RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN PALANG PINTU PERLINTASAN KERETA API OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR *PROXIMITY* INDUKTIF BERBASIS ATMEGA 328

Proposal Skripsi

diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Oleh

Ervan Pradipta Setiyawan

NIM.5301414058

PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2018

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama	: Ervan Pradipta Setiyawan
NIM	: 5301414058
Program Studi	: Pendidikan Teknik Elektro, S1
Judul	: Rancang Bangun Sistem Keamanan Palang Pintu Peerlintasan Kereta Api Otomatis Menggunakan Sensor *Proximity* Induktif Berbasis ATmega 328

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 6 Desember 2018

Dosen pembimbing

Dr. H Eko Supraptono M.Pd

NIP 196109021987021001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Rancang Bangun Sistem Keamanan Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Otomatis Menggunakan Sensor *Proximity* Induktif Berbasis ATmega328 telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada
tanggal bulan tahun

Oleh

Nama	: Ervan Pradipta Setiyawan
NIM	: 5301414058
Program Studi	: Pendidikan Teknik Elektro, S1

Panitia:

Ketua	Sekretaris
Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto S.T., M.T.	Drs. Agus Suryanto M.T.
NIP. 197805312005011002	NIP. 196708181992031004

Penguji 1	Penguji 2	Penguji 3/Pembimbing
Drs. Suryono M.T.	Drs. R. Kartono M.Pd.	Dr. H Eko Supraptono M.Pd
NIP. 195503161985031001	NIP. 195504211985031003	NIP. 196109021987021001

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Nur Qudus M.T

NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 6 Desember 2018

Yang membuat pernyataan,

Ervan Pradipta Setiyawan

NIM. 5301414058

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

- Hidup itu memerlukan masalah, karena dengan adanya masalah kita dapat mengasah kemampuan kita dalam menghadapi masalah, seperti halnya mengerjakan skripsi pasti akan menemui masalah dan kita diuji bagaimana cara kita memecahkan masalah.
- Hal yang paling penting adalah kita mengetahui diri sendiri, dengan mengetahuinya kita tahu cara terbaik menjalankan hidup.

PERSEMBAHAN :

1. Untuk seluruh keluarga, Bapak Suhartanto Ibu Rubiah dan adik kecil Naufal Ahmad A. yang selalu mendoakanku dan mendukungku dengan penuh keikhlasan dan semangat.
2. Untuk Darin Fadhilah Adyka Putri wanita terbaik yang mendukung setiap proses dalam meniti karir.
3. Untuk Dosen Pembimbing terbaik yang selalu menyempatkan waktu dan membimbing dengan sepenuh hati Dr. H Eko Supraptono M.Pd
4. Sahabatku kontrakan seperjuangan yang selalu mendukung setiap langkah sahabatnya dan memberikan semangat serta saran.
5. Untuk teman teman seperjuangan Pendidikan Teknik Elektro 2014.

ABSTRAK

Ervan Pradipta Setiyawan. 2018. **Rancang Bangun Sistem Keamanan Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Otomatis Menggunakan Sensor Proximity Induktif Berbasis ATmega328.** Pembimbing Dr. H Eko Supraptono M.Pd Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Kata Kunci : palang pintu kereta, sensor *proximity* induktif, arduino uno.

Palang pintu kereta api merupakan pengaman yang digunakan untuk mengamankan perjalanan kereta api yang melintas. Seringkali kecelakaan terjadi pada titik perpotongan kereta api, dikarenakan kelalaian petugas maupun etika buruk dari pengguna transportasi darat lainnya. Oleh karena itu dibutuhkan palang pintu kereta api otomatis sebagai sistem keamanan pada palang pintu kereta api.

Palang pintu kereta api otomatis dibuat menggunakan satu paket tiruan kereta api sebagai bentuk prototipe, mikrokontroler ATmega328, sensor *proximity* induktif, dan motor servo DC. Hasil dari alat ini berupa prototipe palang pintu kereta api dengan sistem buka tutup palang pintu dengan mendeteksi kereta api dari dua arah dan pengukuran kecepatan kereta api. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimen, untuk mengetahui hasil deteksi kereta api dilakukan dengan teknik observasi, sedangkan pada pengukuran kecepatan kereta yang diperoleh dari sistem akan dibandingkan dengan pengukuran kecepatan secara manual.

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan prototipe palang pintu kereta api otomatis dapat mendeteksi keberadaan kereta api logam yang melintas dari dua arah. Sistem dapat bekerja sesuai sistem keamanan yang telah diprogram serta dapat menampilkan pengukuran kecepatan kereta api, namun terdapat selisih pengukuran kecepatan sistem otomatis terhadap pengukuran kecepatan sistem manual yang dilakukan peneliti, selisih rata rata sebanyak 0,713 cm/s. Selisih tersebut dikarenakan pada pengujian secara teori pengambilan data waktu secara manual dengan menggunakan stopwatch berbeda dengan waktu yang diperoleh oleh sistem.

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul " Rancang Bangun Sistem Keamanan Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Otomatis Menggunakan Sensor *Proximity* Induktif Berbasis ATmega328" Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat Nya di yaumil akhir nanti, Amin.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T, selaku Dekan Fakultas Dekan Teknik, dan Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Dr. H Eko Supraptono M.Pd selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.
4. Para Dosen Penguji yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pernyataan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis.
5. Semua dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
6. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Skripsi/TA ini dapat bermanfaat untuk perkembangan teknologi.

Semarang, 6 Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
PERSETUJUAN PEMBIMBING ii
PENGESAHAN iii
PERNYATAAN KEASLIAN iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN v
ABSTRAK vi
PRAKATA vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Identifikasi Masalah 6
1.3. Batasan Masalah 7
1.4. Rumusan Masalah 8
1.5. Tujuan 8
1.6. Manfaat 8
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI 9
2.1. Kajian Pustaka 9
2.2. Landasan Teori 11
2.2.1. Mikrokontroler 11
2.2.2. Mikrokontroler ATmega 328 12
2.2.3. Arduino Uno 15
2.2.4. Sensor *Proximity* Induktif 17
2.2.5. Motor servo DC 19
2.2.6. LCD (*Liquid Crystal Display*) 21
2.2.7. Buzzer 22
BAB III METODE PENELITIAN 25

