

Pengembangan Palang Pintu Perlintasan Kereta Api dengan Kendali Remot dan Sensor Getar dengan LDmicro

Agus Suyetno¹

1. Universitas Negeri Malang, Indonesia | agus.suyetno.ft@um.ac.id

Abstrak

Palang pintu perlintasan kereta api berfungsi untuk memberi peringatan kepada para pengguna jalan untuk berhenti saat kereta melintas. Tetapi pada kenyataannya banyak persimpangan lintasan kereta api yang tidak terpasang palang pintu seperti persimpangan di jalan-jalan desa sehingga banyak pengguna jalan yang kurang berhati-hati saat melintas. Pengoperasian palang pintu swadaya memiliki kelemahan yaitu membutuhkan petugas penjaga yang harus selalu siap siaga mengamati jika ada kereta yang mendekat. Salah satu solusi untuk mengatasi kelemahan tersebut adalah dengan mengembangkan sistem kontrol palang pintu yang bekerja dengan 2 tahap verifikasi, sensor getar digunakan sebagai pemberi peringatan bahwa ada kereta yang mendekat kemudian keputusan untuk menutup palang pintu dilakukan oleh operator dengan menekan tombol pada remote dari jarak jauh. Pengembangan sistem dengan 2 tahap verifikasi dimaksudkan agar tidak terjadi kesalahan kerja. Sistem kontrol dikembangkan dengan menggunakan mikrokontroler ATmega328 pada modul Arduino Pro Mini. Solid state relay (SSR) digunakan sebagai driver yang mengendalikan arah dan putaran motor listrik 1 phase. Modul RF 433MHz digunakan untuk mengendalikan palang pintu dari jarak jauh sehingga operator bisa segera mengoperasikan palang pintu. Putaran motor listrik dihitung dengan sensor inframerah dan dihubungkan dengan gearbox. Pengembangan logika program menggunakan bahasa pemrograman diagram tangga dengan LDmicro. Didalam diagram tangga yang dibuat, terdapat fungsi counter dan timer yang berfungsi untuk menggerakkan palang pintu dan proteksi terhadap kemungkinan kesalahan kerja dari sistem kendali. Untuk menggerakkan sudut palang pintu sebesar 90° dibutuhkan putaran motor listrik sebanyak 30 kali putaran dan getaran dari rel kereta mulai terdeteksi dari jarak 300 meter. Jarak pengoperasian palang pintu menggunakan remot dapat dioperasikan dari jarak 50 meter, seiring dengan berkurangnya daya baterai maka jarak kerja dari remot juga akan menurun. Waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan palang pintu dalam posisi menutup atau sebaliknya rata-rata adalah 3 detik. Berdasarkan hasil ujicoba lapangan yang dilakukan di persimpangan lintasan kereta api, dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol palang pintu otomatis berbasis Arduino dengan LDmicro dapat bekerja secara efektif.

Kata Kunci

Palang pintu kereta api, ATmega328, Arduino, LDmicro, Remot RF 433MHz, Sensor getar.

1. Pendahuluan

Kereta api adalah bentuk transportasi darat diatas rel dan terdiri dari serangkaian gerbong yang ditarik untuk mengangkut kargo atau penumpang. Rangkaian gerbong ditarik oleh lokomotif yang menggunakan motor diesel atau motor listrik. Kereta api merupakan sarana transportasi darat yang diminati oleh sebagian besar masyarakat Indonesia untuk bepergian dalam jarak jauh maupun jarak dekat. Peningkatan minat masyarakat disebabkan karena berbagai perubahan yang telah dilakukan seperti peningkatan layanan dan kenyamanan gerbong, kemudahan dalam membeli tiket dan peningkatan keamanan bagi penumpang yang akan memasuki stasiun sampai memasuki gerbong. Dibalik kenyamanan yang ditawarkan oleh sarana transportasi kereta api, masih terdapat berbagai potensi negatif dari penggunaan kereta api. Potensi negatif yang paling sering dan mengkhawatirkan adalah potensi terjadinya kecelakaan lalu lintas pada sepanjang perlintasan kereta api.

