

# **RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM PENGENDALIAN KECEPATAN DAN Pengereman MENGGUNAKAN SENSOR JARAK**

## **DESIGN AND DEVELOPMENT OF PROTOTYPE PROTOTYPE CONTROL SYSTEM USING DISTANCE SENSORS**

**Alimuddin Mappa<sup>1</sup>, Markus Dwiyanto Tobi Sogen<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Politeknik Saint Paul Sorong

<sup>2</sup>Politeknik Saint Paul Sorong

**<sup>1</sup>ghailan11@rocketmail.com, <sup>2</sup>dwiyanto@poltekstpaul.ac.id**

### **Abstrak**

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk membuat sistem pengendalian kecepatan dan pengereman motor DC secara elektrik yang digunakan sebagai referensi sistem keamanan mobil listrik. Dengan mengatur besar kecil tegangan yang diterima motor DC.

Sistem ini menggunakan Arduino UNO sebagai controller. Untuk mengukur jarak mobil dengan penghalang menggunakan sensor jarak Ping Parallax. Sinyal PWM (Pulse Width Modulation) dari mikrokontroler digunakan untuk mengatur kecepatan motor DC sebagai penggerak utama kendaraan. Pengujian dilakukan menggunakan miniatur mobil dengan jarak lintasan sepanjang 2 (dua) meter.

Laju miniatur mobil listrik akan berhenti sebelum terjadi tabrakan. pengereman menggunakan metode secara plugging yaitu dengan membalik polaritas sumber pada jarak dibawah 10 (sepuluh) cm, sehingga motor akan berputar balik untuk menghindari sisa putaran motor yang sudah tidak mendapatkan supply tegangan. Dari metode ini didapat beberapa kondisi motor akan berhenti secara bertahap. Tampilan jarak antara kendaraan dengan penghalangan kecepatan putaran motor dapat dilihat pada LCD.

**Kata kunci : Motor DC, Pengereman, Sensor Ultrasonik, PWM**

### **Abstract**

The research carried out aims to create an electric motor speed control and braking system that is used as a reference for electric car safety systems. By regulating the voltage received by a DC motor.

This system uses Arduino UNO as a controller. To measure the distance of a car with a barrier using the Ping Parallax proximity sensor. Signal PWM (Pulse Width Modulation) from the microcontroller is used to regulate the speed of the DC motor as the main driver of the vehicle. Tests carried out using a miniature car with a track length of 2 (two) meters.

The speed of a miniature electric car will stop before a collision occurs. braking uses the method of plugging by reversing the source polarity at distances below 10 (ten) cm, so that the motor will spin back to avoid the rest of the motor rotation that does not get a supply voltage. From this method, several motor conditions will be stopped gradually. Display distance between the vehicle with a barrier and motor rotation speed can be seen on the LCD

**Keywords: DC Motor, Braking, Ultrasonic Sensor, PWM**

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia otomotif saat ini semakin meningkat dan canggih, termasuk semakin banyak diproduksinya mobil listrik. Mobil listrik yang nyaman dan memiliki kecepatan dan tenaga yang prima adalah impian dari semua pengguna. Namun seiring dengan semakin tingginya kecepatan suatu kendaraan, maka resiko akan terjadinya kecelakaan juga semakin tinggi.

Kecelakaan lalu lintas merupakan masalah yang membutuhkan penanganan serius mengingat besarnya kerugian yang diakibatkannya. Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat kecelakaan lalu lintas yang cukup tinggi Direktur Keselamatan Angkutan Darat Dirjen Perhubungan Darat Kementerian Perhubungan,

Korban kecelakaan tersebut sebesar 67% berada pada usia produktif. Sementara itu secara global berdasarkan data Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), setiap tahunnya sebanyak 1,3 juta jiwa meninggal dunia akibat kecelakaan lalu lintas.

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) juga meramalkan pada tahun 2030 kecelakaan lalu lintas akan menjadi faktor pembunuh manusia paling besar kelima di dunia.

