

PERLINTASAN KERETA API OTOMATIS MENGGUNAKAN VOICE DAN DISPLAY BERBASIS MICROCONTROLLER.

Muhammad Yaser^{1*}, Untung Priyanto^{2*}, Dewanto Indra Krisnandi³

muhammadyaser@univpancasila.ac.id^{1} untung.priyanto@univpancasila.ac.id^{2*}.*

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi yang memiliki karakteristik dan keunggulan khusus, terutama kemampuannya mengangkut penumpang maupun barang secara masal, hemat energi dan penggunaan ruang, faktor keamanan tinggi, dan tingkat pencemaran rendah. Faktor yang sering menjadi perhatian saat ini adalah tingkat kecelakaan yang masih relatif tinggi baik gerbong yang anjlok, tabrakan antara kereta api dengan kendaraan lain, adanya banjir/longsor dan masalah lain yang sering dihadapi oleh pengguna jasa Kereta Api. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan di area perlintasan, yang disebabkan karena keterlambatan penutupan pintu perlintasan kereta saat akan melewati perlintasan. Terutama pada perlintasan yang tidak dijaga perlu untuk diberi pintu perlintasan otomatis dengan sistem informasi voice dan display menggunakan *microcontroller*. Dari hasil pengujian sistem informasi *voice* dan *display* dapat memberitahu jarak dan kecepatan kereta diperoleh rata – rata persentase error untuk kecepatan di arah hilir sebesar 15.26 % dan untuk arah hulu sebesar 16.87 %. Waktu respon ideal untuk motor servo pada prototipe diperoleh < 0,6169805 sec saat kereta melaju dengan kecepatan max 19,444 cm/s, agar kondisi palang pintu tertutup sebelum kereta melewati area persimpangan.

Kata Kunci: *Perlintasan kereta api, Voice, Display, Microcontroller*

PENDAHULUAN

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi yang memiliki karakteristik dan keunggulan khusus, terutama kemampuannya mengangkut penumpang maupun barang secara masal, hemat energi dan penggunaan ruang, mempunyai faktor keamanan tinggi, dan tingkat pencemaran rendah. Sehingga lebih efisien dibanding moda transportasi jalan raya lainnya terutama angkutan jarak jauh dan untuk daerah padat lalu lintas, seperti angkutan kota. Perkeretaapian di Indonesia di mulai saat era Hindia-Belanda (tahun 1864), Jepang (tahun 1942)^[1] sampai dengan saat ini kereta api selalu menjadi sarana transportasi yang dipercaya oleh masyarakat.

Diantara karakteristik dan keunggulan khusus yang telah disebutkan di atas, salah satunya adalah faktor keamanan yang tinggi dan merupakan hal yang mutlak dan tidak bisa ditawar lagi. Faktor yang sering menjadi perhatian saat ini adalah tingkat kecelakaan yang masih relatif tinggi baik gerbong yang anjlok, tabrakan antara kereta api dengan kendaraan lain, adanya banjir/longsor dan masalah lain yang sering dihadapi oleh pengguna jasa kereta api. Selain itu angka kecelakaan lalu lintas yang terjadi di pintu terlintasan saat ini masih tinggi berdasarkan data dari KNKT sebesar 41 % kecelakaan yang disebabkan prasarana dengan jumlah pintu perlintasan 241 berpenjaga, 106 tanpa penjaga dan 186 pintu perlintasan liar yang ada di Daerah Operasi 1 Jakarta. Beberapa upaya yang dilakukan pihak PT. Kereta Api Indonesia (Persero) saat ini untuk mengurangi angka kecelakaan yang terjadi di area perlintasan kereta dengan menutup beberapa perlintasan kereta yang dianggap rawan terhadap kecelakaan. Upaya ini sudah dilakukan dari awal tahun 2017 sebanyak 14 perlintasan sebidang yang akan ditutup oleh pihak PT. Kereta Api Indonesia (Persero)

Dalam rangka mengurangi kecelakaan di area perlintasan kereta terutama pada perlintasan yang tidak dijaga perlu untuk diberi pintu perlintasan otomatis. Sedangkan di perlintasan yang dijaga dipasang pengendali pintu otomatis untuk mengurangi *human error*, tetapi tetap dapat di kendalikan secara manual ketika diperlukan.

Pada penelitian^[2] dilakukan perancangan sistem kendali palang pintu kereta api dua jalur hasilnya pintu perlintasan dapat bekerja secara otomatis akan tetapi sistem yang dirancang belum dapat bekerja saat kondisi dua arah dengan pergerakan kereta berlawanan, kemudian penelitian^[3] melakukan perancangan palang pintu otomatis dengan *countdown* hasilnya alat mampu membuka palang pintu pada saat kereta melintasi sensor yang berjarak 30 cm dan mampu menampilkan informasi waktu kereta sampai di perlintasan kereta api^[3], kemudian pada penelitian^[4] tentang model notifikasi sistem peringatan pada perlintasan kereta api berbasis mikrokontroler yang dapat mendeteksi kecepatan kereta. Pada penelitian^[5] disimulasikan pintu perlintasan kereta api otomatis berbasis arduino hasilnya perhitungan kecepatan kereta dapat dilakukan dengan baik.

