

DESAIN DAN IMPELEMENTASI KONTROL KECEPATAN DAN PENEREMAN PADA MOBIL LISTRIK DENGAN *FUZZY LOGIC CONTROL*

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF CONTROL SPEED AND BRAKING ON ELECTRIC CAR WITH A FUZZY LOGIC CONTROL

¹Fajar Fendrian Syahputra, ²Angga Rusdinar, ³Kharisma Bani Adam

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Jalan Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40275 Indonesia

fajarfendrian@students.telkomuniversity.ac.id, anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id,

kharismabaniadam@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kecelakaan kendaraan bermotor khususnya mobil belakangan ini meningkat. Data dari kepolisian yang dirilis tahun 2009, rata-rata 20.000 nyawa melayang per tahun akibat kecelakaan mobil. Menurut riset yang dilakukan oleh National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) penyebab utama kecelakaan adalah faktor human error yaitu kehilangan konsentrasi dan kelelahan. Sehingga diperlukan suatu alat yang mampu membantu manusia dalam mengemudikan mobil sehingga kecelakaan dapat dikurangi. Dalam penelitian ini, dibangun sistem kontrol kecepatan dan pengereman yang berkonsep mengatur kecepatan dan jarak antar mobil depan. Sistem ini dapat mengurangi atau menambahkan kecepatan sesuai dengan jarak antar mobil depan. Sebagai input sistem ini menggunakan sensor XL-MaxSonar-EZ atau RPLidar A1M1 yang berfungsi untuk mengetahui posisi jarak mobil dengan mobil didepan. Arduino TFT LCD touch screen sebagai input jarak dan kecepatan maksimum. Sistem ini juga menggunakan rotary encoder untuk membaca kecepatan mobil. Keempat input tersebut akan diolah Arduino Mega dengan metode fuzzy logic control dan PI control, sehingga menghasilkan output fuzzy berupa PWM dan jarak. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah menghasilkan prototype sistem kontrol kecepatan dan pengereman pada mobil listrik yang dapat mengatur jarak otomatis sesuai dengan jarak antar mobil depan yang sudah ditentukan dan menambahkan atau mengurangi kecepatan mobil sesuai jarak maksimal yang ditentukan. Dengan adanya sistem ini pengemudi dapat terbantu untuk mengendalikan kendaraannya sehingga dapat mengurangi tingkat kecelakaan akibat hilangnya konsentrasi dalam menngemudi. Dari hasil yang didapatkan, sensor jarak yang cocok untuk sistem ini adalah sensor XL-MaxSonar-EZ. Sensor XL-MaxSonar-EZ ini dapat membaca objek mobil dengan baik. Semakin besar nilai PWM yang diberikan untuk rangkaian DAC, semakin cepat juga perputaran motor. Semakin besar nilai PWM yang diberikan untuk buck converter, semakin baik pengereman regeneratif.

Kata kunci: Mobil Listrik, *Rotary Encoder*, Kontrol, Kecepatan, Pengereman Regeneratif, Motor BLDC, XL-MaxSonar-EZ, RPLidar A1M1, *PI control*

Abstract

Motor vehicle accidents, especially car increases recently. Data from the police which was released in 2009, an average of 20,000 lives per year in a car accident. According to research conducted by the National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), the main cause of accidents is human error factor is loss of concentration and fatigue. So we need a tool that can help people to drive a car so that accidents can be reduced. In this study, built speed control and braking systems concepts adjust the speed and the distance between the front of the car. This system can reduce or increase the speed according to the distance between the front of the car. As the system uses sensor input XL-MaxSonar-EZ or RPLidar A1M1 that serves to determine the position of the range car with the car ahead. Arduino TFT LCD touch screen as the input distance and maximum speed. The system also uses a rotary encoder to read the speed of the car. The fourth input will be processed Arduino Mega with fuzzy logic control and the PI control, so the PWM output fuzzy shapes and distances. The final goal of this research is to produce a prototype speed control and braking systems on electric cars that can automatically adjust the distance according to the distance between the front of the car which has been determined and the increase or decrease the speed of the car in accordance with a specified maximum distance. With this system the driver can help to control kenderaannya so as to reduce the rate of accidents due to loss of concentration in menngemudi. From the results obtained, the proximity sensor is suitable for this system is sensor-MaxSonar XL-EZ. Sensor XL-MaxSonar-EZ can be read with the object of a good car. The larger the PWM value given to the DAC, the faster the motor rotation as well. The greater the value given to the PWM buck converter, the better the regenerative braking.

