
ANALISA PALANG PINTU KERETA API TERBUKA DAN TERTUTUP SISTEM MEKANIS

**Muhammad Ali Nafiah^{1*}, Intan zahar², Muhammad Iqbal Harapan Muslim
Siregar³**

^{1,2}Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Asahan

³Jurusan Teknik Mekanika, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan

corresponding author*: alinafiah@gmail.com

Abstract

Railway crossing gates are used to prevent motorcyclists from crossing the railroad tracks when trains cross the gate. Railway crossing gates also function to keep train travel safe. Railway crossing gates can be made in open and closed systems. In this study, researchers conducted an Analysis of Open and Closed Railway Crossings with Mechanical Systems. This study was conducted by collecting data at Indrapura station by taking data on the dimensions of the railway sign. The results of the analysis showed that the total force affecting the railway crossing was 226.16N, consisting of a load force on the cross of 162 N, a wind force of 15.5N and a friction force of 48.6N. The motor torque that occurs on the railway sign is 486 Nm. The railway crossing gets force vibration and free vibration with the displacement experienced by the cross when force vibration occurs due to external forces of 0.8 m and will weaken in a few seconds until there is no more vibration or is called free vibration.

Keywords: *railway sign, vibration, force*

Abstrak

Palang pintu perlintasan kereta api digunakan untuk mencegah pengendara motor melintasi rel kereta api saat kereta api melintasi palang pintu. Palang pintu perlintasan kereta api juga berfungsi untuk menjaga perjalanan kereta api aman. Palang pintu kereta api dapat dibuat secara sistem terbuka dan tertutup. Pada penelitian ini peneliti melakukan Analisa Palang Pintu Kereta Api Terbuka Dan Tertutup Sistem Mekanis. Penelitian ini dilakukan pengambilan data di stasiun Indrapura dengan mengambil data dimensi plang kereta api. Hasil analisa menunjukkan Gaya total yang mempengaruhi palang kereta api yaitu 226.16N yang terdiri dari gaya beban pada palang sebesar 162 N, gaya angin yaitu sebesar 15,5N dan gaya gesek sebesar 48,6N. Torsi motor yang terjadi pada plang kereta api yaitu 486 Nm. Palang kereta api mendapatkan getaran *force vibration* dan *free vibration* dengan perpindahan yang dialami palang saat terjadi *force vibration* karena adanya gaya eksternal yaitu sebesar 0.8 m dan akan melemah dalam beberapa detik hingga tidak terjadi lagi getaran atau disebut dengan getaran bebas.

Keyword : *palang kereta api, getaran, gaya*

1. PENDAHULUAN

Salah satu teknologi yang ditambahkan ke sistem perkeretaapian adalah gerbang perlintasan sebidang. Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat SK.770/KA.401/DRJD/2005 mendefinisikan perlintasan tidak sebidang dan perlintasan sebidang. Perlintasan sebidang didefinisikan sebagai panjang jalan dan jalan pada jalan yang sama. Perlintasan tidak sebidang didefinisikan sebagai panjang jalan dan jalan yang tidak berada pada bidang yang sama.

Salah satu teknologi dalam sistem perkeretaapian adalah pintu perlintasan kereta api. Sistem palang pintu perlintasan kereta api yang ada masih menggunakan tenaga manusia. Jadi, kecelakaan dapat terjadi karena kesalahan manusia atau kesalahan operator. (Reyhan ., 2019)

Masyarakat sangat menyukai transportasi kereta api. Salah satu faktor yang mendorong orang untuk menggunakan jenis transportasi ini adalah peningkatan layanan dan kenyamanan penumpang. Jenis transportasi lain seringkali menyebabkan kecelakaan kereta api di perlintasan kereta api yang tidak memiliki penjaga pintu perlintasan. Hal ini sangat ditingkatkan. Penelitian tentang otomasi pintu perlintasan yang menggunakan motor DC sebagai pusat pengendali data. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem penutup dan pembuka pintu perlintasan yang menggunakan sistem mekanis kereta api dan pusat kendali pintu perlintasan kereta api. (Kusriyanto and Wismoyo 2017)

Sistem transportasi akan selalu menjamin keamanan, kenyamanan dan ketepatan waktu. Namun sering kali ada permasalahan diperlintasan kereta api antara jalan tol dan perlintasan kereta api. Perlintasan Sebidang Sappei Tubun adalah perlintasan sebidang yang terletak di dekat persimpangan tanpa sinyal, dan tergantung pada waktu ketika kereta api lewat, antrean panjang dapat terjadi karena penutupan gerbang, yang dapat mempengaruhi pengoperasian persimpangan tanpa sinyal (Efendi cahyani dwi, Sebayang, and Nainggolan H. 2020).