3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan 25
3.2. Metode dan Desain Penelitian 25
Metode Penelitian 25
3.2.1. Prosedur penelitian 26
3.2.2. Flowchart 29
3.2.3. Perancangan Desain Rancang Bangun 31
3.2.4. Skema Rangkaian 33
3.3. Alat dan Bahan Penelitian 36
3.4. Parameter Penelitian 39
3.5. Teknik Pengumpulan Data 40
3.6. Kalibrasi Instrumen 45
3.7. Teknik Analisis Data 45
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 46
4.1. Hasil Penelitian 46
4.1.1. Rancang Bangun Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Otomatis 46
4.1.2. Hasil Uji Fungsional Sensor *Proximity* Induktif 54
4.1.3. Hasil Uji Fungsional Kecepatan dan Pengukuran Kecepatan Kereta Api 56
4.2. Pembahasan Hasil Penelitian 58
1. Rancang Bangun Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Otomatis 58
a. Sistem Manual 58
b. Sistem Otomatis 59
c. Jarak Sensor Dengan Palang Pintu Perlintasan Kereta Api. 61
2. Uji Fungsional Sensor *Proximity* Induktif 64
3. Uji Fungsional Kecepatan dan Pengukuran Kecepatan Kereta Api 65
4.3. Perbandingan Penelitian Terdahulu 67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 71
5.1. Kesimpulan 71
5.2. Saran 72
DAFTAR PUSTAKA 73
LAMPIRAN **76**

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Daftar Perlintasan Sebidang di Pulau Jawa 2
Tabel 1.2. Data Kecelakaan Lalu Lintas Perlintasan Kereta Api Sebidang..... 3
Tabel 2.1. Spesifikasi Arduino Uno 16
Tabel 2.2. Fungsi Pin Pada LCD 21
Tabel 3.1. Jadwal Penelitian 25
Tabel 3.2. Bahan Yang Digunakan..... 388
Tabel 3.3. Uji Sistem Kerja Rancang Bangun Secara Manual 411
Tabel 3.4. Uji Sistem Kerja Rancang Bangun Secara Otomatis..... 422
Tabel 3.5. Uji Fungsional Sensor Proximity Induktif..... 433
Tabel 3.6. Uji Fungsional Pengukuran Kecepatan Kereta Api 444
Tabel 4.1. Hasil Uji Sistem Kerja Rancang Bangun Secara Manual 511
Tabel 4.2. Hasil Uji Sistem Kerja Rancang Bangun Secara Otomatis..... 533
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Sensor Proximity Induktif 555
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Kecepatan dan Pengukuran Kecepatan Kereta Api..... 577
Tabel 4.5. Perbandingan Penelitian Terdahulu 688

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mikrokontroler ATmega 8535 (a) dan ATmega 128 (b) 12
Gambar 2.2. Architecture ATmega 328 14
Gambar 2.3. Arduino Uno 16
Gambar 2.4. Contoh Aplikasi Sensor Proximity 17
Gambar 2.5. Sensor Proximity Induktif 18
Gambar 2.6. Cara Deteksi Sensor Proximity Induktif 18
Gambar 2.7. Model Fisik Motor Servo 19
Gambar 2.8. Cara Pengontrolan Motor Servo 20
Gambar 2.9. Bentuk Fisik LCD 16 x 2 22
Gambar 2.10. Bentuk Fisik Buzzer 23
Gambar 3.1. Diagram Prosedur Penelitian 27
Gambar 3.2. Flowchart Sistem Kerja Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Otomatis 30
Gambar 3.3. Desain Rancang Bangun Palang Pintu Kereta Api Otomatis 31
Gambar 3.4. Desain Penempatan Sensor 32
Gambar 3.5. Desain Palang Pintu Kereta Api 33
Gambar 3.6. Rangkaian Konfigurasi Pin Arduino Uno 34
Gambar 3.7. Rangkaian Kontrol Kecepatan Kereta Api 35
Gambar 4.1. Hasil Prototipe Palang Pintu Otomatis 466
Gambar 4.2. Grafik Perbedaan Pengukuran Kecepatan Secara Manual dan Sistem . 577
Gambar 4.3. Konfigurasi Rangkaian Pin Arduino dengan Tombol Manual 588
Gambar 4.4. Konfigurasi Rangkaian Pin Arduino dengan Sensor Proximity Induktif600

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di era modern sekarang ini teknologi semakin berkembang dengan cepat, telah banyak teknologi yang diciptakan dan ditemukan seiiring berkembangnya jaman. Dari teknologi yang telah diciptakan hingga teknologi baru diciptakan yang dapat saling bergabung dan menghasilkan teknologi yang lebih canggih untuk mempermudah kebutuhan manusia. Seperti halnya dalam transportasi terkhusus transportasi darat yaitu kereta api, kereta api adalah tranpostasi rel yang terdiri dari serangkaian gerbong yang ditarik sepanjang jalur kereta api untuk mengangkut penumpang maupun barang. Kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api (UU Republik Indonesia Nomor 23 tahun 2007 tentang Perkeretaapian pasal 1 ayat 2). Kereta Api tergolong sebagai transportasi darat yang efisien, karena dapat mengangkut penumpang dan barang lebih banyak dan cepat dibandingkan dengan transportasi darat lainnya.

Kereta api adalah transportasi darat yang sangat berpengaruh dimasa depan, karena kereta api merupakan salah satu transportasi darat yang sering digunakan oleh masyarakat. Menurut data dari Badan Pusat Statistik wilayah pulau Jawa terhitung sejumlah 29.328 penumpang pada bulan Desember 2015 dan mengalami kenaikan

pada setiap tahunnya, terhitung pada bulan November 2017 penumpang kereta api mencapai 33.798 penumpang (bps.go.id).

Kereta api dapat mengantarkan barang maupun penumpang ketempat tujuan dengan cepat dikarenakan kereta api memiliki jalur kereta api tersendiri sehingga dalam melakukan perjalanan kecepatan kereta memiliki kestabilan dalam melaju. Dalam perjalanan kereta api sering kali menemukan titik perpotongan jalan antara jalur rel kereta api dengan jalan raya atau biasa disebut dengan perlintasan kereta api sebidang, perlintasan kereta api sebidang yaitu apabila jalur kereta api berpotongan dengan jalan raya (Peraturan Direktur Jendral Perhubungan Darat SK.770/KA.401/DRJD/2005). Berikut adalah data perlintasan sebidang kereta api di pulau jawa.

Tabel 1.1. Daftar Perlintasan Sebidang di Pulau Jawa

No.	Perlintasan Sebidang	Jumlah
1.	Perlintasan Dijaga	969
2.	Perlintasan Tidak dijaga	2923
3.	Perlintasan Liar	410
Total		4302

Sumber : dephub.go.id

Dengan Banyaknya perlintasan sebidang di pulau Jawa begitu pula banyaknya perlintasan tidak dijaga dan perlintasan liar menjadikan hal tersebut menjadi faktor utama kecelakaan kereta api pada perlintasan jalur sebidang. Dari Data kecelakaan lalu lintas perlintasan kereta api sebidang di Wilkum Jajaran Dit Lantas Polda Metro

jaya tahun 2017 menyatakan perbandingan jumlah kejadian kecelakaan perlintasan kereta api sebidang pada tahun 2015 dengan 2016 seperti yang ditunjukan pada tabel 1.2.