Untuk menyempurnakan penelitian terdahulu penulis merancang suatu sistem perlintasan kereta api otomatis dengan menggunakan *voice dan display* yang dapat memberitahu jarak dan kecepatan kereta.

1. KONSEP DASAR SISTEM PINTU PERLINTASAN KERETA API OTOMATIS

2.1 Perlintasan Kereta Api.

Perlintasan kereta api adalah persilangan antara jalur kereta api dengan jalan, baik jalan raya ataupun jalan setapak kecil lainnya. Perlintasan terdiri dari perlintasan sebidang dan perlintasan tak sebidang. Perlintasan tak sebidang adalah persilangan antara jalur kereta api dengan jalan raya yang tidak pada satu bidang, misal dengan *flyover* atau *underpass*^[6]. Sedangkan perlintasan sebidang adalah persilangan antara jalur kereta dengan jalan raya pada satu bidang, yaitu di atas tanah. Persilangan ini banyak terdapat di pedesaan yang arus lalu lintas pada jalan tersebut masih relatif jarang^[6].

2.2 Arduino

Pada tahun 2011, Arduino sudah menjadi salah satu *platform Open Source HardWare* (OSHW). Nama arduino tidak hanya digunakan untuk menamai *board* rangkainnnya saja tetapi juga untuk menamai bahasa dan *software* pemrogramannya, serta lingkungan pemrogramannya IDE-nya (IDE = *Integrated Development Environment*). Ada beberapa jenis modul arduino yang bisa digunakan pada penelitian, menggunakan *board* Arduino Mega sebagai *microcontroller* yang menghubungkan dari *hardware* ke *interface* komputer^[7].



Gambar 2.3 Board Arduino.

Sensor ultrasonic berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor berdasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik). Gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40 kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Secara umum, alat akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima

2.3 Motor Servo

Motor servo dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kendali yang ada di dalam motor servo gambar 2.5. Motor terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kendali. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor



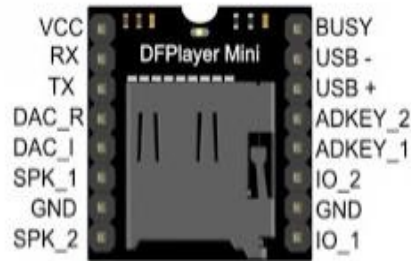
Gambar 2.5 Motor Servo^[11].

Karena motor DC servo merupakan alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, maka magnet permanent motor DC servolah yang mengubah energi listrik ke dalam energi mekanik melalui interaksi dari dua medan magnet. Salah satu medan dihasilkan oleh magnet permanen dan yang satunya dihasilkan oleh arus

yang mengalir dalam kumparan motor. Resultan dari dua medan magnet tersebut menghasilkan torsi yang membangkitkan putaran motor tersebut. Saat motor berputar, arus pada kumparan motor menghasilkan torsi yang nilainya konstan. Pengendalian gerakan batang motor servo dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Pulse Width Modulation* (PWM). Teknik ini menggunakan sistem lebar pulsa untuk mengendalikan putaran motor. Sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor.

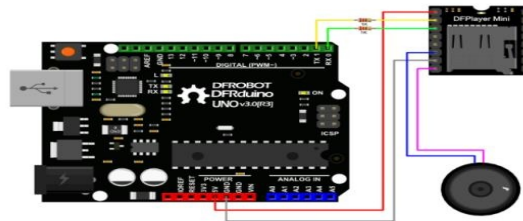
2.4 DF Player Mini

DFPlayer mini adalah modul *sound (music player)* yang mendukung beberapa *file* salah satunya adalah *file .mp3* yang umum kita gunakan sebagai *format sound file*. DFPlayer mini mempunyai 16 pin *interface* berapapun standar DIP *header* pada kedua sisinya



Gambar 2.7 DFPlayer Mini

DFplayer mini dapat bekerja sendiri secara *stand-alone* ataupun bekerja bersama dengan *microcontroller* melalui koneksi serial. DFPlayer memiliki koneksi serial yang dapat menerima instruksi dari *microcontroller*. Pada gambar 2.8 koneksi serial DFPlayer mini dengan *board* arduino:

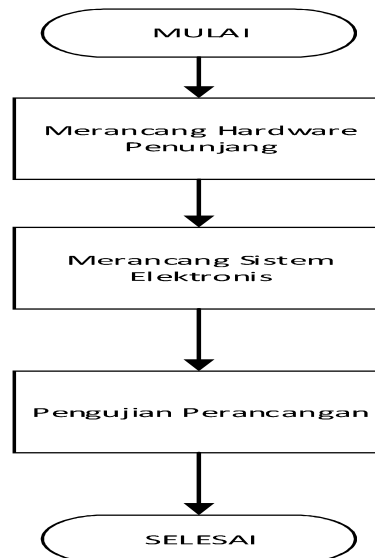


Gambar 2.8 Koneksi Serial Arduino dengan DFPlayer Mini^[10].

2. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Metode Mekanisme Perancangan Sistem

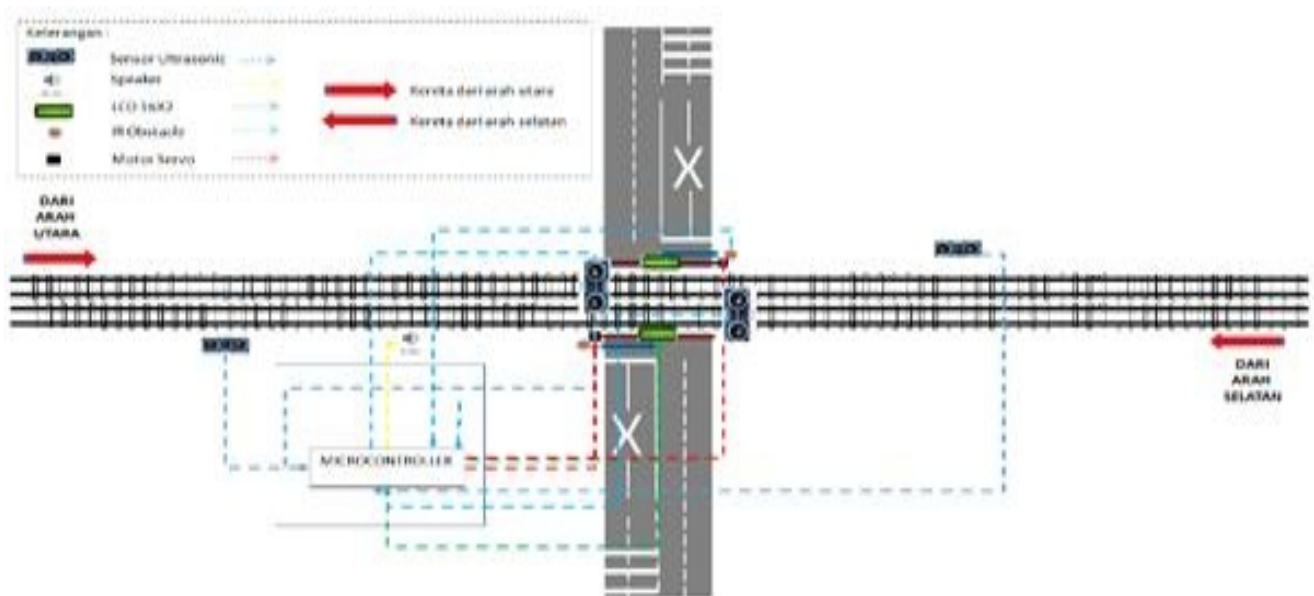
Metode yang dilakukan yaitu dengan membuat prototipe pintu perlintasan kereta api sebagai alat simulasi percobaan dan analisa. Dimana prototipe dibuat sedemikian rupa seperti pintu perlintasan kereta api pada umumnya, yang didalamnya diberi tambahan komponen elektronik dan sensor agar dapat mengatur buka-tutup palang pintu secara otomatis serta dapat memberikan informasi *voice* dan visual di perlintasan kereta api. Dimana sistem alat yang digunakan berfungsi untuk mengatur buka-tutup palang pintu secara kontinyu selama kereta simulasi beroperasi di lintasan. Adapun tahapan perncangan yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.1, sebagaimana berikut :



Gambar 3.1 Flowchart mekanisme perancangan.

3.2 Perancangan Hardware Penunjang

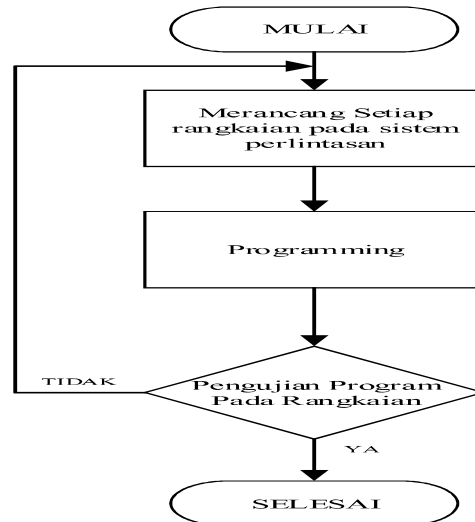
Perancangan hardware penunjang pertama dengan membuat sketsa gambar pintu perlintasan kereta api dengan 2 jalur lintasan kereta, sebelum prototipe dibuat agar penempatannya sesuai berdasarkan fungsi kerja dari setiap komponen dan sensor yang dipakai pada prototipe. Kereta simulasi dan rel yang dipakai berupa prototipe dengan skala pada kereta simulasi 1:87 dari ukuran sebenarnya. Alas pada lintasan menggunakan polycarbonate dan papan kayu, acrylic untuk tiang penyangga motor servo dan LCD di area pintu perlintasan. Sensor ultrasonik yang di posisikan mengarah pada kereta yang akan datang ke pintu perlintasan dan sensor ultrasonik yang di tempatkan setelah pintu perlintasan untuk mendeteksi kereta sudah melewati pintu perlintasan. Perncangan prototipe pada pintu perlintasan kereta api dapat dilihat pada gambar 3.2, seperti berikut :



Gambar 3.2 Sketsa perancangan prototipe pintu perlintasan kereta api.