Dengan memanfaatkan sensor jarak (sensor ultrasonik) yang mampu memberikan pembacaan adanya benda pantul yang menghalangi laju mobil listrik akan dibuat suatu sistem pengaman otomatis pada motor listrik dengan cara pengurangan dan penambahan sumber tegangan menggunakan metode pwm (*pulse width modulation*) serta pengereman yang bekerja secara otomatis apabila mobil sudah terlalu dekat dengan objek yang ada di depannya sehingga laju mobil listrik akan terhenti sebelum terjadi tabrakan.

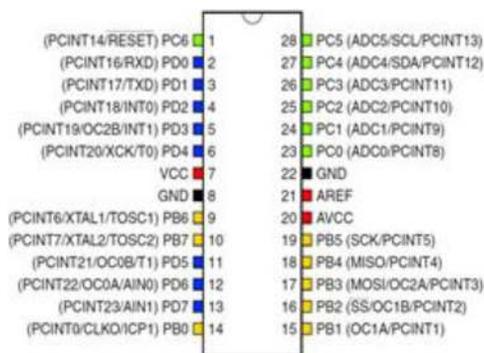
Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis melakukan penelitian untuk membangun suatu prototype sistem dengan judul Rancang Bangun Prototype Sistem Pengendalian Kecepatan dan Pengereman Menggunakan Sensor Jarak.

## 2. DASAR TEORI /MATERIAL DAN METODOLOGI/PERANCANGAN

### 2.1 Mikrokontroler ATmega328

AVR adalah sebuah mikrokontroler yang dibuat dengan menggunakan arsitektur Harvard dimana data dan program disimpan secara terpisah sehingga sangat baik untuk sebuah sistem karena terlindungi dari interferensi yang dapat merusak isi program. Salah satu mikrokontroler keluarga AVR yang dipergunakan yaitu ATmega328.

ATMega328 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*). [1]



Gambar 1 Konfigurasi Pin ATmega328 pada board arduino

## 2.2 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan modul card mikrokontroler ATmega328 (datasheet) yang menggunakan power supply dari USB atau catu daya Adaptor 7-12 volt. Sedangkan untuk koneksi ke PC atau laptop, Arduino Uno menggunakan port USB sehingga *development* menggunakan mikrokontroler ini menjadi lebih sederhana dan cepat.[2]



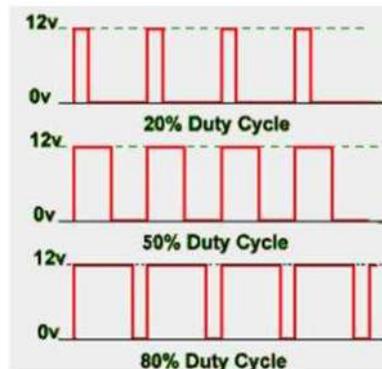
Gambar 2 Arduino Board

## 2.3 PWM (Pulse Width Modulation)

PWM merupakan suatu teknik teknik dalam mengatur kerja suatu peralatan yang memerlukan arus *pull in* yang besar dan untuk menghindari disipasi daya yang berlebihan dari peralatan yang akan dikontrol. PWM merupakan suatu metoda untuk mengatur kecepatan perputaran motor dengan cara mengatur prosentase lebar pulsa high terhadap perioda dari suatu sinyal

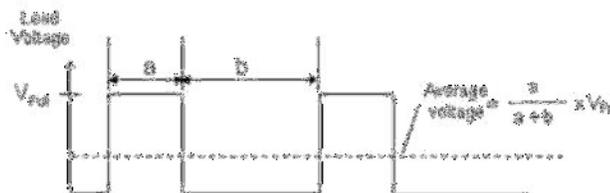
persegi dalam bentuk tegangan periodik yang diberikan ke motor sebagai sumber daya. Semakin besar perbandingan lama sinyal high dengan perioda sinyal maka semakin cepat motor berputar.