Tabel 1.2. Data Kecelakaan Lalu Lintas Perlintasan Kereta Api Sebidang

URAIAN	PERBANDINGAN DATA LAKA LANTAS		
	TA. 2015	TA. 2016	%
JUMLAH KEJADIAN	28	20	-29%
KORBAN MENINGGAL DUNIA	18	9	-50%
KORBAN LUKA BERAT	10	5	-50%
KORBAN LUKA RINGAN	16	6	-63%
JUMLAH TOTAL KORBAN (MD, LB, LK)	44	20	-55%
BENDA	40	22	-45%
KERUGIAN MATERIIL	212.610.000	49.450.000	-77%

Sumber kumparan.com

Banyaknya kecelakaan yang sering terjadi pada perlintasan kereta api sebidang maka perlu diciptakannya palang pintu kereta api, adanya palang pintu perlintasan kereta api tentu saja sangat bermanfaat bagi para pengguna transportasi darat lainnya, yaitu untuk memberikan peringatan bagi pengguna transportasi darat lainnya bahwa akan ada kereta api yang akan melintas, Sehingga pengguna transportasi darat lainnya dapat berhenti sejenak untuk memberikan kesempatan kereta api untuk berjalan terlebih dahulu sebagaimana telah di tetapkan dalam (Undang – Undang Republik Indonesia No. 72 tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Kereta Api).

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa kecelakaan yang terjadi di perlintasan kereta api sering terjadi dari tahun ke tahun, kecelakaan perlintasan kereta api terjadi dikarenakan oleh beberapa faktor yaitu meliputi :

1. Petugas penjaga perlintasan kereta api tidak menutup palang pintu kereta api karena kelalaian petugas saat menjaga perlintasan yang mengakibatkan palang pintu tetap terbuka dan didapati kendaraan jalan raya tetap melintas ketika kereta api melintas.
2. Bharti S. Dhande (2017) dalam penelitiannya tentang Pengontrol Persimpangan Tanpa awak dan sistem deteksi keretakan rel kereta api menyatakan kesalahan manual yang dilakukan petugas jaga perlintasan dalam keterlambatan buka atau tutup palang pintu perlintasan kereta api dapat menyebabkan kecelakaan kereta api.
3. Etika buruk dari masyarakat yang menerobos palang pintu perlintasan kereta api pertanda kereta api akan melintas.

Dari itu maka palang pintu perlintasan kereta api perlu dikembangkan lebih lanjut agar palang pintu bisa bekerja dan memberikan peringatan kepada pengguna jalan lain secara otomatis tanpa dikendalikan oleh manusia (penjaga perlintasan kereta api), dari masalah tersebut banyak penelitian yang telah dilakukan untuk membuat palang pintu perlintasan kereta api otomatis, palang pintu perlintasan otomatis bukan hanya untuk menggantikan kerja manusia sebagai penjaga perlintasan, tapi untuk mengurangi biaya yang harus dikeluarkan kepada penjaga pintu perlintasan. Palang pintu perlintasan kereta api otomatis juga diutamakan untuk

menjaga perlintasan kereta api yang tanpa pos penjagaan. penelitian tentang palang pintu perlintasan kereta api otomatis yang sering digunakan yaitu palang pintu kereta api dengan pendeteksian menggunakan sensor inframerah (Sarnia dan Yusnita, 2015), (Kumar et al., 2017), (Krishnamurthi et al., 2015), (More et al., 2015), (Pangestu., 2017:282-291). Pendeteksian menggunakan sensor ultrasonik juga pernah dilakukan (Firdaus, 2016) dan sensor optocoupler (Santoso et al., 2013), (Banuchandar et al., 2012). Selanjutnya dengan metode pengenalan bentuk dengan mengunakan *motion detection* (Fayyadh et al., 2015) hasil dari deteksi sensor inframerah dan ultrasonik sangat sensitif jadi belum optimal dalam mendeteksi kereta api. Sedangkan hasil dari deteksi menggunakan *motion detection* tidak optimal karena hasil dari penelitian tersebut terpengaruh oleh keadaan cahaya pagi, siang, sore, dan malam.

Dari beberapa penelitian terdahulu mengenai palang pintu kereta api otomatis, ditemukan kekurangan pada perangkat yaitu berupa pendeteksian sensor sangat sensitif terhadap benda yang melintas, maka dibutuhkan sensor yang dapat mendeteksi kereta secara spesifik yaitu logam maupun besi untuk mendeteksi kereta api, karena sebagian besar gerbong kereta api terbuat dari logam maupun besi, dengan itu dibutuhkan sebuah sensor yang dapat mendeteksi logam maupun besi, di penelitian ini akan menggunakan sensor *proximity* induktif sebagai pendeteksian utama yang akan mendeteksi keberadaan kereta api. Menurut Miftahu Soleh (2013:260) sensor *proximity* induktif menggabungkan kumparan elektromagnet yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek logam konduktif. Sensor akan mengabaikan keberadaan objek yang bukan logam. Sensor induktif digunakan untuk

mendeteksi logam dan grafit. Sensor digunakan, antara lain, untuk kecepatan pemantauan dan kecepatan pengukuran, sensing posisi akhir dan keran-pulsa putaran mesin.

Selanjutnya dari semua perumusan yang telah dibahas, penulis akan melakukan penelitian dengan judul " **Rancang Bangun Sistem Keamanan Palang Pintu Perlintasan Kereta api Otomatis Menggunakan Sensor *Proximity* Induktif Berbasis Atmega328"** dari judul tersebut penulis akan melakukan penelitian menggunakan sensor *proximity* induktif sebagai pendeteksian utama pada penelitian ini. Menggunakan sensor *proximity* induktif sebelumnya telah digunakan pada penelitian terdahulu. Penelitian tentang pendeteksi logam menggunakan sensor *proximity* induktif sebelumnya telah diteliti oleh (Elfi Susilawati : 2017) pembuatan alat ukur kecepeatan putar gear menggunakan sensor *proximity* induktif dan mikrokontroler arduino uno. Membahas tentang pendeteksi gear menggunakan sensor *proximity* induktif. (Prengky L.E et al : 2017) Rancang bangun alat pemilah sampah cerdas otomatis. Dari judul yang dibuat oleh penulis diharapkan dapat mendeteksi kereta api lebih spesifik.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikaji diatas maka dapat dirumuskan identifikasi masalah sebagai berikut :

1. Banyaknya angka kecelakaan pada palang pintu perlintasan kereta api sebidang.
2. Kelalaian petugas dalam menjaga palang pintu perlintasan kereta api.

3. Etika buruk dari masyarakat yang menerobos palang pintu perlintasan kereta api pertanda kereta api akan melintas.
4. Pada penelitian terdahulu sensor yang digunakan belum bisa mendeteksi kereta api secara spesifik.