Gerbang kereta api adalah gerbang terbuka yang membuka dan menutup secara vertikal atau horizontal pada persimpangan dan rel kereta api. Gerbang terbuka berfungsi untuk menghentikan kendaraan dan pejalan kaki saat kereta api lewat, namun tetap terbuka dan mengutamakan kendaraan dan pejalan kaki saat tidak ada kereta api yang lewat. Tujuannya untuk memperlancar lalu lintas saat kereta tidak melintas dan meningkatkan efisiensi.

Setiap kendaraan wajib berhenti pada saat pintu kereta api ditutup sebagai tindakan pengamanan transit kereta api. Pembatas kereta api bertujuan untuk "mendisiplinkan" pengemudi agar tidak membuka pintu saat kereta lain lewat. Terdapat keberagaman pelaku, baik manusia maupun non-manusia, di perlintasan kereta api. Karena dioperasikan oleh kedua pelaku tersebut, gerbang perlintasan kereta api merupakan teknologi canggih yang sangat meningkatkan kemungkinan terjadinya kesalahan manusia yang berujung pada kecelakaan kereta api.

Kedua jenis palang pintu tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing, sehingga pemilihannya perlu mempertimbangkan faktor-faktor seperti volume lalu lintas, kecepatan kereta, dan kebutuhan keselamatan di setiap perlintasan sebidang.

Masyarakat sekarang sudah biasa dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat. Sesuatu yang teliti, cepat, dan tidak mengenal lelah sangat dibutuhkan oleh manusia. Salah satu jenis transportasi seperti kereta api, kereta api Indonesia adalah perusahaan milik negara yang dikenal sebagai KAI. Banyak kecelakaan terjadi karena mereka menerobos palang pintu dan beberapa perlintasan tidak menggunakan palang pintu. (Pratama, Taqwa, and Salamah 2019)

Beberapa tahun terakhir, banyak tabrakan kereta api dengan kereta api, kereta api dengan truk, mobil, sepeda motor, dan pejalan kaki di perlintasan kereta api berpalang dan tidak berpalang. Banyak orang tewas. Hal ini menunjukkan bahwa untuk menjaga keamanan perjalanan kereta api, teknologi juga diperlukan selain kemampuan manusia. Saat ini, negara-negara maju sering menggunakan GPS sebagai teknologi untuk memonitor perjalanan kereta api (Sutrisno, Pasaribu, and Roza 2019).

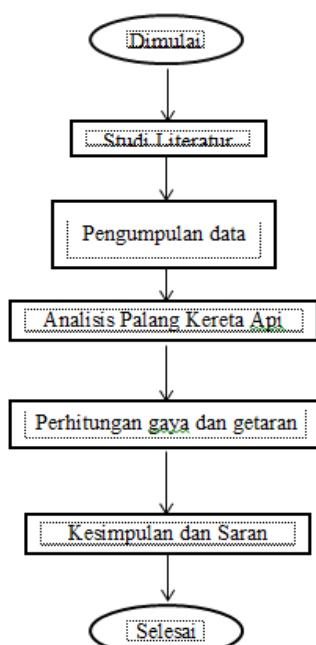
2. METODE PENELITIAN

2.1. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan yaitu dengan melakukan observasi dengan mengambil data yang dibutuhkan seperti panjang, lebar, dan tebal palang kereta api. Kecepatan Palang Pintu KAI membuka dan menutup palang yaitu 5-10 detik, dan Waktu tutup palang: 5-10 detik dan palang pintu kereta api terbuat dari bahan kayu kelas II atau kayu jati dengan tebal 18 mm. Setelah data penelitian di peroleh maka dilakukan perhitungan gaya yang bekerja pada palang kereta api. Selanjutnya, dilakukan analisis getaran yang terjadi pada palang kereta api dengan membandingkan kereta api nyata dan miniatur.