Keywords: Electric Car, Rotary Encoder, Control, Speed, Regenerative Breaking, BLDC Motor, XL-MaxSonar-EZ, RPLidar A1M1, PI Control

1. Pendahuluan

Kecelakaan lalu lintas di Indonesia semakin tahun ke tahun semakin parah. Sebagai contoh pada tahun 2014, dalam situs IRSMS Korlantas Polri angka kecelakaan lalu lintas mencapai 88659 kecelakaan dan orang tewas akibat kecelakaan mencapai 19572. Angka kecelakaan mobil tertinggi kedua, yaitu kecelakaan mobil. Beberapa penyebab kecelakaan lalu lintas yang terjadi pada pengendara mobil adalah hilangnya konsentrasi saat mengemudi. Hilangnya konsentrasi pengemudi dikarenakan faktor kelelahan pada saat mengemudi. Dari faktor tersebut penulis menemukan solusi untuk mengurangi tingkat kecelakaan lalu lintas yang diakibatkan oleh hilangnya konsentrasi. Solusinya adalah merancang sistem kontrol kecepatan dan pengereman dengan menggunakan metode *fuzzy logic control*. Sistem ini akan dirancang pada mobil listrik yang berupa prototipe.

Pada jurnal ini, untuk menunjang sistem ini diperlukan komponen penunjang sistem ini, yaitu sensor jarak untuk mendeteksi posisi mobil terhadap mobil didepan menggunakan XL-MaxSonar-EZ atau RPLidar A1M1, input jarak dan kecepatan maksimum menggunakan Arduino TFT LCD *touch screen*, sensor kecepatan untuk membaca kecepatan mobil menggunakan *Hall Effect Sensor*, diperlukan Arduino Mega sebagai mikrokontroler untuk mengolah data input jarak, kecepatan maksimum, sensor jarak, dan sensor kecepatan sebagai input *fuzzy logic*, motor BLDC sebagai penggerak mobil, dan pengereman regeneratif. Output *fuzzy logic* dari sistem ini adalah PWM dan jarak. Dimana output ini sebagai mengontrol kecepatan dan pengereman pada mobil.

2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1. Mobil Listrik

Mobil listrik merupakan jenis mobil yang menggunakan listrik sebagai sumber energinya untuk bergerak. Energi disimpan pada baterai atau tempat penyimpanan energi lainnya. Mobil listrik merupakan langkah efektif untuk mengurangi terjadinya emisi rumah kaca dan hal utamanya adalah mobil listrik bisa terus dikembangkan dan di automasi dengan berbagai fitur yang dapat membantu manusia

2.2. RPLidar A1M1

LIDAR (Light Detection and Ranging) adalah sebuah teknologi peraba jarak jauh optik yang mengukur properti cahaya yang tersebar untuk menemukan jarak dan/atau informasi lain dari target yang jauh. Metode untuk menentukan jarak menuju obyek atau permukaan adalah dengan menggunakan pulsa laser. Seperti teknologi radar, yang menggunakan gelombang radio daripada cahaya, jarak menuju obyek ditentukan dengan mengukur selang waktu antara transmisi pulsa dan deteksi sinyal yang dipancarkan.

RPLidar adalah pemindai laser 2D berdasarkan putaran 360 derajat yang dikembangkan oleh RoboPeak. Sistem tersebut dapat memindai secara 360 derajat dengan rentang mencapai 6 meter. Titik 2D yang dihasilkan akan digunakan untuk pemetaan, lokalisasi, dan pemodelan lingkungan/objek. Frekuensi pemindaian daripada sensor Rplidar tersebut mencapai 5,5 Hz pada saat mensampling 360 derajat. Dan dapat dikonfigurasi maksimal 10 Hz. Rplidar pada dasarnya adalah sebuah sistem pengukuran triangulasi laser. Dapat berfungsi dengan baik di dalam ruangan dan di luar ruangan tanpa terkena sinar matahari.

Mekanisme kerja RPLidar berdasarkan prinsip jarak triangulasi laser, digunakan untuk pembacaan akuisisi yang cepat, dan proses perkembangan perangkat keras dikembangkan oleh RoboPeak. Sistem ini menghitung data jarak lebih dari 200 kali/detik dan dengan output jarak resolusi yang tinggi (<1% dari kejauhan). RPLidar memancarkan sinyal laser inframerah yang sudah termodulasi dan sinyal laser kemudian dipantulkan oleh objek yang terdeteksi. Sinyal yang kembali adalah sampel dari sistem akuisisi pembacaan pada RPLidar dan DSP yang tertanam pada RPLidar memulai proses pengambilan data, nilai jarak output, nilai sudut diantara objek, dan RPLidar memulai menghubungkan komunikasi.

2.3. Three Phase Full Wave Uncontrolled Rectifier

Penyearah tiga fasa umumnya digunakan dalam industri untuk menghasilkan tegangan dc dan arus untuk beban besar. Sumber tegangan tiga fase memiliki keseimbangan daya karena di pasok oleh tiga fase a,b dan c. Sumber dan dioda diasumsikan ideal dalam analisis awal dari rangkaian.