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, perlu adanya batasan masalah sehingga ruang lingkup masalah menjadi lebih jelas. Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Rancang bangun yang akan dibuat menggunakan kereta api tiruan.
2. Alat pada penelitian ini menggunakan Atmega328 yaitu Arduino Uno sebagai pusat kontrol pengendali sistem.
3. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor *proximity* induktif.
4. Pada rancang bangun menggunakan satu palang digerakan oleh motor servo 180’
5. Logam yang digunakan hanya satu jenis.
6. Jarak deteksi sensor dalam pengujian sensor *proximity* induktif ditentukan pada jarak 1 mm – 2 mm – 3 mm – 4 mm – 5 mm – 6 mm – 7 mm – 8 mm – 9 mm – 10 mm.
7. Hambatan dalam pengujian kecepatan kereta api menggunakan potensiometer 10 KΩ.

1.4. Rumusan Masalah

Dari identifikasi masalah yang ada, maka dapat ditarik beberapa rumusan masalah, yaitu :

1. Bagaimana desain prototipe rancang bangun sistem keamanan palang pintu kereta api otomatis berbasis ATmega328 menggunakan sensor *proximity* induktif dengan sistem deteksi kereta api dua arah?
2. Bagaimana hasil prototipe rancang bangun sistem keamanan palang pintu kereta api otomatis berbasis ATmega328 menggunakan sensor *proximity* induktif dengan sistem deteksi kereta api dua arah?

1.5. Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Menjelaskan desain dari rancang bangun sistem keamanan palang pintu perlintasan kereta api secara manual.
2. Menjelaskan desain dari rancang bangun sistem keamanan palang pintu perlintasan kereta api secara otomatis menggunakan sensor *proximity* induktif.

1.6. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi ilmu pengetahuan teknologi dan masyarakat umum antara lain :

1. Sebagai wujud perkembangan teknologi pada bidang kontrol.
2. Ditemukannya alat ini diharapkan bisa dijadikan sebagai inovasi dan teknologi di palang pintu perlintasan kereta api.
3. Sebagai wujud kontribusi mahasiswa teknik elektro terhadap transportasi

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Pada Bab ini akan dijelaskan tentang Kajian Pustaka dan Landasan teori, antara lain : Mikrokontroler, ATmega 328, arduino uno, sensor, sensor *proximity*, motor servo, LCD (liquid crystal display), buzzer.

2.1. Kajian Pustaka

Palang pintu perlintasan kereta api otomatis merupakan sebuah teknologi yang digunakan untuk meningkatkan keamanan pada perlintasan kereta api sebidang, palang pintu perlintasan kereta api otomatis dikatakan otomatis berarti palang pintu dapat melaksanakan tugas pokoknya yaitu membuka dan menutup palang pintu dengan sendirinya sesuai dengan keberaadaan kereta api yang akan melintas tanpa bantuan manusia atau operator. Banyak sistem keamanan palang pintu perlintasan kereta api diusulkan dengan tujuan mendapatkan hasil sistem terbaik. Salah satu sistem keamanan palang pintu perlintasan kereta api otomatis yang sering digunakan yaitu pendeteksian menggunakan sensor inframerah (Sarnia dan Yusnita, 2015), (Kumar *et al*., 2017), (Krishnamurthi *et al*., 2015), (More *et al*., 2015), (Pangestu *et al*., 2017:282-291) hasil dari deteksi sensor inframerah sangat sensitif jadi belum optimal dalam mendeteksi kereta api. Pendeteksian menggunakan sensor ultrasonik juga pernah dilakukan (Firdaus dan Baskoro, 2016) dan sensor optocoupler (Santoso *et al*., 2013), (Banuchandar *et al*., 2012) namun hasil dari deteksi sensor ultrasonik sangat sensitif dan belum optimal dalam mendeteksi kereta api. Selanjutnya dengan

metode pengenalan bentuk dengan mengunakan *motion detection* (Fayyadh *et al*., 2015) hasil dari deteksi menggunakan *motion detection* tidak optimal karena hasil dari penelitian tersebut terpengaruh oleh keadaan cahaya pagi, siang, sore, dan malam.

Dari penelitian yang pernah dilaksanakan diatas, terdapat beberapa kekurangan dari penelitian tersebut yang menggunakan sensor infrared, sensor ultrasonik, dan sensor optocoupler dan *motion detection* memiliki kekurangan tersendiri yaitu dalam mendeteksi objek kereta api sangat sensitif, maka dibutuhkan sensor yang dapat mendeteksi kereta secara spesifik yaitu logam maupun besi untuk mendeteksi kereta api, karena sebagian besar gerbong kereta api terbuat dari logam maupun besi, dengan itu dibutuhkan sebuah sensor yang dapat mendeteksi logam maupun besi, disini peneliti akan menggunakan sensor *proximity* induktif. Menurut Miftahu Soleh (2013:260) sensor *proximity* induktif menggabungkan kumparan elektromagnet yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek logam konduktif. Sensor akan mengabaikan keberadaan objek yang bukan logam. Sensor induktif digunakan untuk mendeteksi logam dan grafit. Sensor digunakan, antara lain, untuk kecepatan pemantauan dan kecepatan pengukuran, sensing posisi akhir dan keran-pulsa putaran mesin.

Menggunakan sensor *proximity* induktif sebelumnya telah digunakan pada penelitian terdahulu. Penelitian tentang pendeteksi logam menggunakan sensor *proximity* induktif sebelumnya telah diteliti oleh (Elfi Susilawati : 2017) pembuatan alat ukur kecepeatan putar gear menggunakan sensor *proximity* induktif dan

mikrokontroler arduino uno. Membahas tentang pendeteksi gear menggunakan sensor *proximity* induktif. (Prengky L.E at all : 2017) Rancang bangun alat pemilah sampah cerdas otomatis. Dari hal – hal yang telah disebutkan diatas maka penulis akan melaksanakan penelitian dengan menggunakan mikrokontroler arduino uno sebagai pusat kontrol, sensor *proximity* induktif sebagai pendeteksian utama pada penelitian ini, motor servo DC sebagai penggerak palang pintu, LCD sebagai informasi keberadaan kereta api, dan buzzer sebagai alarm peringatan kereta yang akan melintas. Diharapkan penelitian yang dibuat oleh penulis dapat mendeteksi kereta api lebih spesifik dan memiliki sistem keamanan terbaik.