2.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini dimulai dengan tahap studi literatur untuk memahami konsep dan teori yang relevan. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data melalui observasi dan pengukuran di lapangan terkait sistem palang kereta api. Setelah data terkumpul, analisis dilakukan untuk mengevaluasi kinerja palang kereta api, diikuti dengan perhitungan gaya dan getaran yang terjadi selama operasional. Akhirnya, penelitian ini diakhiri dengan penyusunan kesimpulan dan saran berdasarkan temuan yang diperoleh, sebelum dinyatakan selesai.



Gambar 1 Diagram alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keberadaan palang pintu kereta api yang berfungsi dengan baik sangat penting untuk menjaga keselamatan. Tinjauan pustaka menunjukkan bahwa banyak penelitian sebelumnya telah menyimpulkan bahwa sistem mekanis yang efektif dapat mengurangi risiko kecelakaan. Dengan menerapkan metode penelitian yang sistematis, data yang diperoleh memberikan bukti empiris mengenai efektivitas palang pintu dalam mengatur aliran lalu lintas di persimpangan kereta api. Temuan ini mengindikasikan perlunya perhatian lebih terhadap desain dan pemeliharaan sistem palang pintu agar dapat berfungsi secara optimal dalam mencegah kecelakaan.

3.1. Analisa gaya yang diterima palang pintu kereta api

Berdasarkan data observasi di Stasiun Kuala Tanjung perlintasan Jalan Inalum Kabupaten Batu Bara di dapatkan bahwa panjang palang sebesar 6 m, lebar 0,25 m dan tebal palang 0,018 m, maka volume pada palang kereta adalah $0,027 \text{ m}^3$ dan Massa jenis kayu jati sebesar 600 Kg/m^3 . Selanjutnya dihitung gaya yang bekerja pada palang kereta

- Gaya Normal

$$\begin{aligned} F_p &= M_p \cdot g \\ &= 16,2 \text{ Kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \\ &= 162 \text{ Kg m/s} = 162 \text{ N} \end{aligned}$$

- Perhitungan gaya akibat Tekanan Udara

Pada saat kereta api terbuka, maka terdapat gaya angin dimana dianggap dengan meninjau terjadinya aerodinamis pada palang saat kereta api bergerak dengan 50 km/jam maka dapat dihitung tekanan udara yang menghambat terbukanya plang kereta api :

$$\begin{aligned} F_{\text{angin}} &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot C_d \cdot v^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1.225 \cdot 0,108 \cdot 1,3 \cdot 13,89^2 \\ &= 15,55 \text{ N} \end{aligned}$$

- Perhitungan gaya gesek

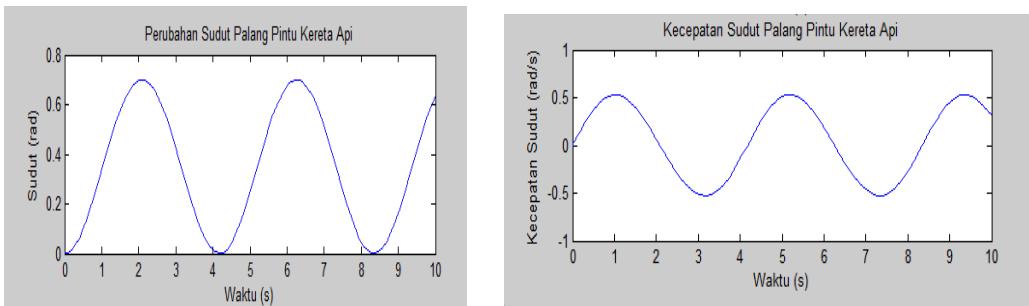
$$\begin{aligned} F_{\text{gesek}} &= \mu \times F_p \\ &= 0,3 \times 162 \\ &= 48,6 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka total gaya yang bekerja saat pintu kereta api terbuka yaitu sebesar

$$\begin{aligned} F_{\text{total}} &= F_{\text{angin}} + F_{\text{gesek}} + F_p \\ &= 15,55 + 48,6 + 162 \\ &= 226,16 \text{ N} \end{aligned}$$

3.2. Analisis kecepatan sudut

Simulasi gaya yang bekerja pada palang pintu kereta api yaitu menggunakan software matlab dengan memodelkan sistem. Model palang pintu kereta api terdiri dari struktur batang yang homogen dan dengan meninjau gaya yang bekerja yaitu gaya gravitasi, gaya tarik, serta gaya gesek maka didapatkan hubungan perubahan sudut palang pintu Kereta Api.



