



**PERANCANGAN SISTEM ROBOT PENGUKUR KONDISI  
JALAN BERBASIS *FUZZY LOGIC***

**SKRIPSI**

Oleh :

**Muhammad Fadli Rois  
NIM 121910201040**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2017**



**PERANCANGAN SISTEM ROBOT PENGUKUR KONDISI  
JALAN BERBASIS *FUZZY LOGIC***

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi persyaratan tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

**Muhammad Fadli Rois  
NIM 121910201040**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2017**

## PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya hingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini merupakan langkah awal kesuksesan yang saya raih sebelum menuju kesuksesan selanjutnya dalam hidup saya. Dengan penuh rasa syukur dengan ketulusan hati saya persembahkan karya ini kepada:

1. Kedua orang tua saya ayahanda Suntari dan ibunda Sri Rahma Yuliati yang tercinta terimakasih yang sangat berlimpah karena telah mendidik, membesarkan, memberi cinta dan kasih sayang serta doa yang tiada putus hingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini, dan saya persembahkan gelar yang saya dapatkan untuk mereka;
2. Dosen Pembimbing Utama Bapak Mohamad Agung Prawira Negara dan Dosen Pembimbing Anggota Bapak Widya Cahyadi yang sudahsabar dan ikhlas dalam membimbing saya menyelesaikan skripsi ini;
3. Teman-teman Teknik Elektro S1 maupun D3 angkatan 2012;
4. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

### MOTTO

Allah meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.  
(terjemahan Surat *Al-Mujadalah* ayat 11)

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan; Maka apabila kamu telah selesai dari sesuatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh – sungguh urusan yang lain.  
(terjemahan Surat *Al-Insyirah* ayat 6 - 7)

Barangsiapa yang menapaki suatu jalan dalam rangka mencari ilmu maka Allah akan memudahkan baginya jalan ke Surga.  
(H.R. Ibnu Majah & Abu Dawud)

Jangan pernah malu untuk maju, karena malu menjadikan kita takkan pernah mengetahui dan memahami segala sesuatu hal akan hidup ini.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

nama : Muhammad Fadli Rois

NIM : 121910201040

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul ” *Perancangan Sistem Robot Pengukur Kondisi Jalan Berbasis Fuzzy Logic*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Maret 2017

Yang menyatakan,

Muhammad Fadli Rois

NIM 121910201040

**SKRIPSI**

**PERANCANGAN SISTEM ROBOT PENGUKUR KONDISI  
JALAN BERBASIS *FUZZY LOGIC***

Oleh

Muhammad Fadli Rois

NIM 121910201040

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : M. Agung Prawira Negara, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Widya Cahyadi, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Perancangan Sistem Robot Pengukur Kondisi Jalan Berbasis *Fuzzy Logic*” karya Muhammad Fadli Rois telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Rabu, 17 Maret 2017

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

**Tim Penguji:**

Ketua,

Anggota I,

M. Agung Prawira N., S.T., M.T.  
NIP 19871217201212 1 003

Widya Cahyadi, S.T., M.T.  
NIP 19851110201404 1 001

Anggota II,

Anggota III,

Catur Suko Sarwono, S.T.  
NIP 19680119199702 1 001

Bambang Supeno, S.T., M.T.  
NIP 19690630199512 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M  
NIP 19661215199503 2 001

## RINGKASAN

**Perancangan Sistem Robot Pengukur Kondisi Jalan Berbasis *Fuzzy Logic*;**  
Muhammad Fadli Rois, 121910201040; 2016: 108 halaman; Jurusan Teknik  
Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pada dasarnya pembangunan jalan adalah proses pembukaan ruangan lalu lintas yang mengatasi berbagai rintangan geografi. Proses ini melibatkan pengalihan muka bumi, pembangunan jembatan dan terowong, bahkan juga pengalihan tumbuh-tumbuhan. Berbagai jenis mesin pembangun jalan akan digunakan untuk proses ini.

Kerusakan jalan disebabkan oleh banyak faktor salah satunya adalah menggenangnya air di permukaan jalan atau banjir. Jalan yang datar tidak bagus untuk drainase air, sistem drainase jalan yang baik adalah yang mempunyai kemiringan melintang 2% - 10%. Selain itu jalan yang bergelombang juga membuat air hujan tidak bisa langsung menuju ke selokan. Banyak teknologi atau alat – alat tentang pengukuran jalan, akan tetapi hanya mengukur panjang jalan saja. Banyak petugas pengukur panjang jalan raya yang masih menggunakan alat ukur manual seperti meteran dan meteran dorong untuk menandai bagian jalan mana yang rusak.

Dari latar belakang itu penulis tertarik untuk merancang robot mobil dengan sensor *accelerometer* untuk mengukur kemiringan melintang jalan. Selain itu digunakan juga sensor getaran untuk mengukur getaran pada robot saat melintasi jalan yang diukur. Dengan menggunakan metode *fuzzy logic*, nilai kedua sensor akan dijadikan *input* dan menghasilkan *output* berupa jalan tersebut layak ataupun tidak layak. Robot juga dapat mendeteksi jalan tersebut termasuk jalan tanjakan atau turunan dengan mengukur sudut kemiringan pada jalan.

Dari pengujian robot yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa, data hasil pengujian robot menggunakan metode *fuzzy logic*, jalan aspal halus memiliki



rata – rata kemiringan melintang sebesar  $4,08^\circ$  dan rata – rata getaran sebesar 1,59 MMI. Pada saat melakukan pengujian di jalan aspal kasar, robot tidak berjalan dengan baik sehingga pembacaan sensor terganggu. Pada pengujian di jalan aspal kasar diperoleh rata – rata getaran yang lebih besar dibandingkan dengan di jalan aspal halus yaitu sebesar 3,7 MMI.



*SUMMARY*

**System Design of Measurer Robot Road Condition Based on Fuzzy Logic;**

Muhammad Fadli Rois, 121910201040; 2016: 108 pages; the Electrical Engineering Department, the Faculty of Engineering, Jember University .

Basically, road construction is the process of opening a traffic room that overcomes various geographical barriers. This process involves the transfer of the face of the earth, the construction of bridges and tunnels, even the diversion of plants. Various types of road builders will be used for this process. Road damage is caused by many factors, one of which is the pooling of water on the road surface or flood. Flat roads are not good for water drainage, good road drainage systems are those with a 2% - 10% cross-slope. In addition, the bumpy road also makes rain water can not go directly to the ditch. Many technologies or tools about road measurement, but only measure the length of the road only. Many long-distance measuring officers still use manual gauges such as gauges and gauges to spot which parts of the road are damaged.