Duty cycle 100 persen berarti sinyal tegangan pengatur motor dilewatkan seluruhnya. Jika tegangan catu 12 volt, maka motor akan mendapat tegangan 12 volt. pada duty cycle 50 persen tegangan pada motor hanya akan diberikan 6 volt dari total tegangan yang ada, begitu seterusnya.[3]



Gambar 3 Duty Cycle dan Resolusi PWM

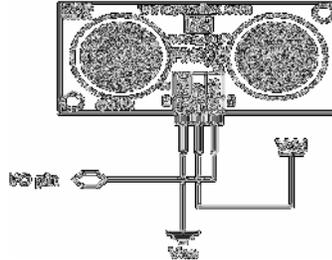
Perhitungan Pengontrolan tegangan output motor dengan metode PWM cukup sederhana.



Gambar 4 Tegangan output dan Resolusi PWM

### 2.4 Sensor Jarak Ultrasonik PING

Sensor jarak ultrasonik ping adalah sensor 40 khz produksi parallax yang banyak digunakan untuk aplikasi atau kontes robot cerdas. Kelebihan sensor ini adalah hanya membutuhkan 1 sinyal ( SIG ) selain jalur 5 v dan ground.[4]



Gambar 5 Skematik Sensor PING Ultrasonik

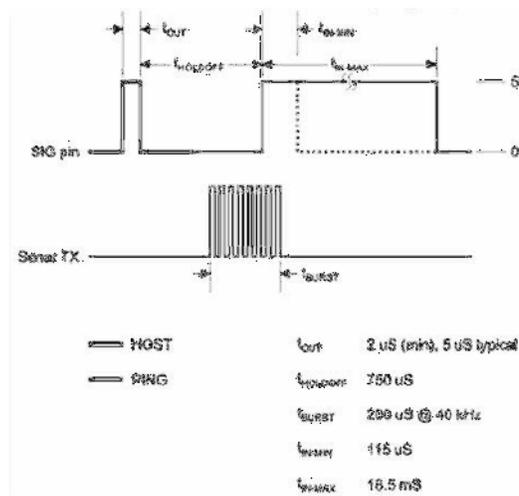
Sensor PING mendeteksi jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (40 KHz ) selama  $t = 200 \mu s$  kemudian mendeteksi pantulannya. Sensor PING memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan kontrol dari mikrokontroler pengendali ( pulsa trigger dengan tOUT min 2 us ).

Spesifikasi sensor :

- Kisaran pengukuran 3cm-3m.
- Input trigger –positive TTL pulse, 2uS min., 5uS tipikal.
- Echo hold off 750uS dari fall of trigger pulse.
- Delay before next measurement 200uS.
- Burst indicator LED menampilkan aktifitas sensor.



Gambar 6 Jarak Ukur Sensor Ping



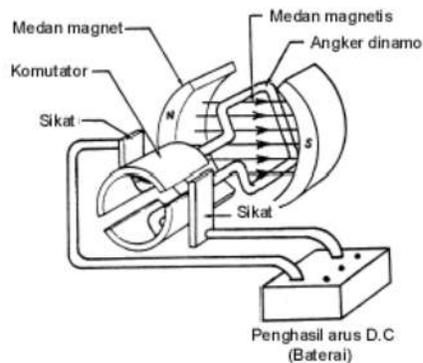
Gambar 7 Diagram Waktu Sensor Ping

Sensor Ping mendeteksi jarak obyek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (40 kHz) selama tBURST (200  $\mu$ s) kemudian mendeteksi pantulannya. Sensor Ping memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan kontrol dari mikrokontroler pengendali (pulsa *trigger* dengan tOUT min 2  $\mu$ s).[5]

## 2.5 Motor DC

Motor arus searah (motor dc) merupakan salah satu jenis motor listrik yang bergerak dengan menggunakan arus searah. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arahnya pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik.[6]

Prinsip kerja arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor yang paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas diantara kutub-kutub magnet permanen



Gambar 8 Struktur motor dc sederhana

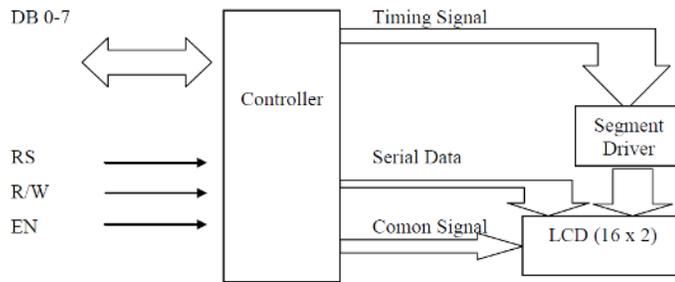
Catu tegangan dc dari baterai menuju lilitan melalui sikat menyentuh komutator dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar diatas disebut angker dinamo. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar diantara medan magnet.