Gambar 2. perubahan sudut dan Kecepatan Sudut Palang Kereta API

Pada gambar 2. menunjukkan perubahan sudut dan kecepatan sudut yang terjadi pada palang kereta api terhadap waktu yang dilihat yaitu 10 detik. Pada perubahan sudut palang kereta api terjadi grafik sinusoidal yang menggambarkan gerak osilasi yang berulang dimana palang pintu kereta api saat menutup dan membuka palang terjadi gerakan berayun bolak balik. Pada waktu 4 s maka terjadi perubahan sudut sebesar 0,7 rad dan kecepatan sudut sebesar -0,5 rad/s.

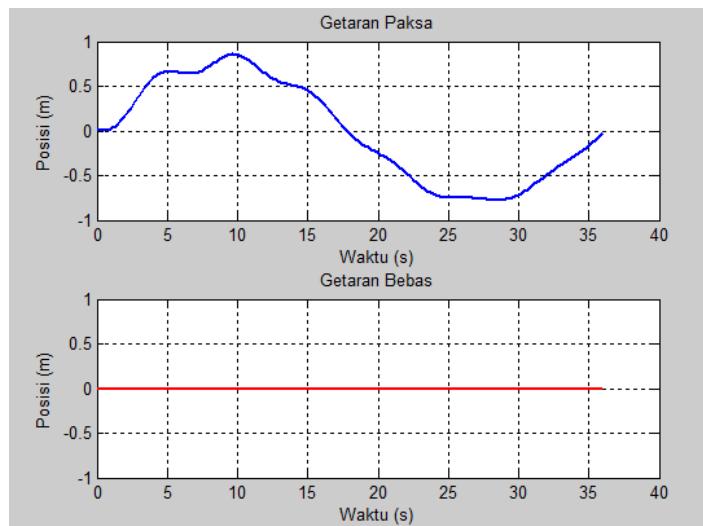
3.3. Analisis vibrasi pada palang kereta api

Pada saat kereta bergerak dengan kecepatan 50 Km/jam atau sebesar 13,89 m/s maka akan memberikan gaya dinamis pada palang kereta api. Gaya yang diterima oleh palang adalah gaya sinusoidal yang diberikan ketika kereta melintasi palang. Gaya dinamis yang diterima oleh palang yaitu gaya angin, gaya gesekan dan gaya normal sebesar 226,16 N. Dari hasil perhitungan frekuensi alami pertama pada palang kereta api yaitu sebesar 0,065 Hz.

Gaya yang diterima palang yaitu sebesar

$$F(t) = F_0 \sin(\omega t)$$

Dimana F_0 adalah amplitudo dan ω adalah frekuensi sudut yang diterima oleh palang kereta api. Selanjutnya dilakukan simulasi getaran pada plang dengan menggunakan software Matlab



Gambar 3. Perpindahan posisi (m) terhadap waktu (t)

Gambar 3. merupakan gambar simulasi matlab hubungan perpindahan posisi palang saat terkena gaya yang disebut dengan getaran paksa dan getaran bebas. Pada saat terjadi getaran paksa pada palang diasumsikan terjadi gaya eksternal yang mempengaruhi palang mendapatkan getaran. Pada saat palang

mendapatkan gaya eksternal dari luar maka terjadi posisi perpindahan pada palang sebesar 0,8 m dan akan melemah dalam beberapa detik hingga tidak terjadi lagi getaran atau disebut dengan *free vibration*