From that background the author is interested in designing a robot car with accelerometer sensor to measure the transverse slope of the road. In addition it is also used vibration sensor to measure vibration in the robot when crossing the measured road. With the use of fuzzy logic method, the value of the two sensors will be used as input and produce the output of the road is feasible or not feasible. The robot can also detect such roads including the incline or derivative path by measuring the angle of the slope on the road. From robot testing that has been done can be concluded that, data of robot test result using fuzzy logic method, fine asphalt road has average slope of 4.08o and mean of vibration equal to 1,59 MMI. At the time of testing on the rough asphalt road, the robot does not run properly so the sensor readings are interrupted. On the rough road asphalt test, the average of vibration is greater than the smooth asphalt road which is 3.7 MMI.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan Sistem Robot Pengukur Kondisi Jalan Berbasis *Fuzzy Logic*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidyah M.UM, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
3. Bapak Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Elektro Universitas Jember;
4. Bapak Mohamad Agung Prawira Negara, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, tenaga dan memberikan dukungan materi dalam kelancaran penyusunan skripsi;
5. Bapak Catur Suko Sarwono, S.T., selaku dosen penguji utama dan Bapak Bambang Supeno, S.T., M.T, selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini;
6. Seluruh Dosen Teknik Elektro yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan dan bimbingan selama mengikuti pendidikan di Jurusan teknik elektro fakultas Teknik universitas Jember;
7. Para staf karyawan dan karyawan serta teknisi Fakultas teknik Universitas jember yang telah memberikan bantuan selama mengikuti pendidikan di Fakultas teknik Universitas Jember;

8. Kedua orang tuaku terkasih, Bapak Suntari dan Ibu Sri Rahma Yuliati yang telah memberikan segalanya, yang selalu mendoakan, mencurahkan kasih sayang, memberikan perhatian, memberi semangat yang tiada hentinya dan telah memberikan dukungan materi untuk menyelesaikan skripsi ini;
9. Adikku Muhammad Fatih Fadli Izza yang selalu memberikan motivasi saat mulai patah semangat, memberikan dukungan lewat doa dan kesabaran serta menghibur dikala duka;
10. Cries Avian, Choirul Umam, Nurul Latif, Danuar Lukman H., Irwan Purnomo, Dodi Setio Laksono dan Ristian Fandy yang banyak membantu, menghibur dan memberi motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini;
11. Dulur-dulur SATE\_UJ khususnya ELKA\_SATE\_UJ yang sangat membantu, menjadi keluarga dan memberi semangat dari awal menjadi keluarga besar di Jember, semoga kekompakan tetap terjaga dan bias mencapai sukses bersama;
12. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 17 Maret 2017

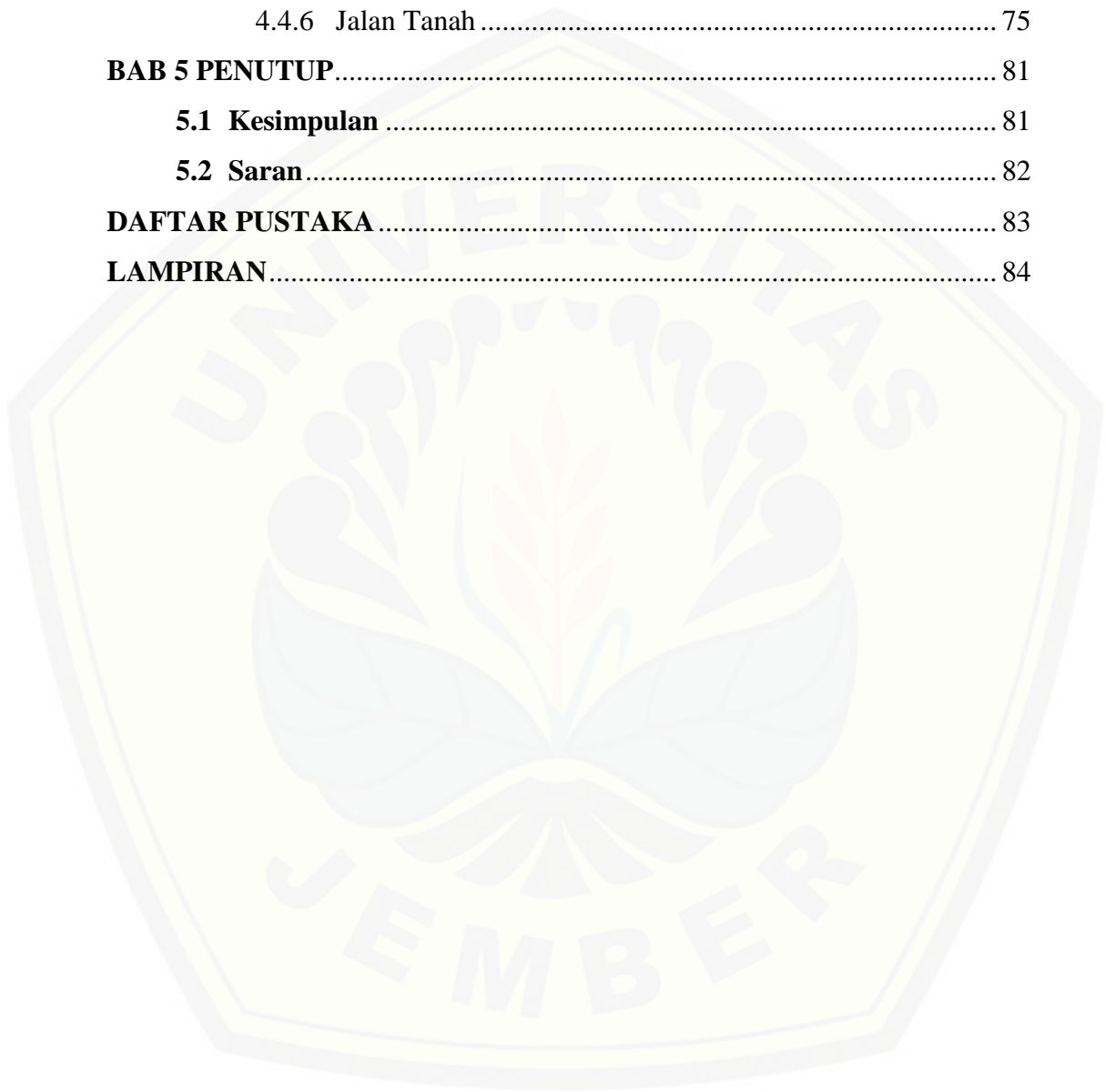
Penulis

DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING .....	vi
HALAMAN PENGESAHAN .....	vii
RINGKASAN/ <i>SUMMARY</i> .....	viii
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Batasan Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Tujuan .....</b>	<b>2</b>
<b>1.5 Manfaat .....</b>	<b>2</b>
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Jalan Raya.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Arduino uno .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Sensor ADXL335 .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4 Sensor <i>Hall Magnetic</i> .....</b>	<b>8</b>
<b>2.5 Sensor ADXL345.....</b>	<b>9</b>
<b>2.6 Mosfet .....</b>	<b>11</b>