Motor ini memiliki keunggulan dari motor ac yaitu mudah dalam mengatur dan mengontrol kecepatan putarnya. Ada beberapa cara untuk dapat mengendalikan kecepatan motor dc, antara lain dengan mengatur lebar pulsa tegangan setiap detiknya yang diberikan pada motor dc (teknik PWM) atau secara manual yaitu mengataur jumlah arus dan tegangan yang diberikan pada motor dc. Motor dc banyak digunakan di berbagai bidang mulai dari peralatan industri sampai peralatan rumah tangga. [7]

## 2.6 LCD (Liquid Crystal Display) M1632 16x2 Char

LCD merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan karakter angka maupun huruf. LCD yang digunakan adalah LCD 16x2 dengan 32 karakter, dimana terdapat 2 baris yang masing-masing terdiri dari 16 karakter. Tegangan 3,3 -5 Volt yang digunakan untuk mengaktifkan LCD tersebut.

LCD merupakan salah satu komponen yang banyak dipilih untuk dipergunakan sebagai tampilan karena kemudahannya dalam menyetur tampilan layar agar lebih menarik. Salah satu contoh LCD yang banyak digunakan yaitu LCD M1632 (LCD 2x16)



Gambar 9 Blok tampilan kristal cair (LCD)

LCD display module M1632 terdiri dari dua bagian, yang pertama merupakan panel LCD sebagai media penampil informasi dalam bentuk karakter dua baris, masing masing baris menampung 16 karakter. [8]

Bagian kedua merupakan sebuah sistem yang dibentuk dengan mikrokontroler yang ditempel dibalik panel LCD, berfungsi mengatir tampilan LCD. Dengan demikian pemakaian LCD M1632 menjadi sederhana, sistem lainya cukup mengirim kode0kode ASCII dari informasi yang ditampilkan.

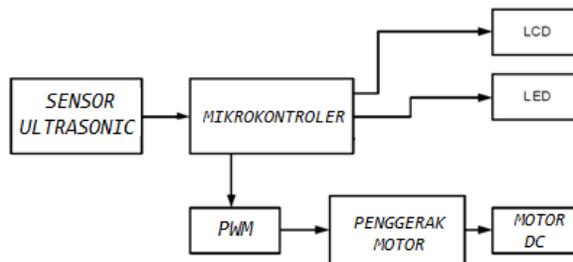
Spesifikasi LCD M1632, yaitu:

- Tampilan 16 karakter 2 baris
- RAM data tampilan dan RAM pembangkit dapat dibaca dari unit mikroprosesor
- Beberapa fungsi perintah anantara lain adalah penghapusan tampilan (display clear), posisi kursor awal (cursor home), tampilan karakter kedip (display character blink), penggeseran kursor (cursor shift) dan penggeseran tampilan (display shift)
- Rangkaian otomatis reset saat daya dinyalakan

Catu daya tunggal +5 volt

## 2.7 Diagram Blok Sistem

Prototipe sistem pengereman otomatis dirancang sesuai dengan blok diagram perancangan pada gambar 10



Gambar 10 Diagram Blok sistem

## 2.8 Prinsip Kerja Alat

Sensor jarak ultrasonik mengambil data jarak antara mobil dengan media penghalang. Data ini dikirim ke mikrokontroler yang selanjutnya mengirimkan sinyal tegangan kepada PWM (*Pulse Width Modulator*) yang mengkonversi nilai tegangan kepada rangkaian penggerak motor (motor driver) untuk menggerakkan motor dc, yang selanjutnya akan menggerakkan mobil. Jika data jarak

yang dikirim memenuhi nilai seting tertentu, maka mikrokontroler akan mengirimkan sinyal untuk membuat dan lampu LED untuk bekerja. Selain itu pula, mikrokontroler mengirimkan data jarak dan kecepatan ke tampilan LCD.