PT. Kereta Api Indonesia (Persero) mencatat pada tahun 2020 telah terjadi 198 kecelakaan di perlintasan kereta api, tercatat jumlah korban meninggal sebanyak 44 orang, luka berat 44 orang, dan luka ringan sebanyak 64 orang pada kecelakaan di perlintasan kereta api (Martinus, 2020). Sesuai Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian Pasal 124 menyatakan pada perpotongan sebidang antara jalur kereta api dan jalan, pemakai jalan wajib mendahulukan perjalanan kereta api. Adapun dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Pasal 114 menyebutkan bahwa pada perlintasan sebidang antara jalur kereta api dan jalan, pengemudi wajib berhenti ketika sinyal sudah berbunyi, palang pintu kereta api sudah mulai ditutup, dan atau ada isyarat lain. Meskipun memiliki aturan yang jelas, namun faktor kurang hati-hatian pengguna jalan saat menyeberang menjadi alasan utama terjadinya kecelakaan kereta api. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan pada persimpangan lintasan kereta api, biasanya terdapat palang pintu perlintasan yang dijaga oleh petugas namun masih terbatas pada persimpangan di jalan-jalan raya.

Palang pintu perlintasan kereta api berfungsi untuk mengamankan perjalanan kereta api agar tidak terganggu pengguna jalan lain seperti kendaraan bermotor maupun manusia. Hal tersebut tertuang dalam Peraturan Pemerintah Nomor 72 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Kereta Pasal 110 Ayat 4. Selain itu, palang pintu juga berfungsi untuk melindungi dan memberikan peringatan bahwa akan ada kereta yang melintas. Tetapi pada kenyataannya masih banyak persimpangan lintasan kereta api yang belum terpasang palang pintu perlintasan rel seperti di jalan-jalan desa sehingga banyak pengendara yang kurang berhati-hati saat melintas. Tidak adanya penjaga dan palang pintu perlintasan di jalan-jalan desa dikarenakan kebijakan dari PT. KAI yang hanya menjaga dan memasang palang pintu perlintasan kereta api di jalan raya, sehingga di jalan-jalan desa biasanya hanya dijaga secara swadaya. Dikarenakan dikelola secara swadaya, maka kelalaian dari penjaga palang pintu menjadi salah satu penyebab terjadinya kecelakaan kereta api.

Perlintasan kereta api yang dijaga secara swadaya, biasanya masih menggunakan palang pintu yang dioperasikan secara manual. Petugas penjaga harus selalu waspada untuk mengamati kereta yang mulai mendekat lalu menutup perlintasan untuk mencegah pengguna jalan melintas. Jika petugas kurang waspada atau telat dalam menutup palang pintu, maka beresiko terjadinya kasus pengguna jalan yang menyerobot melintasi perlintasan sehingga berpotensi terjadi kecelakaan kereta api. Untuk meminimalisir terjadinya kasus kecelakaan yang diakibatkan oleh kurang waspadaan penjaga palang pintu swadaya, maka perlu untuk mengembangkan palang pintu perlintasan kereta api dengan kendali remot dan sensor getar yang dapat dipasang pada persimpangan jalan-jalan desa.

Palang pintu perlintasan kereta api tidak didesain bekerja otomatis secara penuh, dikarenakan khawatir akan membahayakan pengguna jalan saat palang pintu bergerak menutup. Palang pintu perlintasan kereta api akan dikembangkan dengan 2 tahap verifikasi, yaitu sensor getar akan digunakan untuk mendeteksi kereta api yang mulai mendekat dan sistem akan membunyikan sirine kemudian tahap kedua yaitu keputusan untuk menutup palang pintu dilakukan oleh penjaga dengan menekan tombol pada remote dari jarak jauh. Pengembangan sistem dengan 2 tahap verifikasi dimaksudkan agar tidak terjadi kesalahan kerja khususnya saat pengguna jalan yang padat.