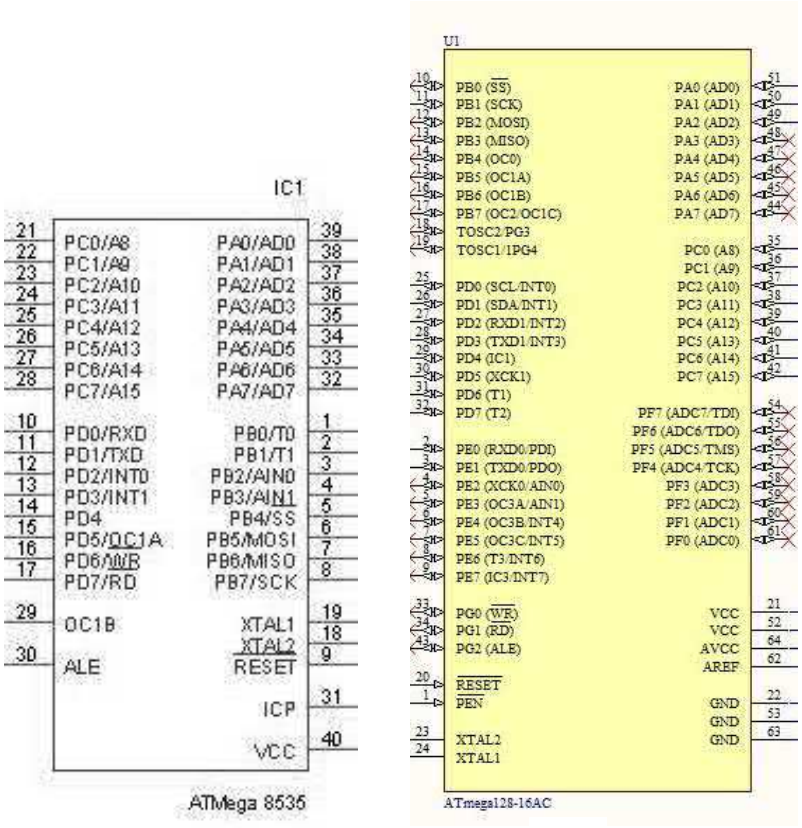
2.2. Landasan Teori

2.2.1. Mikrokontroler

Pemrograman mikrokontroler merupakan dasar dari prinsip pengontrolan kerja robot. Orientasi penerapan mikrokontroler adalah mengendalikan suatu sistem berdasarkan informasi input yang diterima, lalu diproses oleh mikrokontroler, dan dilakukan aksi pada bagian output sesuai program yang telah ditentukan sebelumnya. Mikrokontroler merupakan pengontrol utama perangkat elektronika saat ini, termasuk robot tentunya, mikrokontroler yang terkenal dan mudah didapatkan di indonesia adalah 89S51, AVR Atmega 8535, Atmega16, Atmega32, dan Atmega128. Beberapa merek lain yang terkenal misalnya PIC 16F877, Arduino, dan Basic Stamp 2.

Mikrokontroler memiliki beberapa port yang dapat digunakan sebagai I/O (input/output). Gambar dibawah merupakan susunan kaki standar 40 pin DIP mikrokontroler AVR Atmega 8535. Sedangkan ATmega 128 memiliki kemampuan

yang lebih besar, yaitu 128 KB ISP Flash Memory 4K EEPROM, 4K internal SRAM dan memiliki 5 port I/O (Dr. Widodo Budiharto, 2013 : 91-92)



(a) (b)

Gambar 2.1. Mikrokontroler ATmega 8535 (a) dan ATmega 128 (b)

2.2.2. Mikrokontroler ATmega 328

ATmega 328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (Reduce Instruction Set Computer) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (completed Instruction Set Computer). Mikrokontroller ini memiliki beberapa fitur antara lain :

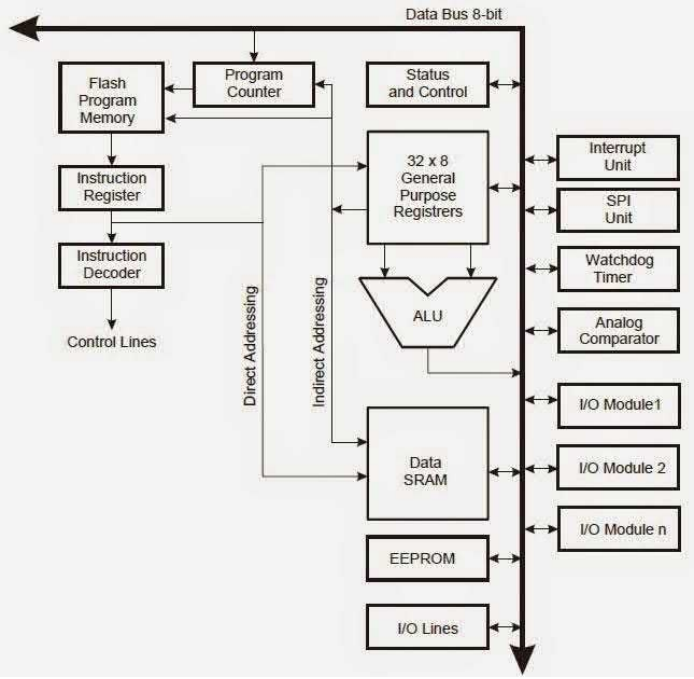
1. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus clock.
2. 32 x 8-bit register serba guna.
3. Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan clock 16 MHz.
4. 32 KB Flash memory dan pada arduino memiliki bootloader yang menggunakan 2 KB dari flash memori sebagai bootloader.
5. Memiliki EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanent karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
6. Memiliki SRAM (Static Random Access Memory) sebesar 2KB.
7. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM (Pulse Width Modulation) output.
8. Master / Slave SPI Serial interface.

Mikrokontroller ATmega 328 memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan parallelism. instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program.

Konsep inilah yang memungkinkan instruksi – instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus clock. 32 x 8-bit register serba guna digunakan untuk mendukung operasi pada ALU (Arithmatic Logic unit) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. 6 dari register serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah register pointer 16-bit

pada mode pengalamatan tidak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data. Ketiga register pointer 16-bit ini disebut dengan register X (gabungan R26 dan R27), register Y (gabungan R28 dan R29), dan register Z (gabungan R30 dan R31). Hampir semua instruksi AVR memiliki format 16-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit.

Selain register serba guna di atas, terdapat register lain yang terpetakan dengan teknik memory mapped I/O selebar 64 byte. Beberapa register ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai register control Timer/ Counter, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi I/O lainnya. Register – register ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh. (Suyatno et al : 2017)



Gambar 2.2. *Architecture* ATmega 328

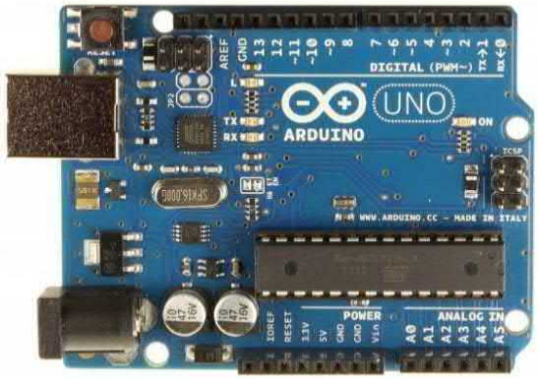
2.2.3. Arduino Uno

Arduino Uno adalah arduino board yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah header ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Hanya dengan menhubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat membuanya bekerja. Arduino Uno menggunakan ATmega16U2 yang diprogram sebagai USB-to-serial converter untuk komunikasi serial ke computer melalui port USB.