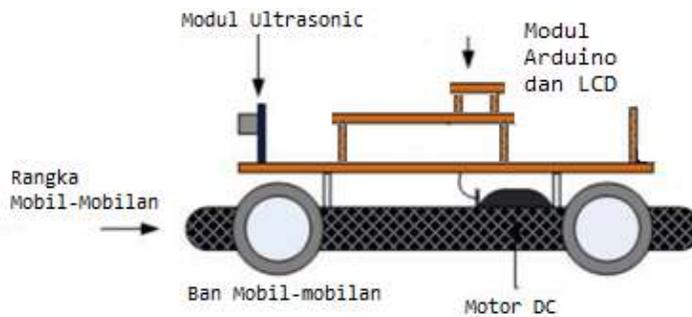
## 2.9 Perancangan Sistem

Secara garis besar perancangan sistem ini dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu:

- Perancangan *hardware* (perangkat keras), perancangan dari diagram blok sistem yang akan dibangun yang meliputi perancangan mekanik dari mobil listrik, penempatan sensor PING, modul LCD 16x2 dan perancangan catu daya.
- Perancangan *software* (perangkat lunak), yang meliputi program yang akan dimasukkan kedalam ATmega 328 pada Arduino Uno R3 untuk mengatur inputan sensor PING dan PWM dalam mengatur kecepatan motor DC dan mengatur tampilan LCD.

## 2.10 Perancangan Letak komponen pada miniatur Mobil

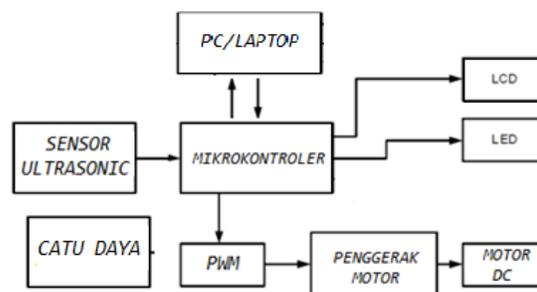
Perancangan letak dari seluruh komponen prototype pengendalian kecepatan mobil yang menggunakan arduino Uno R3 terlihat seperti pada gambar 11



Gambar 11 Tata Letak Komponen pada miniatur mobil.

## 2.11 Perancangan Perangkat Keras

Blok diagram Perancangan Perangkat Keras untuk prototype pengendalian kecepatan mobil dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar 12



Gambar 12 Diagram Blok Perangkat Keras

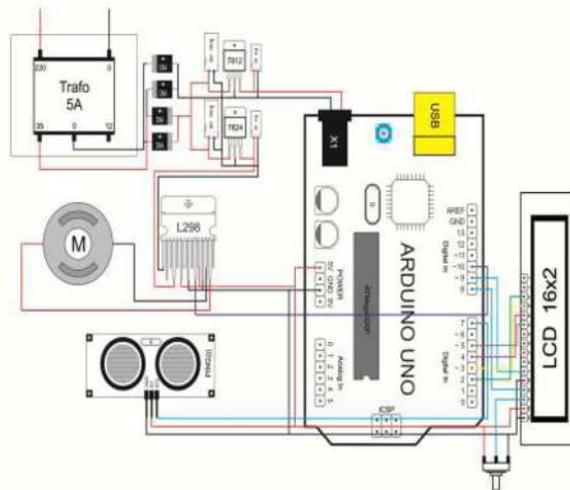
Sistem ini terdiri dari 1 unit PC / Laptop, 1 unit sensor ultrasonic ping parallax, 1 unit Arduino Uno yang didalamnya sudah tertanam mikrokontroler, kabel USB, , 1 unit catu daya, Driver H Bridge 30A, 1 unit Motor DC 7,2 volt, 1 unit LCD 16x2.