2. Metode Penelitian dan Pengembangan

Pengembangan palang pintu perlintasan kereta api dimulai dengan melakukan studi literatur yaitu mempelajari dari beberapa sumber yang ada. Data awal yang dibutuhkan dalam pengembangan adalah lebar rata-rata jalan di desa kemudian ketersediaan motor gearbox yang tersedia dipasaran yang mampu mengangkat beban dari lengan palang pintu. Setelah mendapatkan data awal, dilanjutkan dengan perencanaan baik dari segi mekanik maupun elektrik untuk mendukung perakitan agar sesuai dan tidak terjadi banyak kesalahan. Tahap selanjutnya adalah pembuatan dan perakitan lalu diakhiri dengan uji coba untuk mengetahui apakah palang pintu perlintasan kereta api sudah layak untuk digunakan.

Berdasarkan hasil studi literatur, lebar rata-rata jalan di desa antara 5 - 6 m sehingga diputuskan bahan yang digunakan sebagai lengan palang pintu adalah besi baja ringan (galvalum) bentuk kanal C dengan dimensi panjang 6 m, ketebalan 0,65 mm, tinggi 75 mm dan ketebalan kaki 3,5 mm. Berat dari besi baja ringan dengan dimensi tersebut kurang lebih mencapai 4,5 Kg (Sukardi, 2019). Berdasarkan data tersebut, maka momen torsi yang menjadi beban motor saat menggerakkan lengan palang pintu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

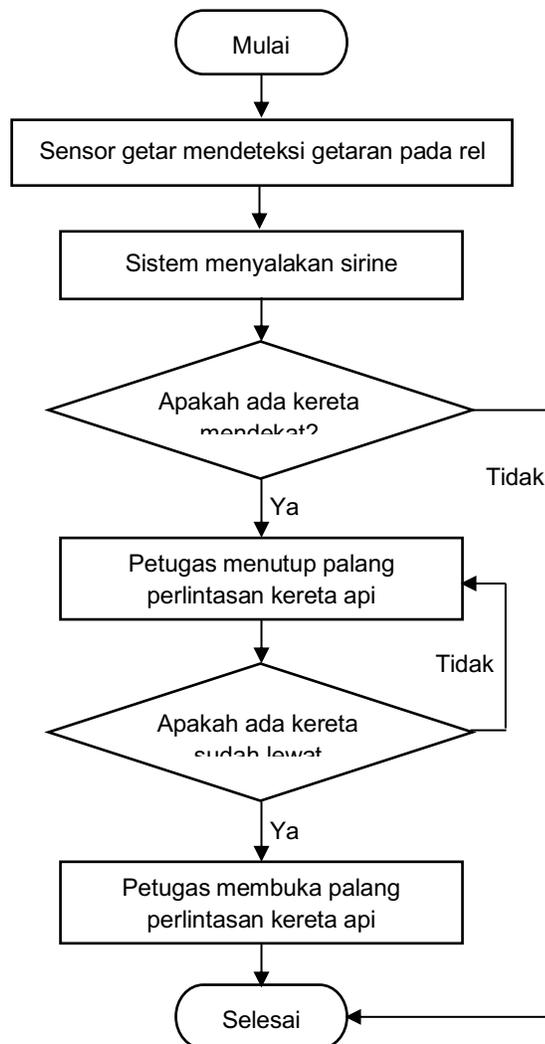
Rumus perhitungan momen torsi (Meriam dkk, 2020):

$$\begin{aligned} M &= F \times l && \text{Pers. (1)} \\ &= 4,5 \text{ Kg} \times 6 \text{ m} \\ &= 27 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Keterangan:

- M : Momen pada poros lengan palang pintu
- F : Gaya pada lengan palang pintu = 4,5 Kgf (berat ditimbang dengan gaya gravitasi)
- l : Panjang lengan palang pintu

Cara kerja dari sistem kontrol yang dikembangkan dapat digambarkan pada diagram alir di Gambar 1. Berdasarkan diagram alir pada Gambar 1, keputusan untuk menutup dan membuka palang pintu menjadi kewenangan dari penjaga perlintasan karena membutuhkan berbagai pertimbangan khususnya kondisi jalan dan kepadatan arus lalu lintas yang akan ditutup. Proses membuka dan menutup pintu dilakukan dari jarak jauh karena menggunakan modul remot RF 433MHz.