3.2 Perancangan Sistem Elektronis

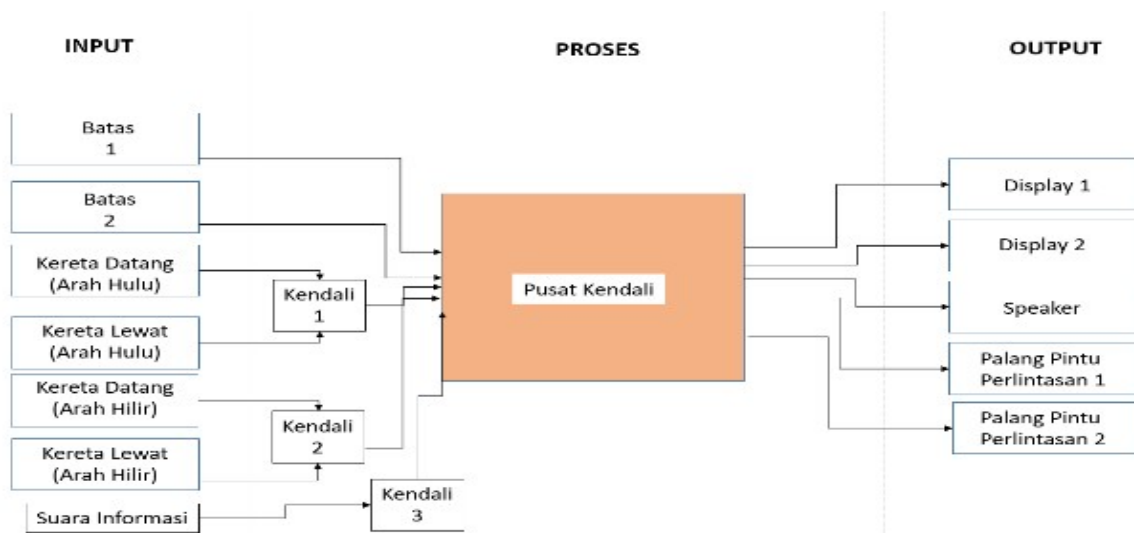
Perancangan sistem elektronis yaitu membuat suatu rancangan dari setiap masing-masing rangkaian yang di program pada *microcontroller* sebagai pengendali pada sistem pintu perlintasan, adapun tahapan yang dilakukan dalam perancangan sistem elektronis dapat dilihat pada gambar 3.3, sebagai berikut:



Gambar 3.3 Flowchart tahapan desain sistem elektronik.

3.3 Proses Perancangan

Perancangan dilakukan dari setiap rangkaian yang menunjang pada sistem pintu perlintasan kereta agar dapat bekerja otomatis secara kontinyu. Setiap komponen dengan *microcontroller* dirangkai sebelum diberi program agar setiap komponen dapat di kendalikan sesuai dengan rancangan sistem yang dibuat. Dapat dilihat pada gambar 3.4 diagram blok untuk membuat sub rangkaian elektronis sebelum semua dirangkai menjadi 1 rangkaian keseluruhan.



Gambar 3.4 Diagram Blok.