2.4. Buck Converter

Buck converter dapat menurunkan tegangan DC dari nilai tertentu menjadi tegangan DC yang lebih rendah. Buck converter menggunakan komponen switching yaitu MOSFET untuk mengatur duty cycle. Komponen yang menyusun rangkaian buck converter ini adalah sumber masukan DC, MOSFET, dioda, induktor, kapasitor, rangkaian driver Mosfet serta beban. Kinerja dari buck converter dibagi menjadi 2 yaitu :

- Ketika MOSFET on dan dioda off, arus akan mengalir dari sumber menuju induktor(pengisian induktor), disaring dengan kapasitor, lalu ke beban, dan kembali lagi ke sumber.
- Ketika MOSFET off dan dioda on, arus yang disimpan di induktor dikeluarkan menuju ke beban lalu ke diode dan kembali lagi ke inductor.

2.5. Fuzzy Logic

Logika Fuzzy merupakan logika dalam pengambilan keputusan yang digunakan untuk memecahkan masalah dengan sistem yang sulit untuk dimodelkan, teori tentang fuzzy set pertama kali diperkenalkan dan dikembangkan oleh Dr. Lotfi A. Zadeh dari Universitas California, Berkeley pada tahun 1965. Dalam kehidupan banyak masalah dengan informasi yang sulit direpresentasikan ke dalam sebuah model rumus atau angka yang pasti karena informasi tersebut bersifat kualitatif (tidak bisa dihitung secara kuantitatif).

2.6. XL-MaxSonar-EZ

XL-MaxSonar-EZ memiliki daya output yang tinggi dengan real-time auto calibration terhadap perubahan kondisi (suhu, tegangan, dan akustik atau gangguan listrik, sehingga dapat dipastikan data pembacaan yang diterima sangat bagus. XL-MaxSonar-EZ membutuhkan daya rendah dari 3.3 V sampai 5.5 V dan pengolahan data hanya membutuhkan waktu singkat untuk mendeteksi jarak jauh dan pengukuran jarak. Seri sensor MB1200 dan MB1300 mendeteksi objek dari 0 cm sampai 765 cm atau 1068 (sesuai dengan mode yang diinginkan) dan menyediakan informasi jarak sonar dari 20 cm2 untuk 765 cm atau 1068 cm (sesuai dengan mode yang diinginkan) dengan resolusi 1 cm. Objek dari 0 cm sampai 20 cm biasanya berkisar 20 cm. Format output antarmuka adalah pulse width output (seri MB1200), real-time analog voltage envelope (seri MB1300), analog voltage output, dan serial digital output.

2.7. ADC (Analog to Digital Converter)

ADC (Analog to Digital Converter) adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog (sinyal kontinyu) menjadi sinyal digital. Perangkat ADC (Analog to Digital Conversion) dapat berbentuk suatu modul atau rangkaian elektronika maupun suatu chip IC. ADC (Analog to Digital Converter) berfungsi untuk menjembatani pemrosesan sinyal analog oleh sistem digital. Alat bantu digital yang paling penting untuk teknologi kontrol proses adalah yang menerjemahkan informasi digital ke bentuk analog dan juga sebaliknya. Sebagian besar pengukuran variabel-variabel dinamik dilakukan oleh piranti ini yang menerjemahkan informasi mengenai variabel ke bentuk sinyal listrik analog. Untuk menghubungkan sinyal ini dengan sebuah komputer atau rangkaian logika digital, sangat perlu untuk terlebih dahulu melakukan konversi analog ke digital (A/D). Hal-hal mengenai konversi ini harus diketahui sehingga ada keunikan, hubungan khusus antara sinyal analog dan digital.

2.8. Kontrol PI

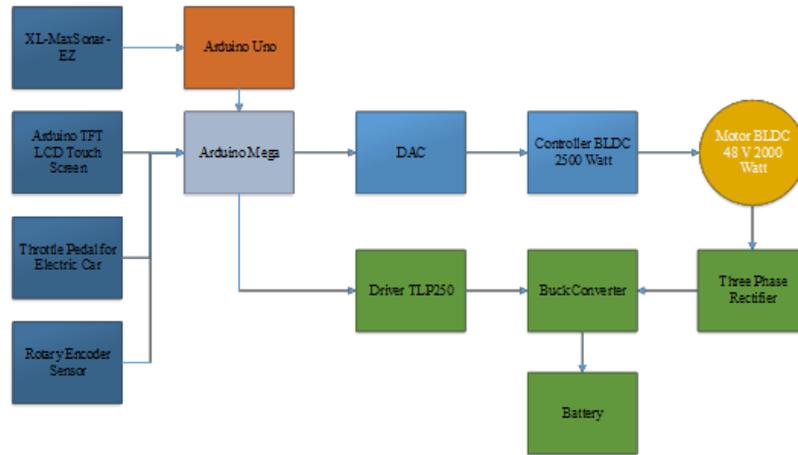
Suatu pengontrol proporsional yang memberikan aksi kontrol proporsional dengan error akan mengakibatkan efek pada pengurangan rise time dan menimbulkan kesalahan keadaan tunak (offset). Suatu pengontrol integral yang memberikan aksi kontrol sebanding dengan jumlah kesalahan akan mengakibatkan efek yang baik dalam mengurangi kesalahan keadaan tunak tetapi dapat mengakibatkan respon transien yang memburuk. Pengetahuan tentang efek yang diakibatkan oleh masing-masing pengontrol tersebut yang nantinya akan digunakan dalam penentuan nilai-nilai penguatan proporsional (K_p) dan integral (K_i).