Gambar 1. Diagram alir sistem kerja palang pintu kereta api yang dikembangkan

Sistem kontrol dikembangkan dengan menggunakan mikrokontroler ATmega328 yang tersedia pada modul Arduino Pro Mini. Penggunaan mikrokontroler sebagai sistem kontrol dikarenakan logika program yang tidak terlalu besar sehingga akan lebih ekonomis dari pada menggunakan PLC. Mikrokontroler memiliki kehandalan-kehandalan antara lain mudah diprogram dan diaplikasikan, pengkabelan (*wiring*) lebih sedikit, *troubleshooting* sistem lebih sederhana, konsumsi daya relatif lebih rendah, serta modifikasi sistem lebih sederhana dan cepat (Hidayati dkk, 2017). Mikrokontroler terbukti dapat menjadi sistem pengendali yang handal pada mesin-mesin berdaya besar dengan menggunakan tambahan modul I/O (Suyetno dkk. 2022). *Solid state relay* (SSR) digunakan sebagai driver yang mengendalikan motor listrik 1 phase. Modul RF 433MHz digunakan untuk mengendalikan palang pintu dari jarak jauh. Putaran motor listrik dihitung dengan sensor inframerah dan dihubungkan dengan gearbox. Pengembangan logika program menggunakan bahasa pemrograman diagram tangga dengan program LDmicro. LDmicro merupakan bahasa pemrograman yang berbentuk diagram tangga dengan penggunaan lebih mudah dan dapat langsung menghasilkan file *.hex yang dapat langsung dikirim ke mikrokontroler (Rais dkk, 2018).

Didalam program LDmicro, telah terdapat berbagai fungsi standar yang biasanya digunakan pada PLC seperti fungsi input, output, timer dan counter (Brama dkk, 2015). Bahasa pemrograman yang digunakan pada LDmicro adalah *Ladder Diagram*, yaitu bahasa pemrograman yang menggunakan simbol untuk menyatakan fungsi-fungsi logika. Didalam diagram tangga, terdapat dua garis vertikal dimana diantara garis tersebut bisa dibuat garis horizontal yang disebut dengan satu *rung*. Pada setiap *rung*, dapat dipasang kontak-kontak yang menggambarkan kontrol dari switch, sensor atau output. I/O yang digunakan pada sistem kontrol palang pintu kereta api yang dibuat dapat dilihat pada Tabel 1. Untuk menentukan pergerakan palang pintu agar tepat 90° maka akan digunakan fungsi counter untuk menghitung jumlah putaran dari motor listrik. Fungsi timer pada LDmicro akan digunakan untuk mengatur bunyi sirine saat sensor getar aktif.

Tabel 1. Pin input dan output yang digunakan

No.	Nomor Pin	Kode Pin	Keterangan
1	23	XA	Input tombol A untuk menurunkan palang pintu secara otomatis
2	24	XB	Input tombol B untuk menaikkan palang pintu secara otomatis
3	25	XC	Input tombol C untuk menurunkan palang pintu secara manual
4	26	XD	Input tombol D untuk menaikkan palang pintu secara manual
5	27	Xsensor	Input yang terhubung ke sensor penghitung putaran motor
6	28	Xsensor1	Input yang terhubung ke sensor getar
7	12	Y1	Output sirene 1
8	13	Y2	Output sirene 2
9	14	Ymotor	Output ke relay pengatur nyala motor
10	15	Ynaik	Output ke relay pengatur putaran motor arah kanan untuk menurunkan palang pintu
11	16	Yturun	Output ke relay pengatur putaran motor arah kiri untuk menaikkan palang pintu