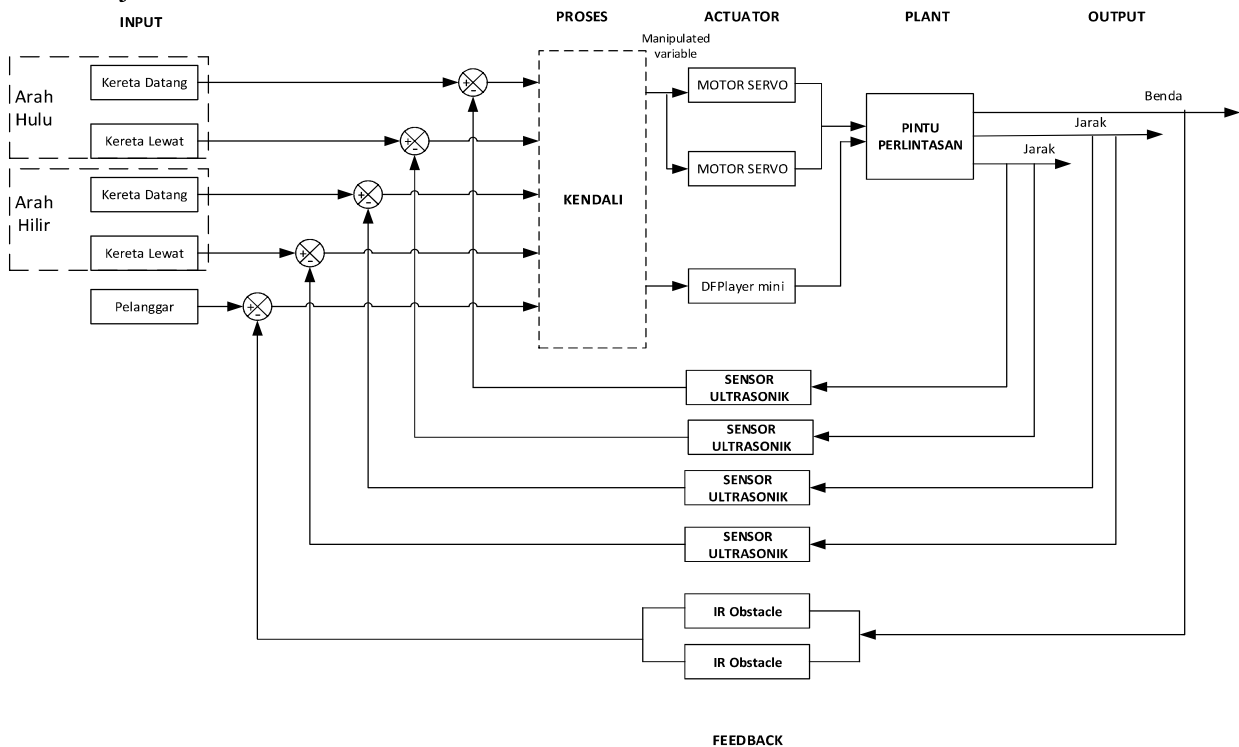
Pada gambar 3.4 terlihat diagram blok rancangan sistem pengatur otomatis yaitu alat pengatur buka tutup pintu perlintasan kereta api menggunakan sensor ultrasonik, sistem informasi rangkaian voice dan display serta pengamanan tambahan menggunakan sensor *InfraRed Obstacle*, pada sistem ini memiliki 7 input diantaranya kereta datang yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik dengan jarak yang sudah ditentukan sebagai awal mula sistem pintu perlintasan bekerja yang di proses oleh *microcontroller* yang mengendalikan output pada motor servo untuk menutup pintu perlintasan dan memberikan informasi berupa voice serta tampilan jarak hitung mundur dan kecepatan kereta sesuai dengan kondisi dari input mana yang aktif. Untuk pelanggaran batas aktif saat pintu perlintasan sudah tertutup dan saat ada objek halang yang terbaca sensor *InfraRed Obstacle* kemudian di proses oleh *microcontroller* yang akan mengendalikan output suara untuk memberikan info bahaya lewat suara.

Dengan adanya sistem pintu perlintasan otomatis ini para pengguna jalan diharapkan mendapatkan kenyamanan, keamanan dan keselamatan saat akan melewati pintu perlintasan kereta api. Informasi

ditampilkan melalui audio (*voice*) dengan speaker, dan display (*visual*) menggunakan LCD yang memudahkan para pengguna jalan mendapatkan informasi di pintu perlintasan. Perancangan sistem informasi dirancang demi keselamatan pengguna jalan.

3.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak yaitu membuat suatu program pada microcontroller sebagai pusat pengendali pada sistem pintu perlintasan kereta api yang mengendalikan segala proses I/O secara otomatis saat sistem bekerja.



Gambar 3.5 Diagram Sistem Kendali.

Dari gambar 3.5 dapat diketahui diagram sistem kendali yang memiliki tiga *set point* yaitu dua diantaranya adalah jarak yang memanfaatkan pantulan frekuensi ultrasonik terhadap benda yang berada tepat didepannya, dan gerak yang mendeteksi adanya pergerakan yang menghalangi garis pembatas yang di pantulkan dari inframerah ke fotodiode pada modul sensor IR Obstacle. Semua *set point*-nya akan masuk kedalam *microcontroller*, dimana *microcontroller* disini digunakan untuk proses analisa data dimana data yang dihasilkan akan dikirim pada *actuator* yaitu motor servo dan DFPlayer mini yang penempatan sudah diatur pada pintu perlintasan sebagai *plant*.

Output plant yang diukur adalah jarak dan pantulan radiasi inframerah, dimana jarak diukur oleh sensor jarak ultrasonik dan pantulan radiasi inframerah terhadap benda yang diukur oleh photodiode pada sensor IR Obstacle. Nilai jarak dan pantulan radiasi terhadap benda akan menjadi *feedback* nilai aktual dengan *set point*. Apabila terdapat selisih nilai, maka akan diproses oleh *microcontroller* dan akan dilakukan tindakan untuk menghidupkan *actuator* hingga nilai aktual sesuai dengan *set point*.

