasi Optocoupler Pc817 Dan Relay Sebagai I/O Sistem Remote Reset Axle Counter Az S 350 U Menggunakan Stm32F103C8T6 Dengan Ethernet Client Untuk Hubungan Stasiun Weleri-Krengseng," *Epsil. J. Electr. Eng. Inf. Technol.,* vol. 20, no. 1, pp. 72–88, 2022, doi:10.55893/epsilon.v20i1.82.
- [4] F. Nuraeni and I. Nurfaejri, "Notifikasi network intrusion detection system menggunakan media aplikasi telegram (studi kasus: kantor imigrasi tasikmalaya)," *J. Sist. Inf. dan Teknol. Inf. STMIK Dipanegara,* vol. 6, no. 1, pp. 1–5, 2017, [Online]. Available: www.neliti.com.
- [5] R. Andri, N. A. O. Saputri, and M. Akbar, "Sistem notifikasi tugas akhir universitas bina darma berbasis mobile," *Sistemasi,* vol. 9, no. 1, p. 155, 2020, doi: 10.32520/stmsi.v9i1.630.
- [6] Saidi and N. Hidayat, "Penerapan teknologi smart grid dalam instalasi listrik rumah," 2020, [Online]. Available: elibrary.uni-kom.ac.id
- [7] F. D. Rumagit, J. O. Wuwung, S. R. U. . Sompie, and B. . Narasiang, "Perancangan

- sistem switching 16 lampu secara nirkabel menggunakan remote control,” *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–5, 2012, doi: [10.35793/jtek.v1i2.602](https://doi.org/10.35793/jtek.v1i2.602)
- [8] S. Utama, A. Mulyanto, M. Arif Fauzi, and N. Utami Putri, “Implementasi sensor light dependent resistor (ldr) dan lm35 pada prototipe atap otomatis berbasis arduino,” *CIRCUIT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 83–89, 2018, doi: [10.22373/crc.v2i2.3706](https://doi.org/10.22373/crc.v2i2.3706).
- [9] R. Safitri, H. Setiawan, N. Ariyanti, R. Dijaya, A. Info, and K. Kunci, “Rancang bangun aplikasi notifikasi dan geolocation pada pedagang keliling terdekat berbasis android,” *Decod. J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 52–64, 2024.
- [10] I. Ramadhan, A. Hadi, and H. K. Saputra, “Pengembangan aplikasi monitoring server dari gangguan dan serangan dengan metode intrusion detection system berbasis android,” vol. 8, pp. 19598–19608, 2024.
- [11] Desmira, D. Aribowo, G. Priyogi, and S. Islam, “Aplikasi sensor ldr (light dependent resistor) untuk efisiensi energi pada lampu penerangan jalan umum,” *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 21–29, 2022, doi: [10.30656/prosisko.v9i1.4465](https://doi.org/10.30656/prosisko.v9i1.4465).
- [12] A. P. Manullang, Y. Saragih, and R. Hidayat, “Implementasi nodemcu esp8266 dalam rancang bangun sistem keamanan sepeda motor berbasis iot,” *JIRE (Jurnal Inform. Rekayasa Elektron.)*, vol. 4, no. 2, pp. 163–170, 2021, doi: [10.36595/jire.v4i2.381](https://doi.org/10.36595/jire.v4i2.381)
- [13] F. Nadziroh, F. Syafira, and S. Nooriansyah, “Alat deteksi intensitas cahaya berbasis arduino uno sebagai penanda pergantian waktu siang-malam bagi tunanetra,” *Indones. J. Intellect. Publ.*, vol. 1, no. 3, pp. 142–149, 2021.
- [14] A. Iskandar, M. Muhajirin, and L. Lisah, “Sistem keamanan pintu berbasis arduino mega,” *J. Inform. Upgris*, vol. 3, no. 2, pp. 99–104, 2017, doi: [10.26877/jiu.v3i2.1803](https://doi.org/10.26877/jiu.v3i2.1803).
- [15] S. Rabiah, “Penggunaan metode research and development dalam penelitian bahasa indonesia di perguruan tinggi,” no. April 2015, pp. 1–7, 2018, doi: [10.31227/osf.io/bzfsj](https://doi.org/10.31227/osf.io/bzfsj).