2.9. DAC (Digital to Analog Converter)

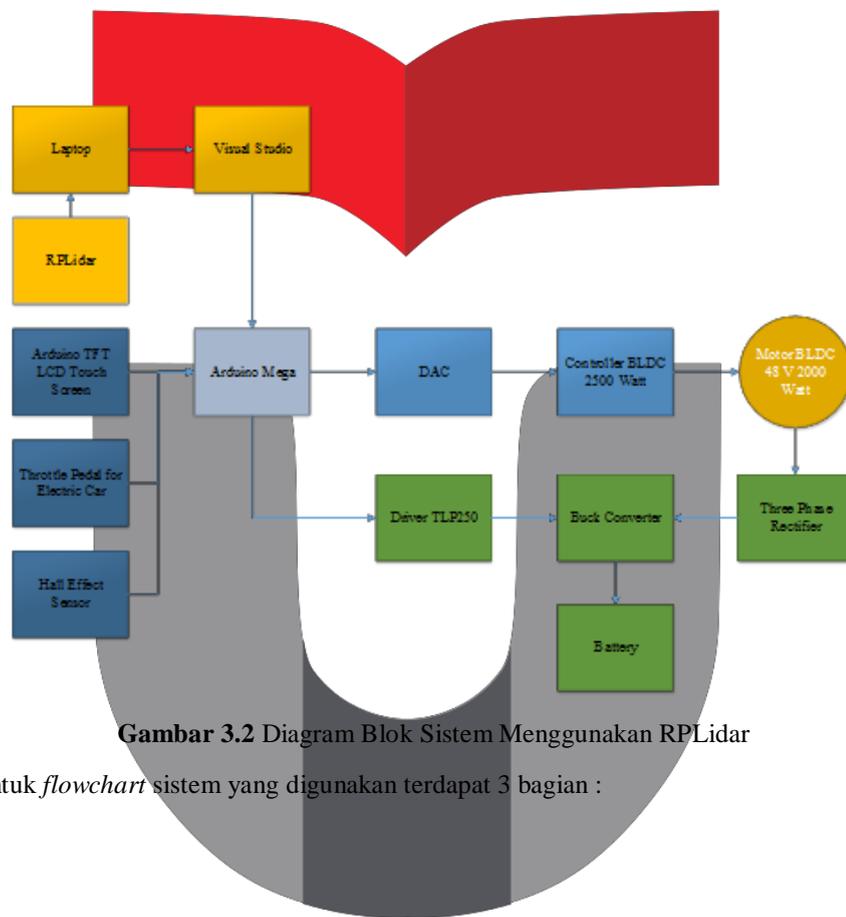
DAC (Digital to Analog Converter) adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal digital (diskrit) menjadi sinyal analog (kontinyu). Aplikasi DAC (Digital to Analog Converter) adalah sebagai antarmuka antara perangkat yang bekerja dengan sistem digital dan perangkat pemroses sinyal analog. Perangkat DAC (Digital to Analog Converter) dapat berupa rangkaian elektronika dan chip IC DAC.

3. Perancangan Sistem

Sistem kontrol kecepatan dan pengereman dengan fuzzy logic terdapat 2 blok sistem, yaitu perancangan sistem menggunakan sensor XL-MaxSonar-EZ dan menggunakan sensor RPLidar.

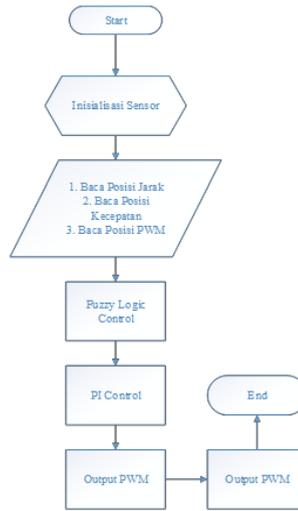


Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem Menggunakan XL-MaxSonar-EZ