Berikut adalah keterangan *port* atau pin *Output microcontroller* yang digunakan pada masing – masing komponen dijelaskan dibawah ini:

Tabel 3.1 Pin *Output Microcontroller* Arduino Mega 2560.

| Port | Penggunaan |
|--------|---|
| 14. 15 | Sebagai output serial komunikasi dengan Arduino Nano 3 |
| 24 | Sebagai output ke rangkaian servo 1 |
| 32 | Sebagai output ke rangkaian servo 2 |
| 30 | Sebagai output ke rangkaian sensor Halang (IR Obstacle 1) |
| 22 | Sebagai output ke rangkaian sensor Halang (IR Obstacle 2) |
| 28. 36 | Sebagai input dari Arduino Nano 1 & 2 |

| | |
|--------|--------------------------------------|
| 26. 34 | Sebagai output ke Arduino Nano 1 & 2 |
|--------|--------------------------------------|

Tabel 3.2 Pin Output Microcontroller Arduino Nano 1.

| Port | Penggunaan |
|--------|---|
| 20. 21 | Sebagai output ke rangkaian sensor jarak (Ultrasonik 1-1) |
| 22. 23 | Sebagai output ke rangkaian sensor jarak (Ultrasonik 1-2) |
| 24. 26 | Sebagai output ke Arduino Mega |
| 25. 27 | Sebagai input ke Arduino Mega |
| 20 | Sebagai output ke rangkaian LCD 1 |
| 4 | Sebagai input ke rangkaian LCD 1 |

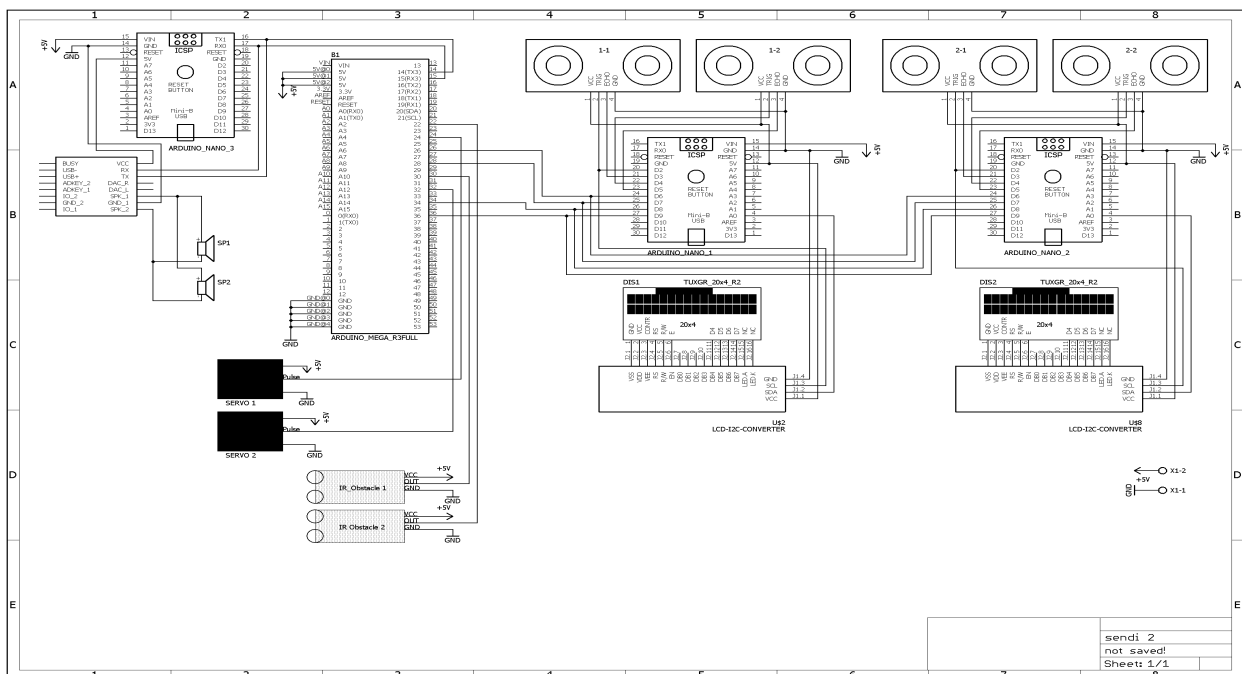
Tabel 3.3 Pin Output Microcontroller Arduino Nano 2

| Port | Penggunaan |
|--------|---|
| 20. 21 | Sebagai output ke rangkaian sensor jarak (Ultrasonik 2-1) |
| 22. 23 | Sebagai output ke rangkaian sensor jarak (Ultrasonik 2-2) |
| 24. 26 | Sebagai output ke Arduino Mega |
| 25. 27 | Sebagai input ke Arduino Mega |
| 20 | Sebagai output ke rangkaian LCD 2 |
| 4 | Sebagai input ke rangkaian LCD 2 |

Tabel 3.4 Pin Output Microcontroller Arduino Nano 3.

| Port | Penggunaan |
|--------|--|
| 16. 17 | Sebagai output serial komunikasi dengan Arduino Mega dan DFPlayer Mini |

Pada rangkaian keseluruhan semua komponen digabung menjadi satu dengan menghubungkan setiap kabel ke pin board arduino seperti pada gambar 3.6 Rangkaian keseluruhan yang sistem kerjanya akan saling berhubungan berdasarkan program yang telah dibuat pada *Microcontroller*.



Gambar 3.6. Rangkaian Keseluruhan Sistem Pintu Perlintasan Kereta Api dengan Informasi Voice dan Display.