Board Arduino Uno memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut :

1. pinout : menambahkan SDA dan SCL pin yang deket ke pin aref dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat ke pin RESET, dengan I/O REF yang memungkinkan sebagai buffer untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari board sistem. Pengembangannya, sistem akan lebih kompatibel dengan prosesor yang menggunakan AVR, yang beroperasi dengan 5V dan dengan Arduino karena beroperasi dengan 3,3V. Yang kedua adalah pin yang tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan pengembangannya.
2. Sirkuit reset

3. ATmega 16U2 ganti 8U yang digunakan sebagai konverter USB-to-serial (Suyatno et al : 2017).



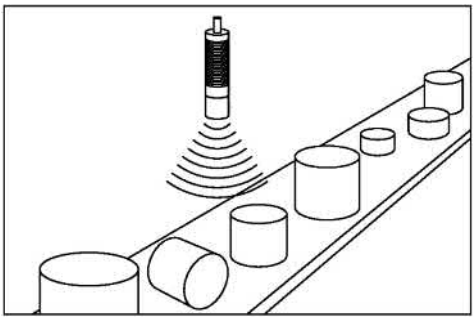
Gambar 2.3. Arduino Uno

Tabel 2.1. Spesifikasi Arduino Uno

Ringkasan Spesifikasi	
Mikrokontroler	ATmega 328
Tegangan Operasi	5 Volt
Input Voltage (disarankan)	7 - 12 Volt
Input Voltage (batas akhir)	6 - 20 Volt
Digital I/O Pin	14 (6 pin sebagai output PWM)
Analog Input Pin	6
Arus DC per pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3 V	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega 328) 0,5 KB untuk Bootloader
SRAM	2 KB (ATmega 328)
EEPROM	1 KB (ATmega 328)
Clock Speed	16 MHz

2.2.4. Sensor *Proximity* Induktif

Sensor *proximity* beroperasi tanpa kontak mekanik. Aplikasi dibawah ini adalah contoh penggunaan sensor proksimiti untuk menentukan jika ada botol di posisi kanan konveyor.



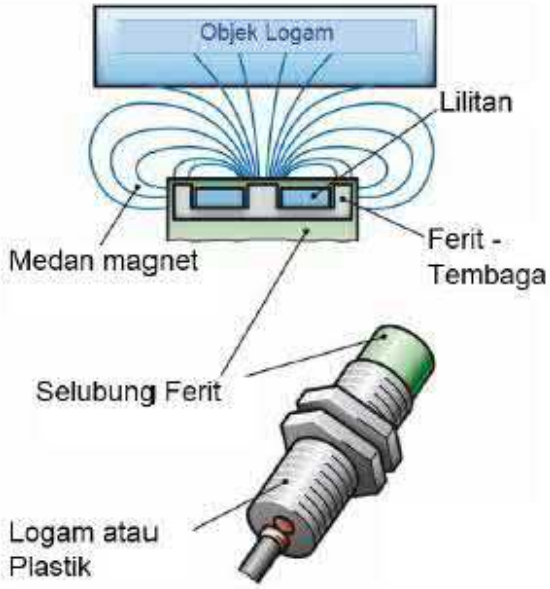
Gambar 2.4. Contoh Aplikasi Sensor *Proximity*

Ada beberapa jenis sensor *proximity*: induktif, kapasitif, dan ultrasonik. Disamping itu ada reedswitch (sensor induktif-magnet), yang termasuk dalam kategori sensor induktif khusus, dan ada sensor photo-elektrik. Sensor proksimiti induktif menggunakan medan elektromagnet untuk mendeteksi keberadaan objek logam. Sensor proksimiti kapasitif menggunakan medan elektrostatik untuk mendeteksi keberadaan objek apapun. Sensor proksimiti ultrasonik menggunakan gelombang suara untuk mendeteksi keberadaan objek Sensor proksimiti reedswitch menggunakan medan magnet untuk mengaktifkan bulu-bulu kontak di dalam sensor.

Sensor proksimiti induktif tersedia dalam berbagai macam ukuran dan konfigurasi untuk memenuhi berbagai macam aplikasi. Sensor tertentu dapat dijelaskan lebih detail pada bagian berikut.

Gambar 2.5. Sensor *Proximity* Induktif

Sensor menggabungkan kumparan elektromagnet yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek logam konduktif. Sensor akan mengabaikan keberadaan objek yang bukan dari logam. Sensor induktif adalah saklar elektronik non-kontak. Sensor induktif digunakan untuk mendeteksi logam dan grafit. Sensor digunakan, antara lain, untuk kecepatan pemantauan dan kecepatan pengukuran, sensing posisi akhir dan keran-pulsa putaran mesin.



Gambar 2.6. Cara Deteksi Sensor *Proximity* Induktif

Tegangan operasi Sensor *proximity* induktif meliputi model-model AC, DC, dan AC/DC (tegangan universal). Daerah tegangan operasi dasar adalah dari 10 sampai 30 VDC, 15 sampai 34 VDC, 10 sampai 65 VDC, 20 sampai 320 VDC, dan 20 sampai 265 VAC (Miftahu, 2013:258-261). Pada penelitian ini sensor proximity induktif yang digunakan adalah sensor proximity induktif LJ12A3-4-Z/BX, pada sensor tersebut memiliki 3 kabel yaitu VCC, Ground, dan Signal. Sensor memiliki tegangan kerja 6-36 VDC, jarak deteksi sensor adalah 4mm.

2.2.5. Motor servo DC

Motor DC sering disebut “motor servo”. Dalam realitanya. Berbeda dengan motor DC. Motor servo merupakan motor DC yang mempunyai kualitas tinggi. Motor ini sudah dilengkapi dengan sistem kontrol. Pada aplikasinya, motor servo sering digunakan sebagai kontrol loop tertutup, sehingga dapat menangani perubahan posisi secara tepat dan akurat begitu juga dengan pengaturan kecepatan dan percepatan.