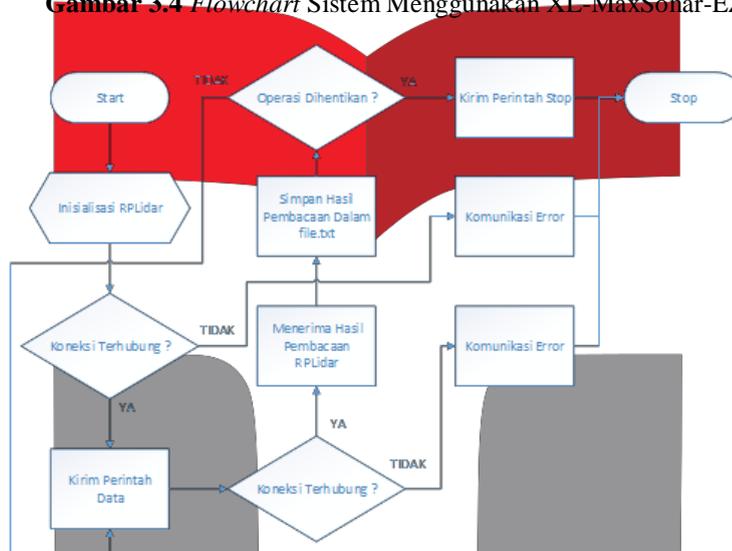


Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Menggunakan RPLidar

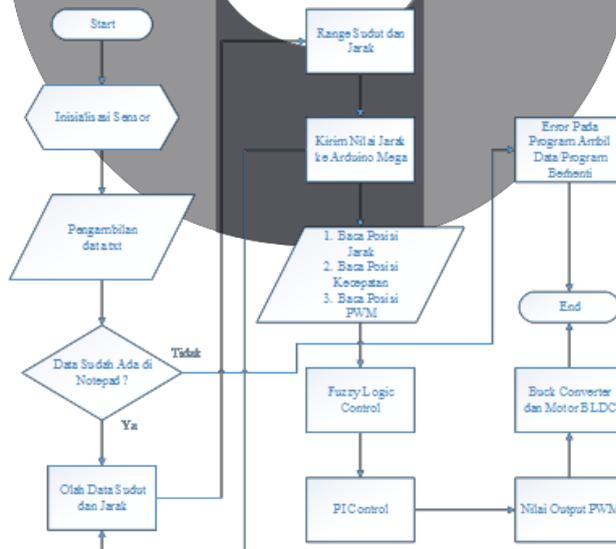
Sementara untuk *flowchart* sistem yang digunakan terdapat 3 bagian :



Gambar 3.4 Flowchart Sistem Menggunakan XL-MaxSonar-EZ



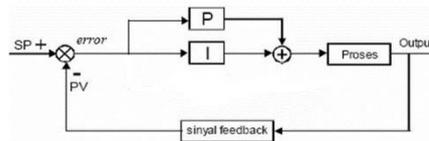
Gambar 3.5 Flowchart Ambil Data RPLidar



Gambar 3.6 Flowchart Sistem Menggunakan RPLidar

3.1. Perancangan Kontrol PI

Pada tugas akhir ini, Kontrol PI digunakan mobil untuk mencapai jarak sesuai set point jarak yang sudah ditentukan dengan menentukan parameter aksi Kontrol Proportional dan Integratif pada mobil listrik. Proses ini dapat dilakukan dengan cara trial and error. Keunggulan cara ini tidak mengidentifikasi plant, tidak membuat model matematis plant, dan tidak menentukan parameter plant dengan grafis atau analitis. Cukup dengan cara coba-coba memberikan konstanta P-I pada formula PI, sehingga diperoleh hasil yang diinginkan, dengan mengacu pada karakteristik masing-masing Kontrol P-I. Menggunakan kontrol P-I bertujuan untuk mengolah suatu sinyal kesalahan atau error, nilai error tersebut diolah dengan formula PI untuk dijadikan suatu sinyal kendali atau sinyal kontrol yang akan diteruskan ke aktuator. Untuk lebih mudah dapat dilihat gambar blok diagram umpan balik loop tertutup pada perancangan kendali PI pada mobil berikut ini.