2.7	Motor DC .....	12
2.8	Data Logger .....	17
2.9	Fuzzy Logic .....	18
2.10	Aspal Beton ( <i>Hotmix</i> ).....	22
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>23</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	23
3.2	Tahapan Penelitian .....	23
3.3	Alat dan Bahan .....	24
3.3.1	Alat .....	24
3.3.2	Bahan.....	25
3.4	Desain Sistem .....	25
3.5	Rancangan Perangkat Keras.....	26
3.5.1	Sensor ADXL335 dengan Arduino .....	26
3.5.2	Sensor ADXL345 dengan Arduino .....	27
3.5.3	Modul <i>Mosfet</i> dengan Arduino.....	28
3.5.4	Data Logger dengan Arduino.....	28
3.6	Rancangan Fuzzy Logic .....	29
3.6.1	Input.....	29
3.6.2	Output.....	32
3.6.3	Rule base .....	33
3.7	Flowchart Sistem .....	33
3.8	Cara Penggunaan Alat.....	35
3.9	Desain Robot.....	35
3.9.1	Desain Robot Awal .....	35
3.9.2	Desain Robot Akhir.....	36
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>38</b>
4.1	Pengujian Sensor ADXL335.....	38
4.2	Pengujian Sensor ADXL345.....	41
4.3	Pengujian Sensor <i>Hall Magnetic</i> .....	43
4.4	Pengujian Alat .....	45
4.4.1	Jalan Aspal Halus .....	45

4.4.2 Jalan Aspal Kasar .....	51
4.4.3 Jalan Aspal Rusak.....	57
4.4.4 Jalan Tanjakan .....	63
4.4.5 Jalan Turunan.....	69
4.4.6 Jalan Tanah .....	75
<b>BAB 5 PENUTUP</b> .....	<b>81</b>
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	<b>81</b>
<b>5.2 Saran</b> .....	<b>82</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>83</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>84</b>



**DAFTAR TABEL**

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1 Data kemiringan medan .....	3
Tabel 2.2 Deskripsi pin <i>accelerometer</i> ADXL335 .....	6
Tabel 3.1 Parameter getaran.....	29
Tabel 3.2 Parameter kemiringan .....	31
Tabel 3.3 <i>Output fuzzy</i> .....	32
Tabel 3.4 <i>Rule base fuzzy</i> .....	33
Tabel 4.1 Pengujian sensor ADXL335 sumbu x.....	39
Tabel 4.2 Pengujian sensor ADXL335 sumbu y.....	40
Tabel 4.3 Pengujian sensor ADXL345 .....	42
Tabel 4.4 Pengujian sensor RPM .....	43



DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Blok diagram arduino <i>board</i> .....	4
Gambar 2.2 Sistem minimum arduino .....	5
Gambar 2.3 Modul <i>accelerometer</i> ADXL335 .....	7
Gambar 2.4 Diagram blok ADXL335.....	8
Gambar 2.5 Sensor <i>Hall Magnetic</i> .....	9
Gambar 2.6 Rangkaian sensor ADXL345 .....	11
Gambar 2.7 Modul mosfet .....	12
Gambar 2.8 Skema motor DC.....	13
Gambar 2.9 Ilustrasi kaidah tangan kiri .....	14
Gambar 2.10 Proses berputarnya rotor motor listrik DC .....	15
Gambar 2.11 <i>Data Logger</i> .....	18
Gambar 2.12 Grafik fungsi keanggotaan .....	20
Gambar 2.13 Diagramatik defuzzifikasi .....	21
Gambar 2.14 Konfigurasi dasar kendali <i>fuzzy logic</i> .....	21
Gambar 2.15 Lapisan Aspal .....	22
Gambar 3.1 Diagram blok sistem .....	25
Gambar 3.2 Rangkaian sensor ADXL335 .....	26
Gambar 3.3 Rangkaian sensor ADXL345 .....	27
Gambar 3.4 Rangkaian sensor RPM.....	27
Gambar 3.5 Rangkaian modul mosfet.....	28
Gambar 3.6 Rangkaian <i>data logger</i> .....	28
Gambar 3.7 Variabel <i>input</i> getaran .....	30
Gambar 3.8 Variabel <i>input</i> kemiringan.....	31
Gambar 3.9 Variabel <i>output fuzzy</i> .....	32
Gambar 3.10 <i>Flowchart</i> sistem.....	34
Gambar 3.15 Desain robot awal.....	35
Gambar 3.16 Desain robot Akhir (a) Tampak atas, (b) Tampak belakang .....	36

Gambar 4.1 Grafik pengujian sensor ADXL335 sumbu x.....	39
Gambar 4.2 Grafik pengujian sensor ADXL335 sumbu y.....	41
Gambar 4.3 Grafik pengujian sensor ADXL345 .....	42
Gambar 4.4 Grafik pengujian sensor RPM.....	44
Gambar 4.5 Grafik RPM aspal halus .....	46
Gambar 4.6 Grafik kemiringan sumbu x aspal halus .....	47
Gambar 4.7 Grafik kemiringan sumbu y aspal halus .....	49
Gambar 4.8 Grafik getaran aspal halus .....	50
Gambar 4.9 Grafik RPM aspal kasar .....	52
Gambar 4.10 Grafik kemiringan sumbu x aspal kasar.....	53
Gambar 4.11 Grafik kemiringan sumbu y aspal kasar.....	55
Gambar 4.12 Grafik getaran aspal kasar .....	56
Gambar 4.13 Grafik RPM aspal rusak .....	58
Gambar 4.14 Grafik kemiringan sumbu x aspal rusak.....	59
Gambar 4.15 Grafik kemiringan sumbu y aspal rusak.....	61
Gambar 4.16 Grafik getaran aspal rusak.....	62
Gambar 4.17 Grafik RPM jalan tanjakan.....	64
Gambar 4.18 Grafik kemiringan sumbu x jalan tanjakan .....	65
Gambar 4.19 Grafik kemiringan sumbu y jalan tanjakan .....	67
Gambar 4.20 Grafik getaran jalan tanjakan .....	68
Gambar 4.21 Grafik RPM jalan turunan .....	70
Gambar 4.22 Grafik kemiringan sumbu x jalan turunan.....	71
Gambar 4.23 Grafik kemiringan sumbu y jalan turunan.....	73
Gambar 4.24 Grafik getaran jalan turunan.....	74
Gambar 4.25 Grafik RPM jalan tanah.....	76
Gambar 4.26 Grafik kemiringan sumbu x jalan tanah .....	77
Gambar 4.27 Grafik kemiringan sumbu y jalan tanah .....	79
Gambar 4.28 Grafik getaran jalan tanah .....	80

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada dasarnya pembangunan jalan adalah proses pembukaan ruangan lalu lintas yang mengatasi berbagai rintangan geografi. Proses ini melibatkan pengalihan muka bumi, pembangunan jembatan dan terowong, bahkan juga pengalihan tumbuh-tumbuhan. Berbagai jenis mesin pembangun jalan akan digunakan untuk proses ini.

Kerusakan jalan disebabkan oleh banyak faktor salah satunya adalah menggenangnya air di permukaan jalan atau banjir. Jalan yang datar tidak bagus untuk drainase air, sistem drainase jalan yang baik adalah yang mempunyai kemiringan melintang 2% - 10%. Selain itu jalan yang bergelombang juga membuat air hujan tidak bisa langsung menuju ke selokan. Banyak teknologi atau alat – alat tentang pengukuran jalan, akan tetapi hanya mengukur panjang jalan saja. Banyak petugas pengukur panjang jalan raya yang masih menggunakan alat ukur manual seperti meteran dan meteran dorong untuk menandai bagian jalan mana yang rusak. Dengan menggunakan alat manual, pekerjaan akan semakin berat dan kurang efektif dan efisien. Karena akan banyak menyita waktu dan tenaga.

Solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dibutuhkan alat otomatis untuk mengukur panjang jalan raya sekaligus mengukur kemiringan dan kerusakan jalan, sehingga dapat diperoleh hasil kondisi jalan apakah bagus ataupun rusak. Kemiringan melintang jalan raya berfungsi untuk melancarkan drainase air yang ada di jalan raya saat terjadi hujan. Alat ini berupa *prototype* robot beroda yang berjalan menyusuri jalan raya. Robot tersebut akan mengukur panjang, kemiringan dan gelombang jalan secara otomatis pada jarak tertentu. Dari data hasil pengukuran akan diolah menggunakan *fuzzy logic* agar memperoleh hasil bagaimana kondisi jalan tersebut, apakah baik, sedang ataupun rusak. Dan data hasil pengukuran akan disimpan secara otomatis di memori. Dengan pembuatan alat ini diharapkan dapat membantu pekerjaan manusia semakin mudah.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah yang bisa diambil adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merancang alat pengukur kondisi jalan menggunakan sensor kemiringan dan getaran?
2. Bagaimana cara merancang *fuzzy logic* untuk alat ukur kondisi jalan?

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan sensor *hall magnetic*, sensor kemiringan dan sensor getaran.
2. Mengukur panjang jalan dan kemiringan jalan dan getaran untuk memperoleh kondisi jalan raya.
3. Pengujian alat dilakukan pada jalan lurus dengan otomatis tanpa dikontrol.
4. Kerikil pada jalan diabaikan dalam pengambilan data.

## 1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendesain robot pengukur kondisi jalan menggunakan sensor kemiringan dan getaran.
2. Mengetahui hasil *fuzzy logic* terhadap kinerja alat.

## 1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat menghemat waktu dan tenaga pekerja, sehingga lebih efektif dan efisien dalam bekerja.
2. Dapat menerapkan penggunaan alat untuk mengukur panjang jalan dan mengetahui kondisi jalan raya.
3. Diharapkan dapat memberikan solusi dan dapat digunakan pada semua jenis jalan raya.

## BAB 2. TINJAUAN PUSATAKA

### 2.1 Jalan Raya

Prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Pada dasarnya pembangunan jalan raya adalah proses pembukaan ruangan lalu lintas yang mengatasi berbagai rintangan geografi. Proses ini melibatkan pengalihan muka bumi, pembangunan jembatan dan terowong, bahkan juga pengalihan tumbuh-tumbuhan. Berbagai jenis mesin pembangun jalan akan digunakan untuk proses ini.

Kemiringan melintang jalur lalu lintas di jalan lurus diperuntukkan terutama untuk kebutuhan drainase jalan. Air yang jatuh di atas permukaan jalan supaya cepat dialirkan ke saluran-saluran pembuangan. Kemiringan melintang bervariasi antara 2 % - 10 %, untuk jenis lapisan permukaan dengan mempergunakan bahan pengikat seperti aspal atau semen. Semakin kedap air lapisan tersebut, semakin kecil kemiringan melintang yang dapat dipergunakan. Sedangkan untuk jalan dengan lapisan permukaan belum mempergunakan bahan pengikat seperti Jalan berkerikil, kemiringan melintang dibuat sebesar 5%.

Tabel 2.1 Data Kemiringan Medan

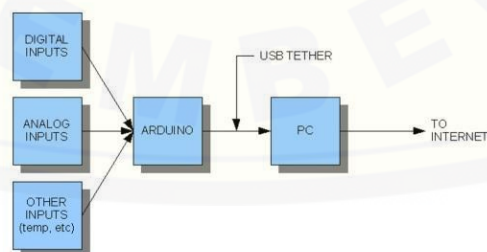
Medan Jalan	Notasi	Kemiringan Medan
Datar	D	< 10,0%
Perbukitan	B	10,0% - 25,0%
Pegunungan	G	> 25,0%

(Departemen Pekerjaan Umum, 2009)

## 2.2 Arduino UNO

Arduino dikatakan sebagai sebuah platform dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata “platform” di sini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment (IDE)* yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, *compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler. Ada banyak proyek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah platform karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi.

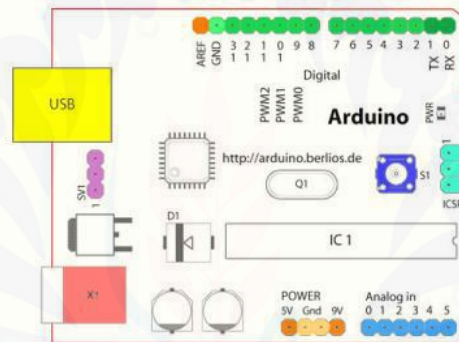
Arduino pada awalnya dikembangkan di Ivrea, Italia. Nama arduino adalah sebuah nama maskulin yang berarti teman yang kuat. Platform arduino terdiri dari arduino *board*, *shield*, bahasa pemrograman arduino dan arduino *development environment*. Arduino *board* biasanya memiliki sebuah *chip* dasar mikrokontroler Atmel AVRATmega8 berikut turunannya. Blok diagram arduino *board* yang sudah disederhanakan dapat dilihat pada Gambar 2.1. *Shield* adalah sebuah papan yang dapat dipasang di atas arduino *board* untuk menambah kemampuan dari arduino *board*.



Gambar 2.1 Blok diagram arduino *board*

(Dewi, 2016)

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 menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat membuatnya bekerja. Arduino uno menggunakan ATmega16U2 yang diprogram sebagai *USB-to-serial converter* untuk komunikasi serial ke komputer melalui port USB.



Gambar 2.2 Sistem minimum arduino  
(Dewi, 2016)

Terdapat 14 pin *input/output* digital (0-13) berfungsi sebagai *input* atau *output*, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog *output* dimana tegangan *output* dapat diatur. Nilai sebuah pin *output* analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V. USB berfungsi untuk: memuat program dari komputer ke dalam papan, komunikasi serial antara papan dan komputer, memberi banyak daya listrik pada papan.

Sambungan SV1, sambungan atau jumper untuk memilih sumber daya papan, apakah dari sumber eksternal atau menggunakan USB. Sambungan ini tidak diperlukan lagi pada papan arduino versi terakhir karena pemilihan sumber

daya eksternal atau USB dilakukan secara otomatis. Q1 – Kristal (*quartz crystal oscillator*), jika mikrokontroler dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantung-nya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada mikrokontroler agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detak-nya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz). Tombol *reset* S1, untuk *reset* papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Perhatikan bahwa tombol *reset* ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan mikrokontroler. *In-Circuit Serial Programming* (ICSP), *port* ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram mikrokontroler secara langsung, tanpa melalui *bootloader*. Umumnya pengguna arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan. IC 1 – mikrokontroler Atmega, komponen utama dari papan arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM. X1 – sumber daya eksternal. Jika hendak disuplai dengan sumber daya eksternal, papan arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9-12V. Ada 6 pin *input* analog (0-5). Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V (Dewi, 2016).