3.4. Pengujian rancang bangun miniatur palang kereta api

Palang kereta api memiliki panjang sebesar 6 m yang terbuat dari material kayu kelas II atau disebut dengan kayu Jati. Pada miniatur panjang palang yang diberikan yaitu sebesar 20 cm atau 0,2 m. Perbandingan palang kereta api dengan palang miniatur yaitu 1:30. Palang kereta api pada miniatur yaitu terbuat dari material akrilik. Berikut merupakan simulasi perhitungan di matlab

```
>> % Simulasi Plang Kereta Api

% === Parameter Input ===
d = 500; % Jarak deteksi kereta ke plang (meter)
v = 50 / 3.6; % Kecepatan kereta (m/s), konversi dari km/jam ke m/s
L = 200; % Panjang kereta (meter)
t_servo = 15; % Waktu servo membuka/menutup plang (detik)

% === Perhitungan Waktu ===
t_lintasan = d / v; % Waktu kereta mencapai plang
t_lintas = L / v; % Waktu kereta melintasi lintasan
t_tertutup = t_lintasan + t_lintas; % Total waktu plang tertutup
t_buka = t_tertutup + t_servo; % Total waktu plang kembali terbuka

disp('== Hasil Perhitungan ==');
fprintf('Waktu kereta mencapai plang: %.2f detik\n', t_lintasan);
fprintf('Waktu kereta melintas lintasan: %.2f detik\n', t_lintas);
fprintf('Total waktu plang tertutup: %.2f detik\n', t_tertutup);
fprintf('Total waktu plang terbuka kembali: %.2f detik\n', t_buka);
== Hasil Perhitungan ==
Waktu kereta mencapai plang: 36.00 detik
Waktu kereta melintas lintasan: 14.40 detik
Total waktu plang tertutup: 50.40 detik
Total waktu plang terbuka kembali: 55.40 detik
```

Gambar 1. Simulasi Waktu palang Kereta Api Nyata

Pada gambar 3 diatas dapat dilihat hasil dari simulasi perhitungan kereta api dalam keadaan yang sebenarnya (nyata) dengan menggunakan simulasi matlab sehingga didapatkan nilai pada jarak 500 meter dari sensor ke palang pintu kereta api pada kecepatan 50 km/jam, maka waktu yang ditempuh oleh kereta api hingga mencapai palang pintu kereta api pertama selama 36 detik, serta palang pintu kereta api kedua selama 14.40 detik. Total waktu yang dibutuhkan dari palang untuk menutup secara penuh yaitu selama 50,40 detik, dan 55.40 detik waktu yang dibutuhkan untuk palang pintu kereta api membuka kembali secara penuh.

```
>> % Simulasi Plang Kereta Api

% === Parameter Input ===
d = 0.78; % Jarak deteksi kereta ke plang (m)
v = 0.288; % Kecepatan kereta (m/s),
L = 0.46; % Panjang kereta (meter)
t_servo = 2; % Waktu servo membuka/menutup plang (detik)

% === Perhitungan Waktu ===
t_lintasan = d / v; % Waktu kereta mencapai plang
t_lintas = L / v; % Waktu kereta melintasi lintasan
t_tertutup = t_lintasan + t_lintas; % Total waktu plang tertutup
t_buka = t_tertutup + t_servo; % Total waktu plang kembali terbuka

disp('== Hasil Perhitungan ==');
fprintf('Waktu kereta mencapai plang: %.2f detik\n', t_lintasan);
fprintf('Waktu kereta melintas lintasan: %.2f detik\n', t_lintas);
fprintf('Total waktu plang tertutup: %.2f detik\n', t_tertutup);
fprintf('Total waktu plang terbuka kembali: %.2f detik\n', t_buka);
== Hasil Perhitungan ==
Waktu kereta mencapai plang: 2.71 detik
Waktu kereta melintas lintasan: 1.60 detik
Total waktu plang tertutup: 4.31 detik
```

Gambar 2. Simulasi Waktu Palang Kereta Api Miniatur

Pada gambar 4 diatas dapat dilihat hasil dari simulasi perhitungan pada miniatur kereta api dengan menggunakan simulasi matlab sehingga didapatkan nilai pada jarak 0,78 meter dari sensor ke palang pintu kereta api pada kecepatan 0.288 m/s, maka waktu yang ditempuh oleh kereta api hingga mencapai palang pintu kereta api pertama selama 2.71 detik, serta palang pintu kereta api kedua selama 1.60 detik. Total waktu yang dibutuhkan dari palang untuk menutup secara penuh yaitu selama 4.31 detik.