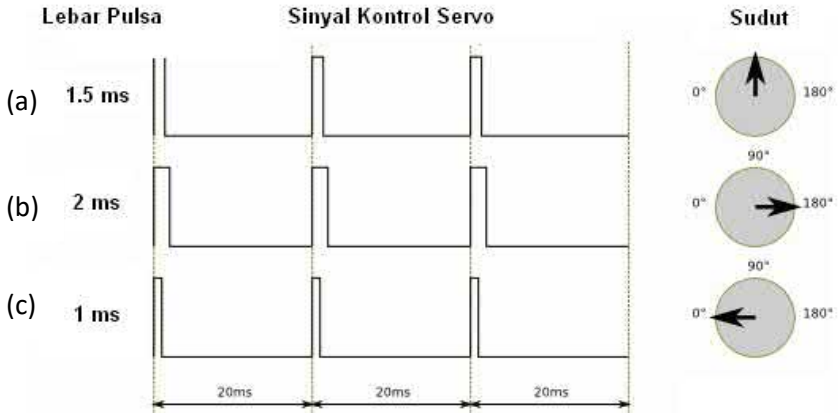
Gambar 2.7. Model Fisik Motor Servo

Bentuk fisik dari motor servo dapat dilihat pada gambar. sistem pengkabelan motor servo terdiri dari 3 bagian, yaitu Vcc, Gnd, dan Kontrol (PWM). Penggunaan

PWM pada motor DC. Pada motor servo, pemberian nilai PWM akan membuat motor servo begerak pada posisi tertentu lalu berhenti (kontrol posisi).

Pengaturan dapat menggunakan delay pada setiap perpindahan dari posisi awal menuju posisi akhir. Motor servo dibedakan menjadi 2, yaitu continuous servo motor dan unconituous servo motor. Pada continuous motor, motor servo dapat berputar penuh 360’ sehingga memungkinkan untuk bergerak rotasi.

Prinsip utama pada pengontrolan motor servo adalah pemberian nilai PWM pada kontrolannya. Perubahan duty cycle akan menentukan perubahan posisi dari motor servo. Supaya lebih jelas, perhatikan gambar diatas. Frekuensi PWM yang digunakan pada pengontrolan motor servo selalu mempunyai frekuensi 50 Hz sehingga pulsa yang dihasilkan setiap 20 ms. Lebar pulsa menentukan posisi servo yang dikehendaki. Sebagai contoh lebar 0.7 ms akan memutar disk ke posisi paling kiri (-120’) seperti pada gambar 2.7 (a) dan lebar 1.7 ms akan merotasi disk ke posisi paling kanan (120’) seperti gambar (b) (Dr. Widodo Budiharto, 2013 : 81-82).



Gambar 2.8. Cara Pengontrolan Motor Servo

2.2.6. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD adalah sebuah display dot matrix yang difungsikan untuk menampilkan tulisan berupa angka atau huruf sesuai dengan yang diinginkan (sesuai dengan program yang digunakan untuk mengontrolnya). LCD dot matrix dengan karakter 2 x 16, sehingga kaki-kakinya berjumlah 16 pin.

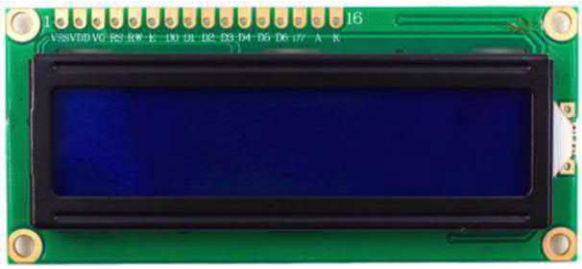
LCD sebagaimana output yang dapat menampilkan tulisan sehingga lebih mudah dimengerti, dibanding jika menggunakan LED saja. Dalam modul ini menggunakan LCD karakter untuk menampilkan tulisan atau karakter saja.

Tabel 2.2. Fungsi Pin Pada LCD

No. Pin	Nama Pin	Fungsi Pin
Pin 1	Vss/GND	Sebagai Tegangan 0 volt atau ground
Pin 2	Vcc	Sebagai Tegangan Vcc.
Pin 3	VEE/Vcontrast	Sebagai tegangan pengatur kontras pada LCD
Pin 4	RS	RS (register select): "0" : input instruksi "1" : input data
Pin 5	R/W	Sebagai signal yang digunakan untuk memilih mode membaca atau menulis “0” : Menulis “1” : Baca
Pin 6	E (*Enable*)	Untuk mulai pengiriman data atau instruksi
Pin 7 - 14	DB 0 s/d DB 7	Untuk mengirimkan data karakter
Pin 15 - 16	Anode dan Katode	Untuk mengatur cahaya pada background LCD atau instruksi

LCD memerlukan daya yang sangat kecil, tegangan yang dibutuhkan juga sangat rendah yaitu +5 VDC. Panel TN LCD untuk pengaturan kekontrasan cahaya pada display dan CMOS LCD drive sudah terdapat di dalamnya. Semua fungsi

display dapat dikontrol dengan memberikan instruksi. Ini membuat LCD berguna untuk range yang luas dari terminal display unit untuk mikrokomputer dan display unit measuring gages. Cara kerja LCD yaitu: D1 – D7 pada LCD berfungsi menerima data dari mikrokontroler. Untuk menerima data, pin 5 pada LCD (R/W) harus diberi logika 0 dan berlogika 1 untuk mengirimkan data kemikrokontroller. Setiap kali menerima / mengirimkan data untuk mengaktifkan LCD diperlukan sinyal E (Chip Enable) dalam bentuk perpindahan logika 1 ke 0 sedangkan pin RS (Register Selector) berguna untuk memilih instruction register (IR) atau data register (DR). Jika RS =1 dan R/W=1 maka akan dilakukan penulisan data ke DDRAM sedangkan jika RS dan R/W berlogika 1 akan membaca data dari DDRAM ke register DR. Karakter yang akan ditampilkan ke display disimpan dimemori DDRAM (Zain : 2013).



Gambar 2.9. Bentuk Fisik LCD 16 x 2

2.2.7. Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loud speaker, jadi buzzer juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah

arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolakbalik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara.

Gambar 2.10. Bentuk Fisik *Buzzer*

Buzzer biasa digunakan sebagai indicator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm). Buzzer adalah perangkat elektronika yang terbuat dari elemen piezoceramics pada suatu diafragma yang mengubah getaran/vibrasi menjadi gelombang suara. Buzzer menggunakan resonansi untuk memperkuat intensitas suara. (Rahadian dan Aqwam : 2012).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Pada penelitian rancang bangun sistem keamanan palang pintu kereta api otomatis menghasilkan sebuah prototipe dengan desain yang dapat mendeteksi keberadaan kereta api yang melintas dari dua arah menggunakan enam sensor *proximity* induktif dengan jarak dan fungsi masing – masing berbeda, sensor proximity induktif dipasangkan diatas kereta api menghadap rel kereta untuk menghindari gangguan deteksi sensor, mikrokontroler ATmega328 sebagai pusat kontrol sistem, buzzer untuk alarm peringatan keberadaan kereta api tiruan, dan motor servo DC sebagai penggerak palang pintu
2. Hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan, sistem keamanan palang pintu kereta api dengan mendeteksi dari dua arah kedatangan kereta api dapat berfungsi dengan baik, menggunakan sistem manual maupun sistem otomatis, dengan menggunakan sensor *proximity* induktif sebagai pendeteksian utama pada penelitian ini, sensor dapat mendeteksi kereta api logam dengan jarak deteksi sensor 1 mm – 4 mm. serta sensor dapat mengukur kecepatan kereta api yang kemudian di proses menggunakan

mikrokontroler arduino uno, namun terdapat selisih kecepatan pada pengujian pengukuran kecepatan kereta api secara manual dengan secara sistem dengan rata – rata selisih sebanyak 0,713 cm/s.