### 2.3 Sensor ADXL335

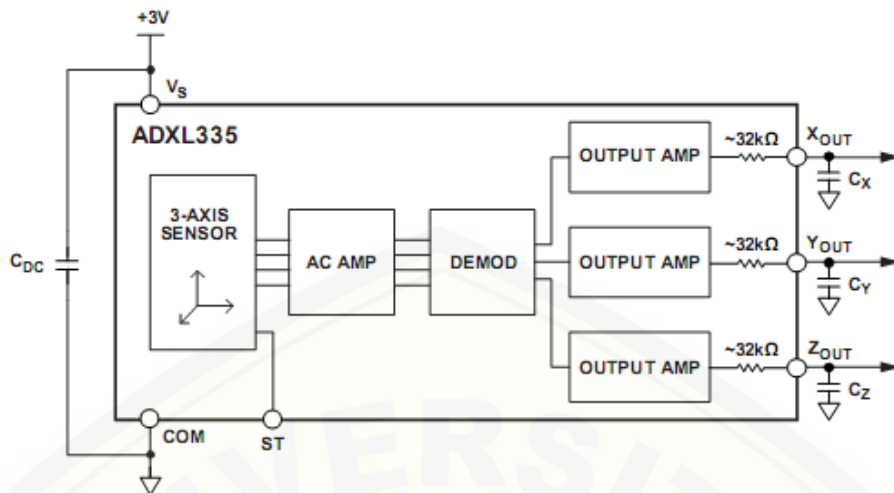
*Accelerometer* ADXL335 merupakan *accelerometer* 3-axis (sumbu x, y, dan z) buatan Analog Devices. Sumbu arah gerak yang dideteksi untuk diukur adalah sumbu arah gerak x, y, dan z. Gambar 2.3 adalah gambar modul *accelerometer* ADXL335. Sementara gambar 2 adalah gambar deskripsi pin-nya. *Accelerometer* ADXL335 memiliki 16 buah kaki yang masing-masing fungsinya dijelaskan pada tabel 2.2.



Gambar 2.3 Modul *accelerometer* ADXL335(Sumber: [www.sparkfun.com](http://www.sparkfun.com))Tabel 2.2 Deskripsi pin *accelerometer* ADXL335

Pin	Nama	Keterangan
1	NC	<i>No Connect</i>
2	ST	<i>Self Test</i>
3	COM	<i>Common</i>
4	NC	<i>No Connect</i>
5	COM	<i>Common</i>
6	COM	<i>Common</i>
7	COM	<i>Common</i>
8	Z <sub>OUT</sub>	<i>Z channel output</i>
9	NC	<i>Self Test</i>
10	Y <sub>OUT</sub>	<i>Y channel output</i>
11	NC	<i>No Connect</i>
12	X <sub>OUT</sub>	<i>X channel output</i>
13	NC	<i>No Connect</i>
14	Vs	1,8v - 3,6v
15	Vs	1,8v - 3,6v
16	NC	<i>No Connect</i>
EP	<i>Expose Pad</i>	<i>for mechanical integrity</i>

*Accelerometer* 3-axis dalam 1 chip IC. Dimensi, 4 mm × 4 mm × 1,45 mm (Kemasan LFCSP). Low power, 350μA (typical). Bandwidth dapat diatur dengan sebuah kapasitor. Operasi dengan power supply tunggal 1,8 volt – 3,6 volt. Shock survival, 10.000 gr.



Gambar 2.4 Diagram blok ADXL335

Bandwidth kerja *accelerometer* dapat diatur dengan menggunakan kapasitor  $C_x$ ,  $C_y$ , dan  $C_z$  yang dipasang secara seri dengan pin  $X_{out}$ ,  $Y_{out}$ , dan  $Z_{out}$ . Rentang bandwidth dari 0,5 Hz hingga 1600 Hz untuk sumbu X dan Y, sedangkan 0,5 Hz hingga 550 Hz untuk sumbu Z. Rentang bandwidth tersebut dapat dipilih sesuai dengan aplikasi sistem yang dibangun.

## 2.4 Sensor Hall Magnetic

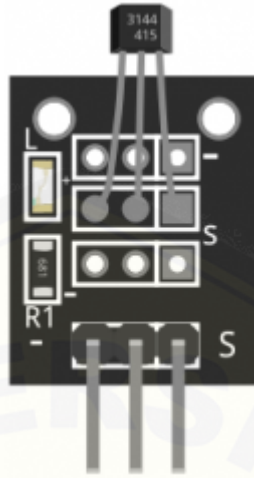
KY-003 adalah saklar magnetik. Jika tidak ada medan magnet hadir, garis sinyal dari sensor adalah tinggi (3,5 V). Jika medan magnet disajikan ke sensor, garis sinyal masuk rendah, pada saat yang sama LED pada lampu sensor *up*. Polaritas medan magnet adalah pengaruh aksi *switching*. Sisi depan sensor kebutuhan polaritas yang berlawanan sebagai bagian belakang sensor untuk mengaktifkan.

KY-003 Balai Sensor Magnetic terdiri dari 3144EUA-S sensitif efek Hall saklar untuk operasi suhu tinggi, resistor  $680\Omega$  dan LED. Kompatibel dengan *platform* elektronik populer seperti Arduino dan Raspberry Pi.

Spesifikasi :

1. Tegangan operasi 4.5V ke 24V
2. Suhu Operasional  $-40^\circ\text{C}$  hingga  $85^\circ\text{C}$  [ $-x^\circ\text{F}$  untuk  $x^\circ\text{F}$ ]

3. Dimensi 18.5mm x 15mm [0.728in x 0.591in]



Gambar 2.5 Sensor *Hall Magnetic*  
(<http://id.aliexpress.com/>)

## 2.5 Sensor ADXL345

*Accelerometer* adalah perangkat yang berfungsi untuk mengukur akselerasi tepat. Akselerasi tepat yang diukur dengan *accelerometer* belum tentu memiliki ketepatan koordinat (laju perubahan velositas). Sebaliknya, *accelerometer* melihat akselerasi terkait dengan fenomena berat yang dialami oleh massa uji pada kerangka acuan perangkat *accelerometer*. Sebagai contoh, *accelerometer* di permukaan bumi akan mengukur akselerasi  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  lurus ke atas karena beratnya. Sebaliknya, *accelerometer* jatuh bebas atau di luar angkasa akan mengukur nol. Istilah lainnya untuk jenis akselerasi yang bisa diukur oleh *accelerometer* adalah akselerasi gaya- $g$ .

*Accelerometer* memiliki berbagai aplikasi dalam bidang industri dan sains. *Accelerometer* yang sangat sensitif digunakan sebagai komponen sistem navigasi inersia pada pesawat tempur dan rudal. Akselerometer juga digunakan untuk mendeteksi dan memonitor getaran pada mesin putar. Selain itu, *accelerometer* digunakan pada komputer tablet dan kamera digital agar foto di layar selalu ditampilkan tegak.