Untuk data yang didapat pada gambar 3 dan 4 memperlihatkan bahwa tidak adanya perbedaan yang signifikan antara palang pintu kereta api nyata dengan palang pintu kereta api miniatur, hanya perbandingan waktu yang terjadi. Adapun perbandingan yang terjadi ialah palang pintu tertutup yang sebenarnya 50.40 detik dan 4.31 detik dari miniatur atau 1 : 12 detik.

4. KESIMPULAN

- 1) Gaya total yang mempengaruhi palang kereta api yaitu 226.16N yang terdiri dari gaya beban pada palang sebesar 162 N, gaya angin yaitu sebesar 15,5N dan gaya gesek sebesar 48,6N. Torsi motor yang terjadi pada plang kereta api yaitu 486 Nm.
- 2) Palang kereta api mendapatkan getaran force vibration dan free vibration dengan perpindahan yang dialami palang saat force vibration karena adanya gaya eksternal yaitu sebesar 0.8 m yang dan akan melemah dalam beberapa detik hingga tidak terjadi lagi getaran atau disebut dengan *free vibration*.
- 3) Perbandingan palang pintu tertutup yang terjadi antara palang pintu kereta api yang sebenarnya dengan palang pintu pada miniatur ialah 1 : 12.

DAFTAR PUSTAKA

Efendi cahyani dwi, Ramadganingtyas, Nusa Sebayang, and Togi Nainggolan H. 2020. "Pengaruh Penutupan Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Terhadap Kinerja Lalu Lintas Pada Simpang Tak Bersinyal Di Kota Malang (Studi Kasus Simpang Tak Bersinyal JL. S. SUPRIADI – JL." 02 (02): 45–53.

Fitria Indah, Dwi Cahyanti, Rokhmawati Azizah, and Rahmawati Anita. 2022. "Analisa Tundaan Akibat Penutup Palang Pintu Kereta Api (Ruas Jalan Sultan Agung Desa Kepanjen Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang" 12 (3): 12–22.

Hudati, Imroatul, Alif Aji Purnomo, and Nurrahma Salima. 2021. "ISSN : 2746-2536 ISSN : 2746-2536" 2 (2): 1–6.

Kusriyanto, Medila, and Nendy Wismoyo. 2017. "Sistem Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Otomatis Dengan Komunikasi Wireles Berbasis Arduino Uno." *Jurusan Teknik Elektro* 23: 73–80.

Pangestu, Bagus Priyo, Barlian Henryranu Prasetyo, and Gembong Edhi Setyawan. 2017. "Implementasi Kendali Palang Pintu Kereta Api Menggunakan IR Sensor." *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer* 1 (4): 282–91.

Pratama, Shendy, Ahmad Taqwa, and Irma Salamah. 2019. "Palang Pintu Kereta Api Otomatis Berbasis Arduino" 3 (September): 173–77.

Putra, Yogi Zigova Eka, and Winda Agustiarmi. 2023. "Rancang Bangun Sistem Palang Pintu Otomatis Kereta Api Berbasis BOT Telegram." *Jurnal Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika (VoteTEKNIKA)* 11 (2): 196–203. <https://ejournal.unp.ac.id/index.php/voteknika/article/view/122342/10795>

8.

Reyhan, Deri, Sony Sumaryo, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, and Fuzzy Logic. 2019. "Prototype Sistem Palang Pintu Kereta Api Otomatis" 6 (2): 2990–97.

Suhartama, Putra Bagus. 2021. "Sistem Interlocking Persinyalan Kereta Api Berbasis Plc Dengan Metode Local Control Panel (LCP)."

Sutrisno, Oyi Adi, Faisal Irsan Pasaribu, and Indra Roza. 2019. "Sistem Pengamanan Perlintasan Kereta Api Terhadap Jalur Lalu Lintas Jalan Raya." *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi): Jurnal Teknik Elektro* 2 (1): 45–50. <https://doi.org/10.30596/rele.v2i1.4422>.