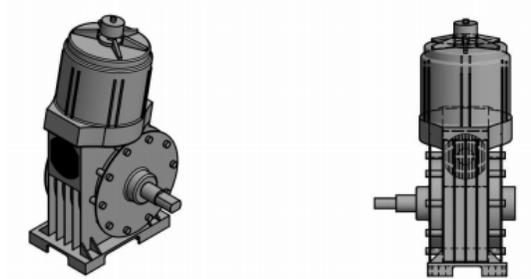
3. Hasil dan Pembahasan

Dimensi rangka yang dibuat memiliki tinggi 800 mm dengan lebar 220 mm dan panjang 250 mm. Bahan yang digunakan untuk rangka menggunakan besi L/ siku dengan ukuran 40 x 40 dengan ketebalan 3,5 mm. Lengan palang pintu terbuat dari baja ringan kanal C sepanjang 6 m. Untuk pemasangan sistem kendali diletakkan didalam rangka yang dilindungi dengan kotak plastik. Hasil dari perakitan rangka dan lengan palang pintu dapat dilihat pada Gambar 2.



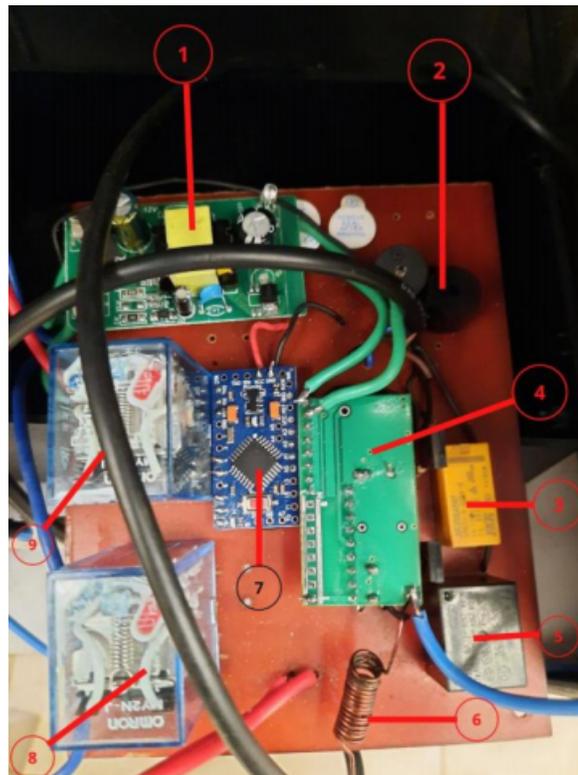
Gambar 2. Rangka palang pintu yang telah dirakit

Motor listrik yang digunakan sebagai penggerak utama adalah motor listrik 1 phase yang memiliki torsi minimal 27 Nm agar mampu untuk menggerakkan lengan palang pintu. Selain harus memiliki torsi yang besar, kecepatan putar dari poros yang terhubung ke motor harus pelan agar hentakan yang terjadi saat motor menggerakkan lengan palang pintu tidak besar sehingga tidak merusak komponen poros dan pondasi palang pintu. Dengan mempertimbangkan persyaratan tersebut, maka motor listrik yang digunakan adalah motor listrik *barrier gate* yang sudah menyatu dengan *gear box* rasio 120:1. Dengan menggunakan rasio 120:1 maka putaran motor yang terhubung ke poros dapat diturunkan menjadi 120 putaran motor listrik sama dengan 1 putaran penuh pada poros. Dengan berkurangnya putaran poros maka torsi pada poros akan meningkat dimana berdasarkan *datasheet* motor listrik *barrier gate*, torsi maksimum yang dihasilkan adalah 300 Nm. Bentuk dari motor listrik *barrier gate* dapat dilihat pada Gambar 3.