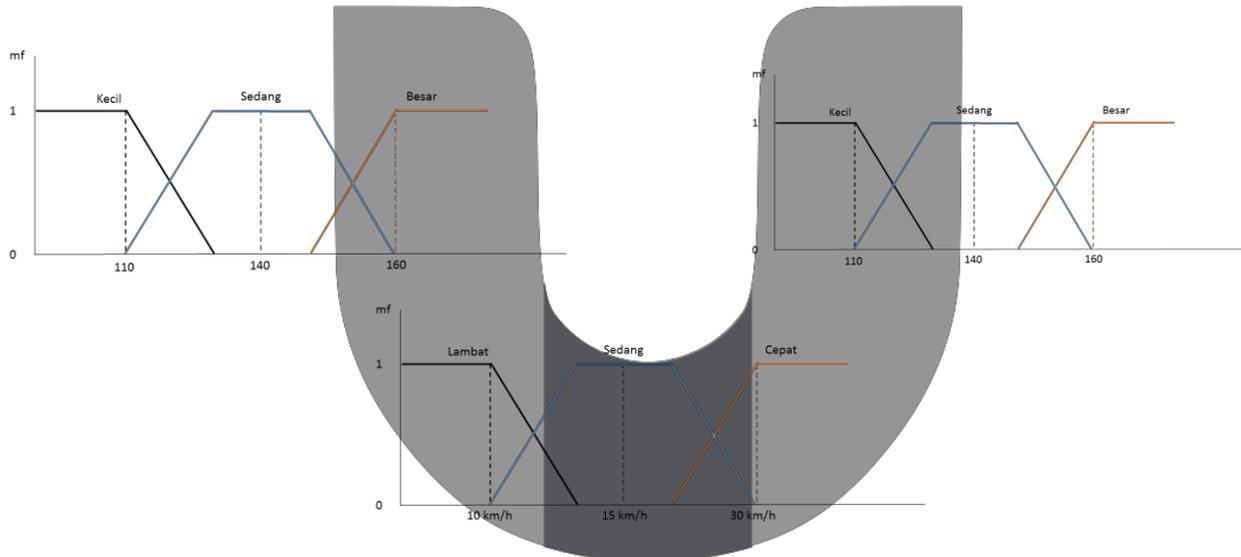
Gambar 3.7 Diagram Alir Kontrol PI

3.2. Perancangan Fuzzy Logic

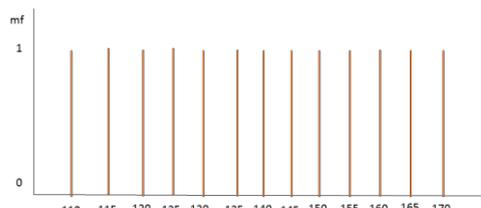
Logika fuzzy digunakan sebagai pengolah data masukan dari sudut tegangan keluaran rectifier dan tegangan baterai untuk mengatur lebar pulsa pensaklaran.

3.1.1 Fuzzyfication

Fuzzyfication merupakan proses awal dari perancangan logika fuzzy. Pada tahap ini akan dibuat suatu fungsi keanggotaan dari nilai masukan serta menentukan banyaknya nilai linguistik dari fungsi keanggotaan tersebut. Berikut adalah fungsi keanggotaan dari tiap masukan dan keluaran.



Gambar 3.8 Fungsi Keanggotaan Input



Gambar 3.9 Fungsi Keanggotaan Output

3.1.2 Rule Interface

Pada rule interface terjadi pengolahan data masukan dengan hasil keluaran yang diinginkan berdasarkan aturan fuzzy. Aturan fuzzy tersebut akan di tuliskan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.1 Matriks Rules PWM

Kecepatan		PWM		
		Lambat	Kecil	Sedang
Jarak	Dekat	110	115	120
	Tengah	125	130	135
	Jauh	140	145	150

Kecepatan		PWM		
		Cepat	Kecil	Sedang
Jarak	Dekat	130	135	140
	Tengah	145	150	155
	Jauh	160	165	170

Kecepatan		PWM		
		Sedang	Kecil	Sedang
Jarak	Dekat	120	125	130
	Tengah	135	140	145
	Jauh	150	155	160

3.1.3 Defuzzification

Proses terakhir yaitu defuzzifikasi memetakan nilai-nilai output fuzzy yang dihasilkan pada tahap rules interface. Dalam perancangan tugas akhir ini proses defuzzifikasi menggunakan metode mean max dan output dari proses defuzzifikasi berupa nilai PWM untuk mengatur pensaklaran mosfet pada buck converter dan mengatur kecepatan motor BLDC.

4. Pengujian dan Analisis

Cara pengujian :

Pengujian dilakukan dengan cara menekan tombol "ON" pada Touch Screen Display untuk mengaktifkan sistem kontrol kecepatan dan pengereman. Kemudian menginput nilai batas jarak antar mobil dan batas kecepatan. Nilai batas jarak memiliki tiga pilihan, yaitu 200, 300, dan 400 dengan satuan meter. Nilai batas kecepatan memiliki tiga pilihan, yaitu 10, 15, dan 20 dengan satuan kilometer per jam. Nilai batas jarak sebagai set point untuk metode PI control. Cara untuk memilih ketiga nilai dari masing-masing batas dengan tombol "+" untuk menambahkan nilai dan "-" untuk mengurangi nilai. Cara untuk menginput nilai batas jarak dan kecepatan menekan tombol "OK" pada Touch Screen Display. Setelah menekan tombol "OK", sistem akan aktif. Pengujian kali ini menggunakan nilai batas jarak 200 meter dan nilai batas kecepatan 20 km/h. Berikut hasil output yang dihasilkan dari metode fuzzy logic dan PI control pada saat sistem aktif.

posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 23	posisi pwm = 17	Hasil fuzzy = 149.50	Hasil fuzzyPI = 17.17	Kondisi = 2
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 23	posisi pwm = 151	Hasil fuzzy = 15.23	Hasil fuzzyPI = 151.45	Kondisi = 2
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 23	posisi pwm = 17	Hasil fuzzy = 149.50	Hasil fuzzyPI = 17.17	Kondisi = 2
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 18	posisi pwm = 151	Hasil fuzzy = 139.20	Hasil fuzzyPI = 151.45	Kondisi = 1
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 20	posisi pwm = 141	Hasil fuzzy = 15.48	Hasil fuzzyPI = 141.15	Kondisi = 1
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 217	posisi pwm = 17	Hasil fuzzy = 149.50	Hasil fuzzyPI = 17.42	Kondisi = 2
posisi jarak = 203	posisi kecepatan= 473	posisi pwm = 151	Hasil fuzzy = 9.13	Hasil fuzzyPI = 151.45	Kondisi = 2
posisi jarak = 203	posisi kecepatan= 34	posisi pwm = 11	Hasil fuzzy = 149.70	Hasil fuzzyPI = 11.08	Kondisi = 2
posisi jarak = 203	posisi kecepatan= 23	posisi pwm = 151	Hasil fuzzy = 9.13	Hasil fuzzyPI = 151.65	Kondisi = 2
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 23	posisi pwm = 11	Hasil fuzzy = 149.50	Hasil fuzzyPI = 11.08	Kondisi = 2
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 20	posisi pwm = 151	Hasil fuzzy = 15.23	Hasil fuzzyPI = 151.45	Kondisi = 1
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 18	posisi pwm = 17	Hasil fuzzy = 140.50	Hasil fuzzyPI = 17.18	Kondisi = 1
posisi jarak = 203	posisi kecepatan= 461	posisi pwm = 142	Hasil fuzzy = 9.27	Hasil fuzzyPI = 142.45	Kondisi = 2
posisi jarak = 203	posisi kecepatan= 27	posisi pwm = 11	Hasil fuzzy = 149.70	Hasil fuzzyPI = 11.22	Kondisi = 2
posisi jarak = 203	posisi kecepatan= 62	posisi pwm = 151	Hasil fuzzy = 9.13	Hasil fuzzyPI = 151.65	Kondisi = 2
posisi jarak = 203	posisi kecepatan= 23	posisi pwm = 11	Hasil fuzzy = 149.70	Hasil fuzzyPI = 11.08	Kondisi = 2
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 23	posisi pwm = 151	Hasil fuzzy = 9.13	Hasil fuzzyPI = 151.65	Kondisi = 2
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 20	posisi pwm = 11	Hasil fuzzy = 149.50	Hasil fuzzyPI = 11.09	Kondisi = 1
posisi jarak = 203	posisi kecepatan= 262	posisi pwm = 151	Hasil fuzzy = 9.13	Hasil fuzzyPI = 151.45	Kondisi = 2
posisi jarak = 203	posisi kecepatan= 23	posisi pwm = 11	Hasil fuzzy = 149.70	Hasil fuzzyPI = 11.09	Kondisi = 2
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 57	posisi pwm = 151	Hasil fuzzy = 15.23	Hasil fuzzyPI = 151.65	Kondisi = 2
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 18	posisi pwm = 17	Hasil fuzzy = 140.50	Hasil fuzzyPI = 17.18	Kondisi = 1
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 236	posisi pwm = 142	Hasil fuzzy = 15.45	Hasil fuzzyPI = 142.45	Kondisi = 2
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 23	posisi pwm = 17	Hasil fuzzy = 149.50	Hasil fuzzyPI = 17.40	Kondisi = 2
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 53	posisi pwm = 151	Hasil fuzzy = 15.23	Hasil fuzzyPI = 151.46	Kondisi = 2
posisi jarak = 107	posisi kecepatan= 23	posisi pwm = 17	Hasil fuzzy = 140.00	Hasil fuzzyPI = 17.28	Kondisi = 2
posisi jarak = 107	posisi kecepatan= 20	posisi pwm = 142	Hasil fuzzy = 149.50	Hasil fuzzyPI = 142.06	Kondisi = 2
posisi jarak = 107	posisi kecepatan= 20	posisi pwm = 151	Hasil fuzzy = 147.25	Hasil fuzzyPI = 151.57	Kondisi = 2
posisi jarak = 97	posisi kecepatan= 18	posisi pwm = 149	Hasil fuzzy = 138.75	Hasil fuzzyPI = 149.34	Kondisi = 2
posisi jarak = 107	posisi kecepatan= 18	posisi pwm = 140	Hasil fuzzy = 136.00	Hasil fuzzyPI = 140.84	Kondisi = 2
posisi jarak = 97	posisi kecepatan= 18	posisi pwm = 138	Hasil fuzzy = 131.33	Hasil fuzzyPI = 138.11	Kondisi = 2
posisi jarak = 97	posisi kecepatan= 13	posisi pwm = 133	Hasil fuzzy = 117.17	Hasil fuzzyPI = 133.45	Kondisi = 2
posisi jarak = 97	posisi kecepatan= 16	posisi pwm = 119	Hasil fuzzy = 140.50	Hasil fuzzyPI = 119.30	Kondisi = 2
posisi jarak = 97	posisi kecepatan= 11	posisi pwm = 142	Hasil fuzzy = 131.50	Hasil fuzzyPI = 142.64	Kondisi = 2
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 13	posisi pwm = 133	Hasil fuzzy = 138.07	Hasil fuzzyPI = 133.54	Kondisi = 1
posisi jarak = 97	posisi kecepatan= 201	posisi pwm = 140	Hasil fuzzy = 145.00	Hasil fuzzyPI = 140.22	Kondisi = 2
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 463	posisi pwm = 147	Hasil fuzzy = 15.32	Hasil fuzzyPI = 147.06	Kondisi = 2
posisi jarak = 205	posisi kecepatan= 44	posisi pwm = 17	Hasil fuzzy = 149.50	Hasil fuzzyPI = 17.38	Kondisi = 2
posisi jarak = 97	posisi kecepatan= 23	posisi pwm = 151	Hasil fuzzy = 147.25	Hasil fuzzyPI = 151.66	Kondisi = 2
posisi jarak = 97	posisi kecepatan= 23	posisi pwm = 149	Hasil fuzzy = 147.75	Hasil fuzzyPI = 149.42	Kondisi = 2
posisi jarak = 97	posisi kecepatan= 20	posisi pwm = 149	Hasil fuzzy = 147.75	Hasil fuzzyPI = 149.93	Kondisi = 2
posisi jarak = 97	posisi kecepatan= 18	posisi pwm = 149	Hasil fuzzy = 138.75	Hasil fuzzyPI = 149.94	Kondisi = 2