ADXL345 adalah modul sensor gerak/akselerasi 3 sumbu (3-axis MEMS acceleration sensor module) beresolusi 13-bit ( $2^{13} = 8194$  tingkatan

presisi) yang dapat mendeteksi tarikan pada jangkauan hingga 16g ( $16 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \sim \pm 157 \text{ m/s}^2$ ). Aplikasinya mencakup pendeteksi kemiringan dengan memantauperubahan gaya tarik statis (*static gravity acceleration on tilt sensing application*) dan percepatan dinamis (*dynamic acceleration*) yang timbul akibat gerakan (*motion*) atau tumbukan (*impact shock*) dan getaran. Modul ini dapat mendeteksi status aktivitas gerakan (*active/inactive*) dengan membandingkan percepatan/akselerasi pada sumbu manapun dengan ambang batas sensitivitas yang dapat disetel lewat kode program. Juga tersedia pendeteksi ketukan (*tap sensing*) yang dapat mendeteksi ketukan tunggal maupun ganda pada berbagai arah.

Modul ini juga dapat mendeteksi gerak jatuh bebas (*free-fall sensing*). Fungsi-fungsi tersebut dapat dipetakan secara terpisah pada dua pin interupsi keluaran (*interrupt output pins*). Modul ini memiliki sistem pengelola memori internal statis sepanjang 32-bit bertipe antrian FIFO (*first-in, first-out*) yang dapat digunakan untuk menyimpan variabel / data temporer hasil pengukuran sehingga mengurangi beban mikrokontroler dan secara umum menurunkan konsumsi energi sistem. Modul ini memiliki sirkuit pengelolaan daya yang canggih dimana modul ditempatkan pada moda konsumsi daya yang sangat kecil hingga terdeteksi gerakan yang melewati ambang batas (*threshold*) tertentu yang mengaktifkan kembali *mode* normal. Setelah proses pembacaan sensor selesai secara otomatis modul dikembalikan ke *mode* siaga untuk menghemat energi.

Spesifikasi dari *accelerometer* ADXL345 yang dipakai adalah:

- a. Supply voltage range: 2.0 V to 3.6 V I/O voltage range: 1.7 V to VS.
- b. SPI (3- and 4-wire) and I2C digital interfaces.
- c. Flexible interrupt modes mappable to either interrupt pin Measurement ranges selectable via serial command Bandwidth selectable via serial command.
- d. Wide temperature range ( $-40^\circ\text{C}$  to  $+85^\circ\text{C}$ ).
- e. 10,000 g shock survival.
- f. Pb free/RoHS compliant.
- g. Small and thin: 3 mm  $\times$  5 mm  $\times$  1 mm LGA package.

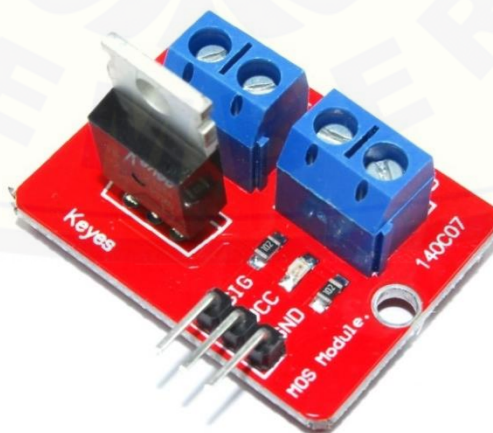


Gambar 2.6 Rangkaian sensor ADXL345  
(<http://id.aliexpress.com/>)

## 2.6 Mosfet

Modul ini dirancang untuk memungkinkan anda untuk mengontrol item tegangan yang lebih tinggi dari mikrokontroler dengan daya rendah. Memberikan sinyal PWM ke modul memungkinkan MOSFET untuk melewati tegangan VIN ke perangkat yang akan dikendalikan. Fitur ini membuat modul yang ideal untuk mengontrol. Pin yang cocok untuk soket standar dengan pitch pin 2.54 mm.

Spesifikasi modul adalah ukuran 16 x 15 x 12mm (l x w x h), IRF520N MOSFET, 3.3 - Masukan 5V DC Signal, Hingga 24V DC *drive* masukan hingga 5A *drive* saat ini (di atas 1A membutuhkan heatsink), *Screw* koneksi terminal, Dirancang untuk kontrol PWM, M3 pemasangan lubang (pusat adalah 29mm terpisah), Dirancang agar kompatibel dengan standar 2.54 mm soket.



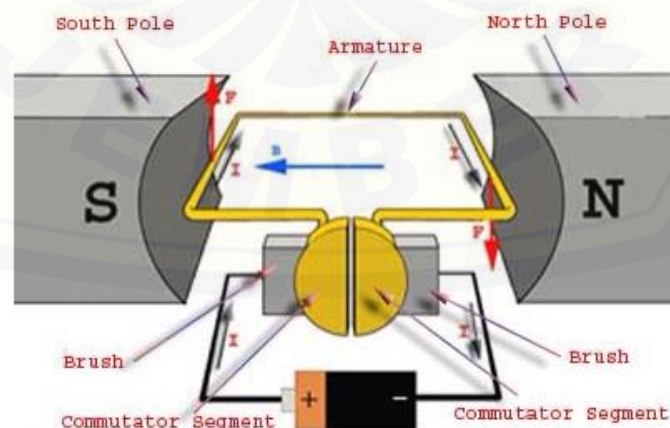
Gambar 2.7 Modul Mosfet  
(<http://id.aliexpress.com/>)

## 2.7 Motor DC

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung atau *direct-unidirectional*. Motor DC memiliki 3 bagian atau komponen utama untuk dapat berputar sebagai berikut.

### 1. Bagian Atau Komponen Utama Motor DC

- Kutub medan: Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi ruang terbuka diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet.
- Current Elektromagnet atau Dinamo: Dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi.
- Commutator: Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.



Gambar 2.8 Skema Motor DC

(Sumber: Daniel, W. Hart.2011)

Pada skema di atas, rotor motor diskemakan dengan sebuah kawat angker penghantar listrik (armature) yang membentuk persegi panjang. Pada kedua ujung kawat angker terpasang komutator berbentuk lingkaran yang terbelah di tengahnya, komponen ini sering kita dengar dengan sebutan cincin belah. Cincin belah termasuk bagian dari rotor, sehingga ia ikut berputar dengan rotor. Sedangkan stator motor tersusun atas dua magnet dengan kutub berbeda yang saling berhadapan. Pada bagian yang kontak langsung dengan cincin belah, stator dilengkapi dengan sikat karbon yang berfungsi untuk menghubungkan arus listrik dari sumber tegangan ke kumparan rotor. Hubungan antara kecepatan, fluks medan dan tegangan dinamo ditunjukkan dalam persamaan berikut:

Gaya elektromagnetik (E):

$$E = K \cdot \Phi \cdot N \dots\dots\dots (2.1)$$

Torque (T):

$$T = K \cdot \Phi \cdot I \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$E$  = gaya elektromagnetik yang dikembangkan pada terminal dinamo (V)

$\Phi$  = fluks medan yang berbanding lurus dengan arus medan

$N$  = kecepatan dalam RPM (putaran per menit)

$T$  = Torque elektromagnetik

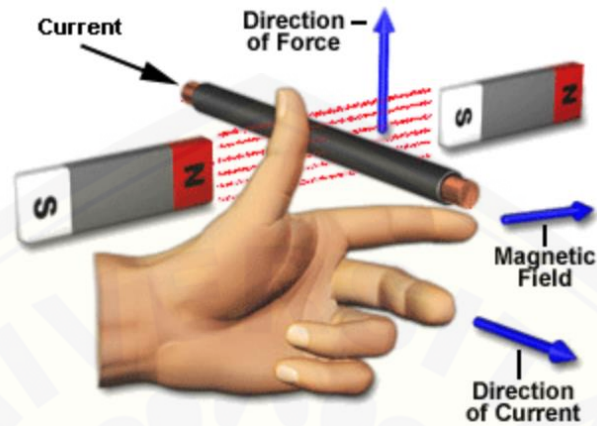
$I$  = Arus dinamo

$K$  = konstanta Persamaan

## 2. Prinsip Kerja Motor Listrik DC

Jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor.

Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor dapat dilihat pada gambar berikut.

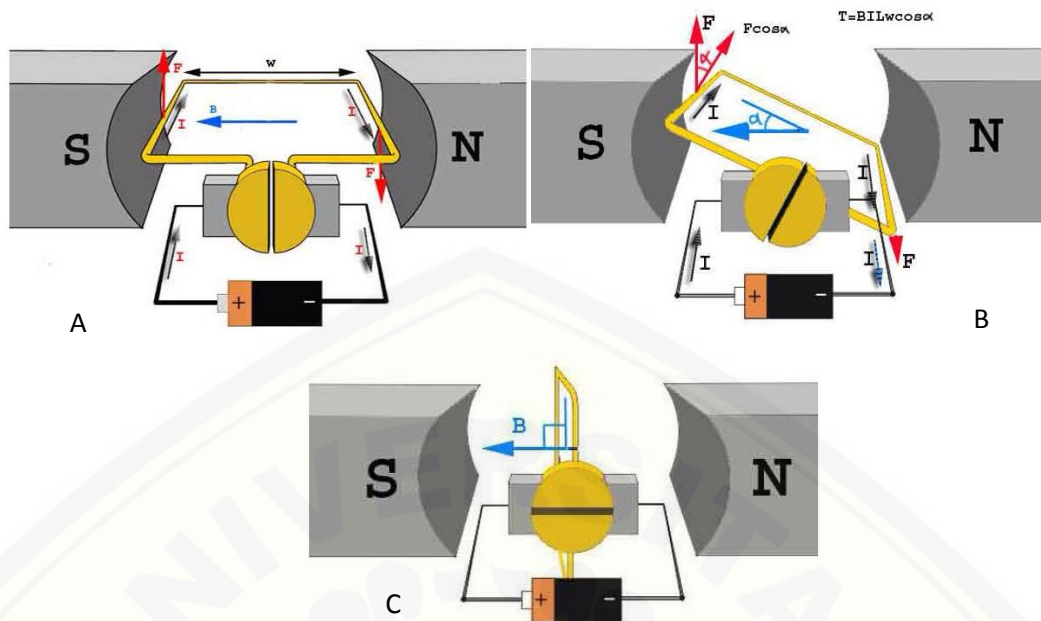


Gambar 2.9 Ilustrasi Kaidah Tangan Kiri  
(Sumber: Daniel, W. Hart.2011)

Gambar di atas adalah kaidah tangan kiri yang diperkenalkan oleh *Fleming* untuk memudahkan memahami fenomena induksi elektromagnetik pada motor listrik. Hal yang perlu kita ingat adalah dengan konfigurasi jari tangan kiri, maka jari tengah Anda menunjukkan arah arus listrik, jari telunjuk Anda menunjukkan arah medan magnet, sedangkan ibu jari Anda menunjukkan gaya dorong yang terjadi akibat fenomena induksi elektromagnetik. Arah dari ketiga parameter pada kaidah tangan kiri ini berlaku untuk semua motor listrik dan bekerja secara alami selayaknya Anda mengenal gaya gravitasi bumi maupun gaya tarik menarik antara dua kutub magnet yang berbeda.

Sumber tegangan DC diilustrasikan dengan gambar baterai pada skema motor DC dibawah. Masing-masing kutub baterai terhubung dengan sikat karbon, sehingga tercipta arus listrik DC dengan arah arus dari kutub positif ke negatif melewati sikat karbon, satu bagian cincin belah, kawat angker (*armature*), kembali ke cincin belah, sikat karbon dan ke kutub negatif baterai.





Gambar 2.10 Proses Berputarnya Rotor Motor Listrik DC

(Sumber: Daniel, W. Hart.2011)

Pada gambar 2.10 bagian (A), garis medan magnet mengarah ke kiri yang disimbolkan dengan garis biru dan huruf (B). Untuk arah arus listrik ditunjukkan dengan garis berwarna hitam dan huruf (I). Jika kita mencoba menggunakan kaidah tangan kiri kita pada sisi kiri kawat angker, maka akan kita dapatkan bahwa gaya dorong (F) akan mengarah ke atas. Sedangkan untuk sisi kanan kawat angker, kaidah tangan kiri akan menunjukkan bahwa gaya dorong akan mengarah ke bawah. Gaya dorong yang tegak lurus langsung terhadap kawat angker kanan dan kiri ini menghasilkan torsi yang paling besar pada rotor motor. Gaya torsi inilah yang akan memutar rotor motor.

Pada posisi rotor seperti gambar 2.10 bagian (B), masing-masing cincin belah masih terhubung dengan sikat karbon sehingga arah arus listrik tidak berubah. Dengan cara yang sama menggunakan kaidah tangan kiri, arah gaya dorong juga mengarah ke atas untuk kawat angker kiri dan ke bawah untuk kawat angker kanan. Namun besar gaya torsi yang terjadi adalah lebih kecil sebesar  $\cos \alpha$  daripada gaya F. Gaya torsi ini masih akan membuat rotor motor berputar searah jarum jam.

Torsi rotor akan menjadi nol pada saat kawat angker berposisi seperti pada gambar (c). Sesuai dengan kaidah tangan kiri, jika pada kawat angker terdapat arus listrik, maka arah gaya dorong kawat juga ke atas atau pun ke bawah. Namun karena gaya tersebut segaris dengan titik poros rotor, atau dapat pula dikatakan tegak lurus dengan arah putaran rotor, maka tidak akan timbul gaya torsi pada kawat angker. Sudut  $\alpha$  yang sebesar  $90^\circ$  menjelaskan pula tidak akan timbul gaya torsi pada saat posisi kawat angker demikian, karena nilai dari  $\cos 90^\circ$  adalah nol. Nilai torsi nol ini tidak akan membuat rotor motor berhenti berputar, karena sifat kelembaman rotor maka rotor akan terus berputar selama masih ada arus listrik yang mengalir pada kawat angker.

Setelah kawat angker melewati fase tegak lurus dan membentuk sudut  $-\alpha$ , arah arus listrik akan mengalir dengan arah yang sama seperti pada saat kawat angker bersudut  $+\alpha$  seperti gambar 2.10 bagian (B). Komponen komutator yang selalu ikut berputar dengan rotor dan sikat karbon yang selalu diam, menjadi komponen yang akan menjaga arah arus listrik untuk selalu tetap yakni –sesuai gambar skema– mengalir dari sisi kiri kawat angker ke kanan. Arah arus listrik yang selalu tetap di setiap setengah putaran rotor inilah yang akan membuat rotor motor listrik selalu berputar selama masih ada arus listrik yang mengalir ke kawat angker.