### 2.12 Personal Computer / Notebook

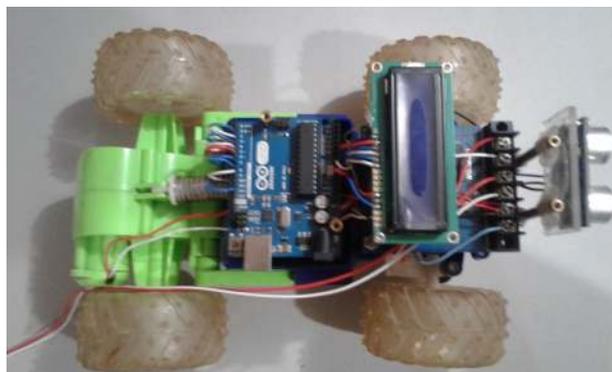
PC (Personal Computer) / Laptop disini sebagai pusat pengendali dan pemantau (monitoring). PC dan mikrokontroler yang terhubung melalui kabel USB dapat membaca berupa data-data yang ditampilkan dalam bentuk angka maupun dalam bentuk tampilan gambar

### 2.13 Arduino Uno dengan ATmega328

Arduino uno yang di dalamnya sudah tertanam mikrokontroler. berfungsi sebagai pemroses data yang terekam oleh sensor ultrasonik Ping Parallax, yang terhubung pin digital. Dari mikrokontroler dibuatkan aplikasi untuk membaca inputan data. Adapun rangkaiananya tampak pada gambar 13



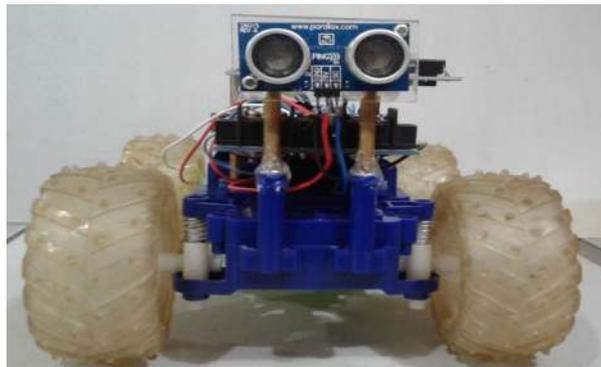
Gambar 13 Rangkaian Skematik Arduino Uno dengan sensor dan aktuator



Gambar 14 Miniatur Mobil tampak dari atas

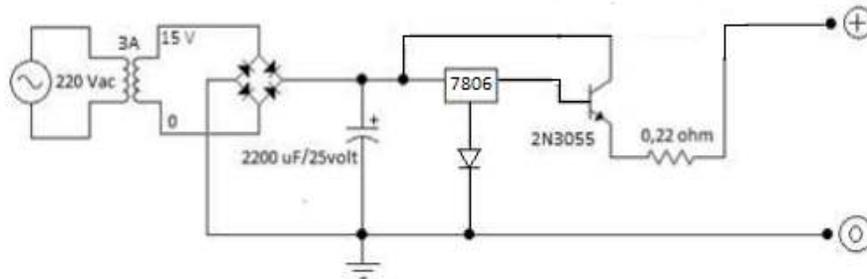


Gambar 15 Miniatur Mobil tampak dari samping



Gambar 16 Miniatur Mobil tampak dari depan.

## 2.14 Power Supply



Gambar 17 Skematik Rangkaian Power Supply.

Rangkaian catu daya memperoleh dari *input* sumber tegangan sebesar 220Volt yang relatif tinggi, diturunkan dengan menggunakan transformator *step down*. *Output* dari sisi sekunder transformator kemudian disearahkan dengan menggunakan dioda jembatan untuk menghasilkan *output* DC yang masih kasar. Untuk mengurangi tegangan bolak-balik hasil dari penyearahan digunakan rangkaian penapis yaitu kapasitor 2200  $\mu\text{F}$ . [6]

Untuk mendapatkan output yang diinginkan, digunakan IC *regulator* tegangan LM7806 untuk tegangan 6 Volt. Pada keluaran dari IC 7806 dipasang 1 buah *transistor* penguat arus 2N3055 yang digunakan untuk memperkuat arus keluaran.

## 2.15 Perancangan Perangkat Lunak

Rancangan perangkat lunak pada sistem pengendalian kecepatan mobil menggunakan program aplikasi komputer pemrograman mikrokontroler bahasa C.