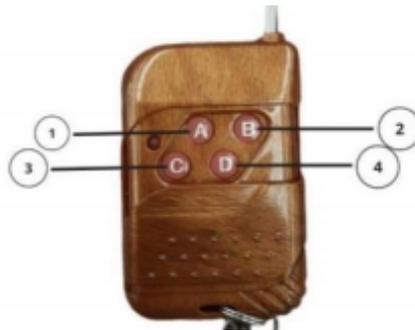


Gambar 3. Motor listrik *barrier gate*

Sistem kendali dirakit dari beberapa modul menjadi satu blok pada papan PCB. Modul yang digunakan antara lain: (1) *Power supply* 5V 2A, (2) Buzzer, (3) Relay 5 V, (4) Modul RX RF 433MHz, (5) Arduino Pro Mini, (6) Relay 24 V. *Power supply* digunakan untuk memberi tegangan sistem kendali yang bekerja pada tegangan 5 Volt sedangkan relay 24 V digunakan untuk mengendalikan SSR yang berfungsi untuk mengendalikan arah dan putaran motor listrik. Pada blok papan PCB, juga terdapat kabel yang tersambung ke sensor inframerah dan sensor getar. Blok papan PCB dapat dilihat pada Gambar 4. Kemudian untuk remote TX RF 433MHz dapat dilihat pada Gambar 5.