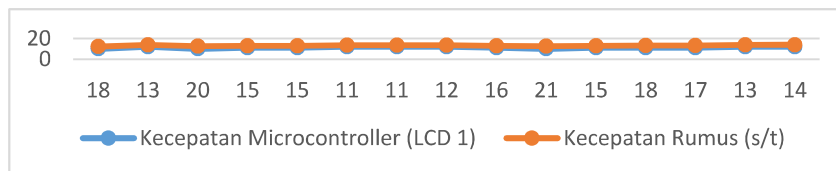
4 Pengukuran dan Pengujian Alat.

4.1 Pengujian Kecepatan Kereta

Pengujian sistem pada aspek kecepatan yang dihasilkan oleh *microcontroller* yang akan dibandingkan dengan kecepatan aktual dilakukan pengambilan sampel data sampai beberapa kali untuk mengetahui akurasi dari sistem yang telah dirancang.

Tabel 4.1 Pengujian Perhitungan Kecepatan Kereta dari Arah Hilir.

| No | Set Point | Waktu Arduino | Waktu Stopwatch | Kecepatan LCD 1 | Kecepatan (s/t) | Error Kecepatan |
|----|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | (cm) | (s) | (s) | (cm/s) | (cm/s) | (%) |
| 1 | 12 | 0,83 | 0,98 | 10 | 12 | 18 |
| 2 | 12 | 1,00 | 0,87 | 12 | 14 | 13 |
| 3 | 12 | 0,83 | 0,96 | 10 | 13 | 20 |
| 4 | 12 | 0,92 | 0,93 | 11 | 13 | 15 |
| 5 | 12 | 0,92 | 0,93 | 11 | 13 | 15 |
| 6 | 12 | 1,00 | 0,89 | 12 | 13 | 11 |
| 7 | 12 | 1,00 | 0,89 | 12 | 13 | 11 |
| 8 | 12 | 1,00 | 0,88 | 12 | 14 | 12 |
| 9 | 12 | 0,92 | 0,92 | 11 | 13 | 16 |
| 10 | 12 | 0,83 | 0,95 | 10 | 13 | 21 |
| 11 | 12 | 0,92 | 0,93 | 11 | 13 | 15 |
| 12 | 12 | 0,92 | 0,90 | 11 | 13 | 18 |
| 13 | 12 | 0,92 | 0,91 | 11 | 13 | 17 |
| 14 | 12 | 1,00 | 0,87 | 12 | 14 | 13 |
| 15 | 12 | 1,00 | 0,86 | 12 | 14 | 14 |

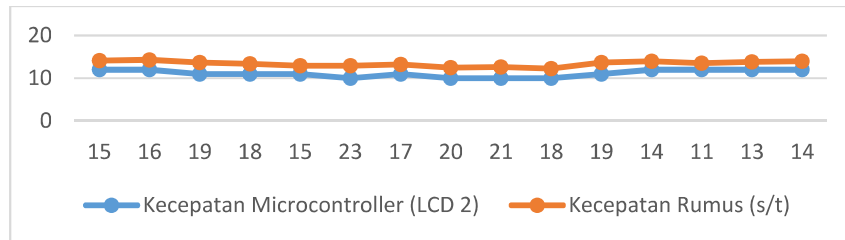


Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Nilai Error Kecepatan Kereta dari Arah Hilir.

Hasil dari pengujian kecepatan kereta yang datang dari arah hulu dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2 Pengujian Perhitungan Kecepatan Kereta dari Arah Hulu.

| No | Set Point | Waktu Arduino | Waktu Stopwatch | Kecepatan LCD 2 | Kecepatan (s/t) | Error Kecepatan |
|----|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | (cm) | (s) | (s) | (cm/s) | (cm/s) | (%) |
| 1 | 12 | 1,00 | 0,85 | 12 | 14 | 15 |
| 2 | 12 | 1,00 | 0,84 | 12 | 14 | 16 |
| 3 | 12 | 0,92 | 0,88 | 11 | 14 | 19 |
| 4 | 12 | 0,92 | 0,90 | 11 | 13 | 18 |
| 5 | 12 | 0,92 | 0,93 | 11 | 13 | 15 |
| 6 | 12 | 0,83 | 0,93 | 10 | 13 | 23 |
| 7 | 12 | 0,92 | 0,91 | 11 | 13 | 17 |
| 8 | 12 | 0,83 | 0,96 | 10 | 13 | 20 |
| 9 | 12 | 0,83 | 0,95 | 10 | 13 | 21 |
| 10 | 12 | 0,83 | 0,98 | 10 | 12 | 18 |
| 11 | 12 | 0,92 | 0,88 | 11 | 14 | 19 |
| 12 | 12 | 1,00 | 0,86 | 12 | 14 | 14 |
| 13 | 12 | 1,00 | 0,89 | 12 | 13 | 11 |
| 14 | 12 | 1,00 | 0,87 | 12 | 14 | 13 |
| 15 | 12 | 1,00 | 0,86 | 12 | 14 | 14 |



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai Error Kecepatan Kereta dari Arah Hulu.