5.2.Saran

Berdasarkan keterbatasan mengenai penelitian yang telah dilaksanakan, ada beberapa saran yang dapat dipertimbangkan pada penelitian selanjutnya, diantaranya yaitu :

1. Menggunakan sensor *proximity* induktif yang mempunyai jarak deteksi lebih jauh untuk memberikan jarak aman deteksi antara sensor dengan kereta yang melintas.
2. Diharapkan terdapat sistem keamanan pada palang pintu untuk mencegah kecelakaan yang terjadi akibat kendaraan yang terperangkap di rel kereta dikarenakan palang pintu sudah menutup.
3. Diharapkan dapat mengimplementasikan hasil dari penelitian rancang bangun sistem keamanan palang pintu kereta api otomatis pada palang pintu yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

Aritonang, P. L. E., E, C. Bayu., Daniel, S. S., dan Prasetyo, J. 2017. Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Cerdas Otomatis. *SNITT-Politeknik Negeri Balikpapan.* 375-381.

Banuchandar, J., Kaliraj, V., Balasubramanian, P., Deepa, S., dan Thamilarasi, N. 2012. Automated Unmanned Railway Level Crossing System. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER*) 2(1): 458-463.

Budiharjo, S., dan Putra, R. S. Rancang Bangun Model Perahu Mini Robot Pembersih Sampah di Sungai Menggunakan Android Berbasis Arduino Uno. *Jurnal ICT Penelitian dan Penerapan Teknologi*.

Budiharto, W., 2013. *Robotika Modern Teori dan Implementasi.* Edisi Revisi. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.

Data perlintasan kereta api sebidang di pulau Jawa http://dephub.go.id/beta2017/post/read/tekan-kecelakaan-menhub-minta-perlintasan-sebidang-liar-ditutup (diakses 5 Februari 2018 jam 20.00).

Datasheet.sensorproximityinduktif.LJ-12A3-4-Z/BX.pdf.

Daftar kereta-kereta tercepat di Indonesia http://kereta-api.info/daftar-kereta-kereta-tercepat-di-indonesia-4301.htm (diakses 1 Oktober 2018 jam 12.45).

Dhande, B. S., dan Pacharaney U. S. 2017. Unmanned Level Crossing Controller and Rail Track Broken Detection System Using IR Sensors and Internet of Things Technology. *International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies.* 206-210

Fayyadh, M., Sunarya, U., dan Nugraha, R. 2015. Perancangan Sistem Otomatisasi Palang Pintu Kereta Api Berbasis *Motion Detection. e-Proceeding of* Engineering 2(1): 291-297.

Firdaus, M. A., dan Utomo, A. B. 2016. Miniatur Palang Pintu Kereta Api Otomatis dengan Menaampilkan Kecepatan Kereta Serta Waktu Tunggu Menggunakan Arduino. *Jurnal Teknik Elektro* 8(1):12-17.

Jaedun, A. 2011. Metode Penelitian Eksperimen. Puslit Dikdsasmen, Lemlit UNY.

Jumlah Penumpang Kereta Api. Dari https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/815 (diakses 1 Februari 2018 jam 21.22).

Krishnamurthi, K., et al. 2015. Sensor Based Automatic Control of Railway Gates. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & technology (IJARCET)* 4(2): 539-543.

Kumar, M. P., Naveen K., dan Kumar, M. R. 2017. Automatic Railway Gate

Controller. *International Jounal of Science*.

Kusriyanto, M. dan Wismoyo, N. 2017. Sistem Palang Pintu Perlintasan Kereta Api Otomatis Dengan Komunikasi *Wireless* Berbasis Arduino. *Teknoin. 23(1): 73-80.*

More, S. R., et al. Intelligent Railway Crossing Gate Control with High Speed Anti-Collision Alerting System. *International Journal of Computer Applications*, 12-15.

Nisa, C., P, Widya. N., Santosa, A., dan Rahmawati, E. 2014. Perancangan Instrumentasi Pengukur Waktu dan Kecepatan Menggunakan *DT-SENSE Infrared Proximity Detector* Untuk Pembelajaran Gerak Lurus Beraturan. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*. 4(1): 36-41.

Oktareza, S. R., dan Rahayu Y. 2015. Simulasi Sistem Keamanan Palang Pintu Perlintasan Kereta Api menggunakan LabVIEW. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Riau* 2(2).

Pangestu, B. P., Prasetio, B. H., dan Setyawan, G. E. 2017. Implementasi Kendali Palang Pintu Kereta Api menggunakan IR Sensor dan NRF24L01. *Jurnal pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* 1(4): 282-291.

Peraturan direktur jenderal perhubungan darat No. SK.770/KA.401/DRJD/2005. *Tentang Pedoman Teknis Perlintasan Sebidang Antara Jalan Dengan Jalur Kereta Api*. 2005. Departemen Perhubungan darat.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor. 72 Tahun 2009. *Tentang Lalu Lintas dan Angkatan Kereta Api*. 2009. Sekretariat Negara. Jakarta.

Pratama, R. A., dan Kardian, A. R. 2012. Sensor Parkir Mobil Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Dengan Bantuan Mini Kamera. *Jurnal Komputasi*. 11(1):1-6.

Santoso, A. B., Martinus, dan Sugiyanto. 2013. Pembuatan Otomasi Pengaturan Kereta Api, Pengereman, dan Palang Pintu pada Rel Kereta Api Mainan Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal FEMA* 1(1).

Soleh, M. 2013. *Teknik Kontrol*. Edisi Pertama. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.

Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendeketan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D).* Cetakan ke-10. Bandung: Alfabeta, cv.

Susilawati, E., Yulkifli., dan Kamus Z. 2017. Pembuatan Alat Ukur Kecepatan Putar Gear Mengguakan Sensor *Proximity* Induktif dan Mikrokontroler Arduino Uno. *Pillar of Physics* 10: 09-13.

Tekan Kecelakaan Menhub Minta Perlintasan Sebidang Liar Ditutup. LINK BELUM

(diakses 2 Februari 2018 jam 09.43).

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 tahun 2007. *Tentang Perkeretaapian*. 2007. Sekretariat Negara. Jakarta.

Zain, R. H. 2013. Sistem Keamanan Ruangan Menggunakan sensor *Passive Infra Red (PIR)* Dilengkapi Kontrol Penerangan pada Ruangan Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 dan Real Time Clock DS1307. *Jurnal Teknologi Informasi & pendidikan* 6(1): 146-162.