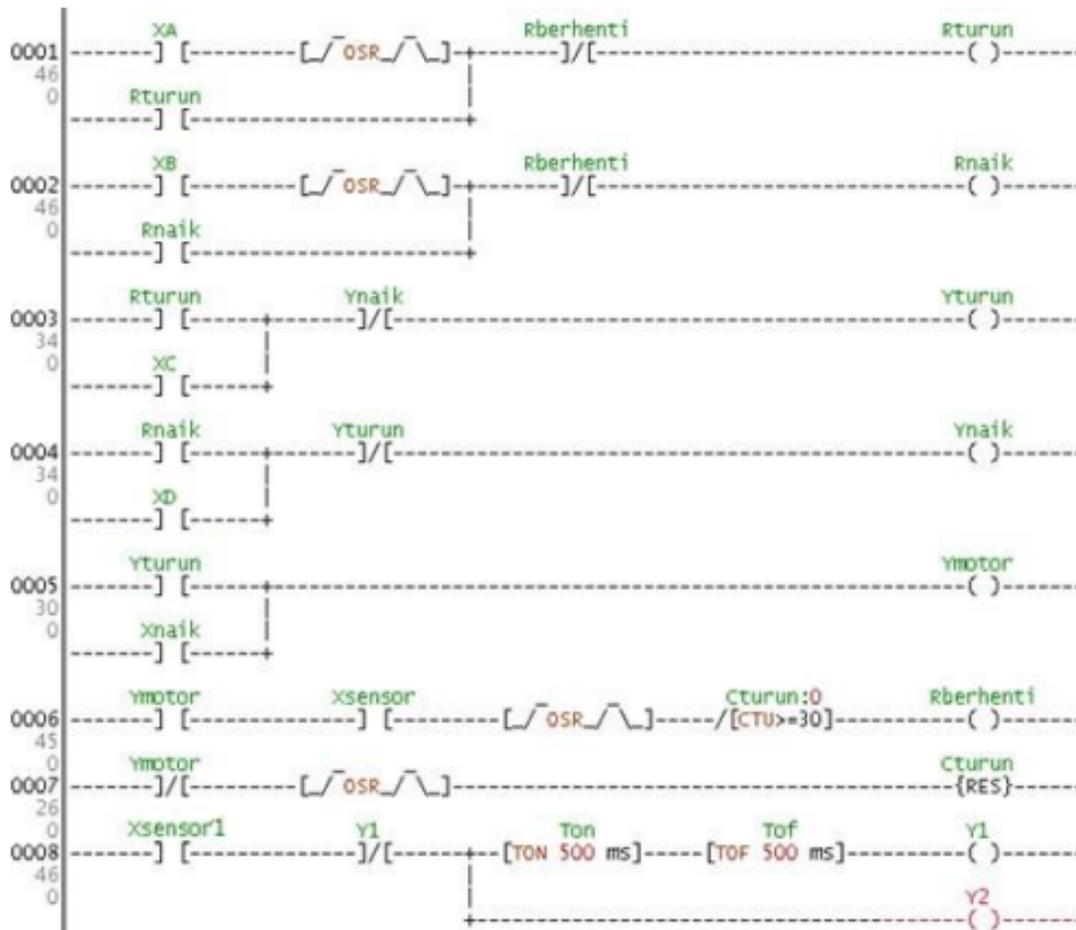


Gambar 4. Blok papan PCB yang telah dirakit



Gambar 5. Remote TX RF 433MHz sebagai pengendali palang pintu

Program diagram tangga yang dibuat di LDmicro terdiri dari 8 baris (*rung*) dan terhubung dengan 6 pin input dan 5 pin output seperti desain pada Tabel 1. Diagram tangga yang merupakan logika kerja dari sistem kendali dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram tangga yang diupload ke Arduino Pro Mini (ATMega328)

Prinsip kerja dari diagram tangga pada Gambar 6 akan dijelaskan dalam beberapa tahapan dan fungsi sebagai berikut:

- 1) Baris (*rung*) 1-5 berfungsi untuk mengendalikan nyala dan arah putaran motor. Saat salah satu tombol ditekan, maka tombol yang lainnya akan terkunci sehingga tidak berfungsi. Pengaturan tersebut dimaksudkan agar tidak terjadi kesalahan sistem saat salah tombol ditekan.
 - a) Saat tombol A pada remot ditekan, maka output berupa Ymotor dan Yturun akan aktif sehingga motor akan berputar ke kanan sebanyak 30 putaran dan mengakibatkan palang pintu akan bergerak turun secara otomatis.
 - b) Saat tombol B pada remot ditekan, maka output berupa Ymotor dan Ynaik akan aktif sehingga motor akan berputar ke kiri sebanyak 30 putaran dan mengakibatkan palang pintu akan bergerak naik secara otomatis.
 - c) Saat tombol C pada remot ditekan, maka output berupa Ymotor dan Yturun akan aktif hanya saat tombol C ditekan sehingga palang pintu akan bergerak turun secara manual.
 - d) Saat tombol D pada remot ditekan, maka output berupa Ymotor dan Ynaik akan aktif hanya saat tombol D ditekan sehingga palang pintu akan bergerak naik secara manual.
- 2) Baris (*rung*) 6-7 berfungsi untuk menghitung jumlah putaran motor. Motor yang digunakan terhubung dengan gear box rasio 120:1 sehingga dibutuhkan 30 putaran motor untuk menggerakkan palang pintu sebesar 90°. Saat Putaran motor sudah mencapai 30 putaran, maka motor akan dihentikan secara otomatis.
- 3) Baris (*rung*) 8 berfungsi untuk membunyikan sirine secara bergantian sebagai isyarat kepada petugas untuk memastikan apakah ada kereta api yang mendekat. Sirine juga digunakan sebagai peringatan kepada pengguna jalan saat palang pintu dalam proses menutup atau membuka.

Setelah perakitan sistem mekanik dan elektrik selesai dilakukan, selanjutnya adalah melakukan uji coba kinerja dari palang pintu kereta yang dibuat. Uji coba dilakukan dalam dua tahap, yaitu uji coba di bengkel dan uji coba di lapangan. Uji coba di bengkel dilakukan untuk menguji apakah sistem kontrol dapat bekerja sesuai dengan desain logika kerja yang telah dibuat, sedangkan uji coba yang dilakukan di lapangan untuk menguji coba jarak pengoperasian remot RF dan kemampuan sensor getar mendeteksi jarak kereta api yang mendekat. Uji coba dilaksanakan di perlintasan kereta api di Desa Sambigede, Kabupaten Malang. Pemasangan dan uji coba palang pintu di perlintasan kereta api dapat dilihat pada Gambar 7. Data hasil pengujian kinerja dari remot RF disajikan pada Tabel 2 dan data pengujian kinerja dari sensor getar disajikan pada Tabel 3.