## 2.16 Diagram Alir

Pemrograman mikrokontroler menggunakan pemrograman bahasa C yang masuk dalam bahasa bawaan Arduino itu sendiri. Diagram alir (flow chart) prototype sistem pengendalian kecepatan mobil ditunjukkan pada gambar 18.

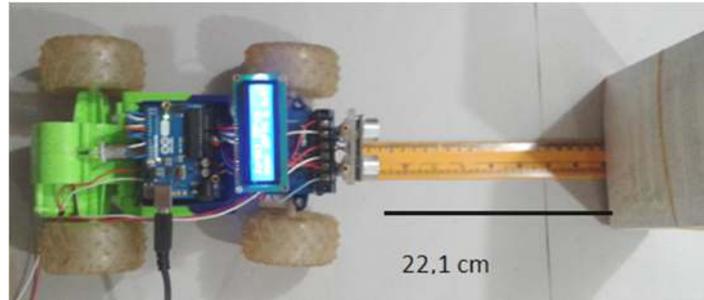


Gambar 18 Flow chart sistem yang ditanam ke dalam Arduino Uno

### 3. PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Pengujian Pembacaan jarak oleh sensor ultrasonic

Hasil Pengukuran jarak sensor dan benda 22,1 cm seperti pada gambar 19



Gambar 19 Pengujian sensor jarak terhadap benda di depannya

Hasil Pembacaan sensor ultrasonik terhadap benda didepannya ditunjukkan pada gambar 20



Gambar 20 Pembacaan sensor jarak pada tampilan LCD

#### 3.2 Persentase Kesalahan Pengukuran Jarak

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Hasil Seharusnya} - \text{Hasil Pengukuran}}{\text{Hasil Seharusnya}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Error} = \frac{22,1 - 22}{22,1} \times 100 \% = 0,45 \%$$

Tabel 1 Hasil Perhitungan Persentase Error Pengukuran Jarak

No	Jarak Seharusnya ( cm )	Jarak Terukur ( cm )	Persentase Kesalahan ( % )
1	10	10	0
2	22,1	22	0,45
3	40,2	40	0,5
4	65,2	65	0,31
5	80,5	80	0,62
6	101	100	0,99
7	121	121	0
8	151	150	0,66

### 3.3 Persentase Kesalahan Pengukuran Tegangan Catu Daya

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Hasil Seharusnya} - \text{Hasil Pengukuran}}{\text{Hasil Seharusnya}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Error} = \frac{6,00 - 5,89}{6,00} \times 100 \% = 1,83 \%$$



Gambar 21 Hasil pengukuran tegangan penggerak motor

### 3.4 Persentase Kesalahan Pengukuran Tegangan Output IC Regulator Arduino

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Hasil Seharusnya} - \text{Hasil Pengukuran}}{\text{Hasil Seharusnya}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Error} = \frac{5,00 - 4,93}{5,00} \times 100 \% = 1,4 \%$$



Gambar 22 Hasil pengukuran tegangan output ic regulator Arduino

### 3.5 Perhitungan Nilai PWM dan Persentase Error

$$\text{PWM} = 15 + \left\{ (22,1 - 10) \times \left( \frac{255 - 15}{200 - 10} \right) \right\} = 30,28$$

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Hasil Seharusnya} - \text{Hasil Pengukuran}}{\text{Hasil Seharusnya}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Error} = \frac{30,28 - 30}{30,28} \times 100 \% = 0,92 \%$$

Tabel 2 Hasil Perhitungan Persentase Error Pengukuran PWM

No	PWM Seharusnya	PWM Terukur	Persentase Kesalahan (%)
1	15	15	0
2	30,28	30	0,92
3	53,15	53	0,28
4	84,73	84	0,86
5	104,05	103	1,00
6	129,95	128	1,50
7	155,2	155	0,13
8	193,11	192	0,57