Pengambilan data dilakukan beberapa kali untuk mengetahui akurasi perhitungan yang di proses oleh *microcontroller*. Hasil pengujian dapat dianalisa bahwa semakin lambat waktu tempuh aktual saat pengujian nilai kecepatan yang dihasilkan *microcontroller* semakin besar nilai errornya. Rata – rata persentase error kecepatan pada prototipe dengan perhitungan aktual dengan *stopwatch* di arah hilir sebesar 15.26 % dan untuk arah hulu sebesar 16.87 %, perbedaan tersebut dikarenakan sensitivitas serta keakuratan pada tiap sensor berbeda-beda dan pengujian sensor jarak ultrasonik dapat berjalan normal dengan dibuktikan bahwa setiap perubahan nilai yang diterima sensor dapat menunjukkan perubahan nilai *aktual* yang ditampilkan di LCD prototipe. Error pada pengujian kecepatan kereta termasuk terlalu besar dalam hal ini karena karakteristik sebaran area deteksi yang lebar sehingga tidak pasti posisi objek yang diukur yang mana dan waktu tempuh kereta yang singkat mengakibatkan proses perhitungan pada sistem menjadi tidak akurat. Sudut refleksi pada sensor yang terlalu besar juga menyebabkan gelombang ultrasonik yang dikirimkan tidak terpantul dengan sempurna, akibatnya pembacaan jarak menjadi tidak akurat.

4.2 Analisa Respon Palang Pintu Perlintasan Terhadap Kecepatan Kereta

Analisa ini dilakukan untuk menentukan timing dari motor servo sebagai palang pintu perlintasan, agar tidak ada keterlambatan saat pintu perlintasan menutup. Dengan set point jarak 12cm , jika dikonversi kecepatan prototipe kereta sebesar 19.444cm/s dan jarak prototipe 12 cm, maka diperoleh waktu tempuh prototipe sebesar 0.617157 s.

Pada Sensor ultrasonik waktu tempuh dikali 2 karena cara kerja dari sensor ultrasonik gelombang ultrasonik yang dipancarkan sensor dari Trigger – Objek – Echo sehingga diperoleh waktu tempuh dari sensor ultrasonik sebesar 0,000176 s. Dari hasil perhitungan diatas waktu respon untuk motor servo di dapat dari hasil selisih waktu tempuh kereta dengan sensor ultrasonik. Waktu respon ideal untuk motor servo harus < 0,6169805 sec saat kereta melaju dengan kecepatan max 19,444 cm/s, agar saat kondisi palang pintu tertutup kereta belum melewati area persimpangan.

KESIMPULAN

1. Sensor ultrasonik pada prototipe untuk pembacaan kecepatan memiliki rata rata persentase error di arah hilir sebesar 15.26 % dan untuk arah hulu sebesar 16.87 %
2. Jangkauan pada sensor *InfraRed Obstacle* terjauh dengan intensitas cahaya di dalam ruangan sebesar 11 cm, jangkauan dari *infrared obstacle* dipengaruhi besarannya intensitas cahaya di sekitar sensor.
3. Pemakaian sensor *InfraRed Obstacle* diluar ruangan tidak bisa diterapkan karena sensor menyerap radiasi cahaya, yang membuat sistem menjadi error karena sensor sudah aktif sebelum ada objek yang menghalangi, jadi semakin gelap area disekitar sensor semakin jauh jangkauan yang di pancarkan oleh *InfraRed* terhadap objek untuk dipantulkan ke photodiode sebagai penerima radiasi cahaya inframerah.
4. Waktu respon ideal untuk motor servo pada prototipe harus < 0,6169805 sec saat kereta melaju dengan kecepatan max 19,444 cm/s, agar saat kondisi palang pintu tertutup, kereta belum melewati area persimpangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Situs resmi PT. Kereta Api Indonesia (Persero) http://heritage.kereta-api.co.id/page/sejarah_perkeretapi
- [2] Okky Hermawan, “Palang Pintu Otomatis Pada Perlintasan Kereta Api Rel Ganda”, Jurnal Tugas Akhir, Semarang, 2013.
- [3]. Dimas Imadudin Satrianto, “Palang pintu otomatis dengan *countdown* sebagai upaya menghindari kecelakaan di perlintasan kereta”, Universitas Negeri Yogyakarta, 2016.

- [4]. Bayu, Ramadhan. “model notifikasi sistem peringatan pada perlintasan kereta api berbasis mikrokontroler” Universitas Negeri Yogyakarta. 2017
- [5]. David Boy Tonara1, Yuwono Marta Dinata, “Rancang Bangun Simulasi Palang Pintu Kereta Api Menggunakan Percepatan Berbasis Arduino”, 2017.
- [6]. E-Book: peraturan direktur jenderal perhubungan darat nomor : sk.770/ka.401/drjd/2005. Hal 2-5, 22
- [7]. Heri Andrianto, Aan Darmawan, “Arduino belajar cepat dan pemograman” , Informatika Bandung, Bandung, 2016.