Gambar 4. 1 Pengujian Hasil Metode Fuzzy logic dan PI Control

Dari Gambar 4. 10 dapat dilihat nilai fuzzy logic control berubah-ubah sesuai dengan input fuzzy logic control yang diberikan. Ketika sistem ini aktif, nilai PWM sekarang sama dengan nilai output dari fuzzy logic dan PI control. Pada data tersebut terdapat dua kondisi yang bernilai 1 dan 2, kondisi 1 adalah mobil sedang melaju dan kondisi 2 adalah mobil sedang mengerem. Hasil fuzzy PI control adalah penjumlahan nilai fuzzy logic control dan PI control.



Gambar 4. 11 Implementasi Hasil Metode *Fuzzy logic* dan *PI Control* Pada Mobil Listrik

5. Kesimpulan

Dari hasil simulasi didapat beberapa kesimpulan yaitu :

1. Rangkaian buck converter berhasil menjadi regulator aliran daya pada sistem pengereman regeneratif pada mobil listrik.
2. Semakin besar duty cycle maka semakin besar arus keluaran dari buck converter.
3. Tugas Akhir ini berhasil di implementasikan pada mobil listrik INACOS.
4. Hasil pembacaan jarak oleh sensor RPLidar mempunyai nilai yang lebih presisi daripada hasil pembacaan jarak oleh sensor XL-MaxSonar-EZ.



Daftar Pustaka

- [1] Stephen J Chapman 4th edition. 2005. *Electric Machinery Engineering*.
- [2] Agung Warsito, dkk., 2006. *Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa*. Transmisi, Vol. 11, No. 1.
- [3] Hossein-zadeh, Naser, dkk. 2007. *A MATLAB/Simulink Model of SEIG for an Electrical Brake Application*.
- [4] Yunus Tjandi. 2008. *Fungsi Arus Searah Pada Pengereman Motor Induksi*. Media Elektrik: Vol.3.
- [5] Abe Dharmawan. "Pengendalian Motor Brushless DC Dengan Metode PWM Sinusoidal Menggunakan ATMEGA 16" Skripsi UI 2009
- [6] Aslimeri, dkk. 2008. *Teknik Transmisi Tenaga Listrik*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- [7] Ashary, Annisa Gumilar. 2014. *Desain dan Implementasi Konverter Boost Pada Termoelektrik Generator Menggunakan IC Regulator Model Pensaklaran*. Bandung : Universitas Telkom.
- [8] Wikipediawan. (2014), Mobil Listrik, http://id.wikipedia.org/wiki/Mobil_listrik.
- [9] Suyanto. 2007. *Artificial Intelegent*. Bandung: Informatika Bandung
- [10] Rusiana, Endang. (2011), Fuzzy Logic, <http://wangready.files.wordpress.com>