Gambar 24 Hasil pengukuran tegangan output dari driver (penggerak) motor

Berdasarkan hasil pengujian pada saat jarak maksimum 200 cm, pembacaan sensor jarak 198 cm tegangan pada motor 5,80 volt. Ketika jarak mulai berkurang kecepatan motor mulai berkurang sesuai dengan pembacaan sensor jarak. Ketika jarak pembacaan sensor 150 cm maka tegangan pada motor berkurang menjadi 3,67 volt. Kecepatan motor akan berkurang terus karena sudah diprogram, jika semakin berkurang jarak yang terbaca oleh sensor maka kecepatan motor akan semakin mengecil, motor akan berhenti karena pengereman jika pembacaan sensor jarak menjadi kurang dari atau sama dengan 10 cm

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah :

1. Dengan adanya sistem pengendalian kecepatan dan pengereman pada mobil listrik dengan menggunakan sensor ultrasonik sebagai sensor jarak dan arduino sebagai mikrokontroler, maka akan sangat berguna bagi pengemudi karena akan mengurangi resiko terjadinya kecelakaan yang banyak terjadi karena adanya kelalaian pengemudi (human error), dimana sistem ini secara otomatis dapat mengurangi kecepatan apabila jarak mobil dengan penghalang berkurang dan

- akan melakukan pengereman apabila jarak sudah sama atau kurang dari jarak minimal yang telah diatur pada mobil listrik.
2. Sistem pengendalian kecepatan dengan menggunakan sinyal PWM (*pulse width modulation*) sebagai pengendali utama kecepatan motor ternyata dapat mengendalikan kecepatan motor DC yang disesuaikan dengan hasil pembacaan sensor jarak, dimana pada jarak yang maksimal maka motor akan berputar dengan kecepatan maksimal, dan apabila jarak yang terbaca berkurang maka kecepatan juga akan berkurang. Dalam penelitian ini kecepatan maksimal terjadi apabila jarak mencapai 200 cm.
  3. Dengan menggunakan metode plugging atau pembalikan polaritas pada sistem pengereman, ternyata dapat mengendalikan pengereman secara otomatis apabila jarak yang terbaca oleh sensor ternyata sudah sama atau kurang dari jarak minimal. Dalam penelitian ini pengujian pengendalian pengereman dilakukan apabila jarak sama atau kurang dari 10 cm.
  4. Dengan menggunakan LCD sebagai tampilan display akan memberikan informasi visual yang sangat berguna bagi pengemudi agar dapat mengetahui adanya perubahan jarak, perubahan kecepatan, dan apabila sistem melakukan pengereman pada mobil listrik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nasution, T.H., Muchtar, M.A., Siregar, I., Andayani, U., Christian, E. and Sinulingga, E.P., 2017, April. Electrical appliances control prototype by using GSM module and Arduino. In 2017 4th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA) (pp. 355-358). IEEE.
- [2] Arduino, S.A., 2015. Arduino. Arduino LLC.
- [3] Koenka, I.J., Sáiz, J. and Hauser, P.C., 2014. Instrumentino: An open-source modular Python framework for controlling Arduino based experimental instruments. *Computer Physics Communications*, 185(10), pp.2724-2729.
- [4] Tobi, M.D., 2015. Rancang Bangun Robot Beroda Pemadam Api Menggunakan Arduino Uno Rev. 1.3. *Electro Luceat*, 1(1).
- [5] Tobi, M.D., 2018. DESAIN SISTEM PENGONTROLAN PINTU AIR OTOMATIS BERDASARKAN LEVEL KETINGGIAN AIR PADA KALI REMU SORONG PAPUA BARAT. *Electro Luceat*, 4(1), pp.43-51.
- [6] Rumalutur, S., 2019. MINIATUR SISTEM KONTROLER ESKALATOR OTOMATIS MENGGUNAKAN ARDUINO. *Electro Luceat*, 5(1), pp.46-56.
- [7] Mappa, A., 2018. Sistem Parkir Cerdas Sederhana Berbasis Arduino Mega 2560 Rev3. *Electro Luceat*, 4(1), pp.20-31.
- [8] Mappa, A., 2015. Sistem Pengendalian Kadar pH, Suhu, dan Level Air Pada Model Miniatur Tambak Udang. *Electro Luceat*, 1(1).