Gambar 7. Pengujian palang pintu di persimpangan lintasan kereta api

Tabel 2. Percobaan uji kinerja remot RF

No.	Tombol yang Ditekan	Jarak Pengukuran (Meter)	Keterangan
1	A	30	Palang pintu bergerak turun dengan lancar
2	B	40	Palang pintu bergerak naik dengan lancar
3	A	50	Palang pintu bergerak turun dengan lancar
4	B	60	Palang pintu tidak bergerak

Tabel 3. Percobaan uji kinerja sensor getar

No.	Jarak Pengukuran (Meter)	Keterangan
1	500	Sirine tidak berbunyi
2	450	Sirine tidak berbunyi
3	400	Sirine tidak berbunyi
4	350	Sirine tidak berbunyi
5	300	Sirine berbunyi
6	250	Sirine berbunyi

4. Kesimpulan

Pengembangan palang pintu perlintasan kereta api dengan kendali remot dan sensor getar bertujuan untuk membantu petugas yang menjaga perlintasan kereta api secara swadaya agar lebih waspada dan mudah dalam mengatur lalu lintas. Berdasarkan hasil ujicoba lapangan yang dilakukan di persimpangan lintasan kereta api, didapatkan data kinerja yaitu jarak pengoperasian palang pintu menggunakan remot dapat dioperasikan dari jarak 50 meter, sirine akan mulai berbunyi saat kereta mendekati jarak 300 meter dari persimpangan, dan waktu yang dibutuhkan motor listrik untuk menggerakkan palang pintu dalam posisi menutup atau sebaliknya adalah rata-rata 3 detik. Berdasarkan data hasil uji coba, dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol palang pintu otomatis berbasis Arduino dengan LDmicro dapat bekerja secara efektif.

Daftar Rujukan

- Brama, A., Kurniawan, S.A., Djaohar, M., 2015. *PLC Berbasis Mikrokontroler ATmega 16 Sebagai Pengganti PLC Konvensional*. Jurnal Autocrazy, Vol.2 No.2, 83-92. DOI: 10.21009/autocrazy.02.2.4.
- Hidayati, Q., Rachman, F.Z., Yanti, N., 2017. *Desain Model dan Simulasi PLC-Mikrokontroler sebagai Modul Pembelajaran Berbasis PLC*. Jurnal Teknologi Rekayasa, Vol.2 No.2, 73-82.
- Martinus, J., 2020. *Kedisiplinan Rendah, Terjadi 198 Kecelakaan di Perlintasan Sebidang KA*. https://www.kai.id/information/full_news/4045-kedisiplinan-rendah-terjadi-198-kecelakaan-di-perlintasan-sebidang-ka. Diakses pada tanggal 15 Agustus 2022.
- Meriam, J.L., Kraige, L.G, 2020. *Engineering Mechanics "Dynamics" Seventh Edition*. US: John Wiley & Sons, Inc.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2009. *PP No. 72 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Kereta Api*. https://jdih.dephub.go.id/produk_hukum/view/VUZBZ1RrOHVOeklnVkvGsvzVNGdNakF3T1E9PQ==. Diakses pada tanggal 15 Agustus 2022.
- Rais, Hardjana, I.P., 2018. *Perancangan Robot Pemindah Barang Line Follower Berbasis Mikrokontroler PIC16F877*. Jurnal Smart Comp, Vol. 7 No. 2, 267-273.
- Sukardi, N.S., 2019. *Baja Ringan C 75 x 0,65 mm*. <https://www.topbaja.com/baja-ringan-c-75-x-065-mm/>. Diakses pada tanggal 15 Agustus 2022.
- Suyetno, A., Sudjono, I., Yoto, 2022. *Design A Data Logger to Record the Working Time of The Lathe in The Implementation of Preventive Maintenance*. AIP Conference Proceedings 2489 (1), 030010. <https://doi.org/10.1063/5.0094005>
- Undang-Undang Republik Indonesia, 2009. *UU No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. https://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/uu/uu_no.22_tahun_2009.pdf. Diakses pada tanggal 15 Agustus 2022.
- Undang-Undang Republik Indonesia, 2007. *UU No. 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian*. https://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/uu/uu_no_23_tahun_2007.pdf. Diakses pada tanggal 15 Agustus 2022.