### 3. Gaya Lorentz

Gaya dorong pada kawat angker motor listrik dc merupakan salah satu bentuk gaya Lorentz. Gaya Lorentz adalah gaya yang ditimbulkan oleh adanya arus listrik yang berada di dalam sebuah medan magnet. Perhitungan besar gaya Lorentz adalah sesuai dengan rumus berikut:

$$F = B.I.L.....(2.3)$$

Dimana:

$F$  = Gaya Lorentz (Newton)

$B$  = Medan magnet (Tesla)

$I$  = Arus listrik (Ampere)

$L$  = Panjang kawat yang dialiri listrik (Meter)

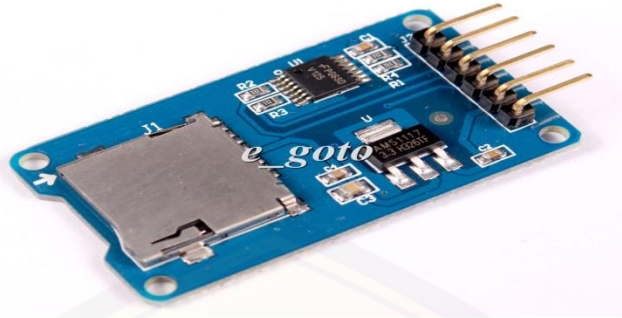
Besar gaya Lorentz berpengaruh langsung terhadap kecepatan putaran serta gaya torsi motor listrik. Sesuai dengan rumusan di atas, maka kecepatan putaran serta torsi motor tergantung dari besar medan magnet, besar arus listrik, serta panjang kawat. Ketiga komponen tersebut dapat direkayasa sehingga didapatkan karakteristik motor listrik yang sesuai dengan yang diinginkan. Merekayasa jumlah lilitan kawat angker serta besar arus listrik yang masuk ke kawat tersebut menjadi dua komponen yang paling mudah dimodifikasi pada sebuah motor listrik, (Ir. Badarudin, M.T. 2010).

## 2.8 Data Logger

*Data logger* (perekam data) adalah suatu perangkat khusus yang mampu menyimpan data dalam jangka waktu tertentu. Dengan dihubungkan pada sensor khusus, alat ini akan menyimpan data yang diinginkan untuk kemudian dapat diambil tanpa terbatas jarak/lokasi.

Beberapa fungsi yang sering memanfaatkan data logger adalah pemantauan cuaca, curah hujan, kadar kejernihan air, tingkat kejernihan air, atau bahkan untuk pemantauan kebencanaan seperti prediksi tsunami, gempa, aktifitas vulkanis.

Data logger yang terdiri dari pin cs, mosi, miso, sck, ground dan vcc. Pin CS (*Slave Select*) modul SD card terhubung ke pin digital 4 Arduino. Pin MOSI (*Master Output Slave Input*) modul SD card terhubung ke pin digital 11 Arduino. Pin MISO (*Master Input Slave Output*) modul SD card terhubung ke pin digital 12 Arduino. Pin SCK (*Serial Clock*) modul SD card terhubung ke pin digital 13 Arduino. Pin Vcc (5V) modul SD card terhubung ke pin Vcc 5 volt Arduino. Pin GND modul SD card terhubung ke pin GND Arduino.



Gambar 2.11 *Data Logger*  
(<http://akibarduino.blogspot.co.id/>)

## 2.9 *Fuzzy logic*

Pada pertengahan 1960, Prof. Lotfi Zadeh dari Universitas California di Barkeley menemukan bahwa hukum benar atau salah dari logika *boolean* tidak memperhitungkan beragam kondisi yang nyata. Untuk menghitung gradasi yang tak terbatas jumlahnya antara benar dan salah, Zadeh mengembangkan ide penggolongan *set* yang ia namakan *set fuzzy*. Tidak seperti logika *boolean*, *fuzzy logic* memiliki banyak nilai. Tidak seperti elemen yang dikategorikan 100% ini atau itu, atau sebuah dalil yang menyatakan semuanya benar atau seluruhnya salah, *fuzzy* membaginya dalam derajat keanggotaan dan derajat kebenaran, yaitu : sesuatu yang dapat menjadi sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama. Hal ini telah dibuktikan oleh Bart Kosko bahwa logika *boolean* adalah kasus khusus dari *fuzzy logic*.

Lotfi Zadeh mengatakan Integrasi *Fuzzy Logic* kedalam sistem informasi dan rekayasa proses adalah menghasilkan aplikasi seperti sistem kontrol, alat-alat rumah tangga, dan sistem pengambil keputusan yang lebih fleksibel, mantap, dan canggih dibandingkan dengan sistem konvensional. Dalam hal ini kami dapat mengatakan bahwa *fuzzy logic* memimpin dalam pengembangan kecerdasan mesin yang lebih tinggi (*Machine Intelligency Quotient/MIQ*). Produk-produk berikut telah menggunakan *fuzzy logic* dalam alat alat rumah tangga seperti mesin cuci, video dan kamera refleksi lensa tunggal, pendingin ruangan, *oven microwave*, dan banyak sistem diagnosa mandiri.

Keuntungan lain dari MIQ adalah pemakaian yang lebih mudah digunakan, kemandirian yang lebih tinggi, kinerja yang lebih baik dengan *fuzzy logic* para ahli teknik penjual *software* dan *desainer* dapat membuat mesin yang dapat merespon secara lebih pintar pada keadaan yang tidak tepat dan sering memiliki kondisi yang berlawanan dengan dunia luar. Secara eksplisit bekerja dengan informasi yang amat banyak, sinyal kontrol sebagai kondisi, dan masukan yang tidak tepat bagi sistem perangkat lunak yang akan membuat mesin ini menirunya. Dengan kata lain jalan bagi kita, manusia, merespon dunia luar. Kesamaan antara perilaku mesin dan perilaku manusia akan mereduksi kebutuhan akan kontrol luar yang kompleks, membuat mesin lebih “beralasan”. Dan membantu pabrik dalam komputerasi yang berguna dalam kehidupan kita sehari-hari.

Untuk mengerti sistem *fuzzy*, pertama harus mengenal konsep dasar yang berhubungan dengan *fuzzy logic* sebagai berikut :

1. Derajat keanggotaan adalah derajat dimana nilai *crisp compatible* dengan fungsi keanggotaan (dari 0 sampai 1), juga mengacu sebagai tingkat keanggotaan, nilai kebenaran, atau masukan *fuzzy*.
2. Label adalah nama deskriptif yang digunakan untuk mengidentifikasi sebuah fungsi keanggotaan.
3. Fungsi keanggotaan adalah mendefinisikan *fuzzy set* dengan memetakan masukan *crisp* dari domainnya ke derajat keanggotaan.
4. Masukan *crisp* adalah masukan yang tegas dan tertentu.
5. Lingkup/domain adalah lebar fungsi keanggotaan. Jangkauan konsep, biasanya bilangan, tempat dimana fungsi keanggotaan dipetakan. Disini domain dari *fuzzy set* (fungsi keanggotaan) adalah dari 0 sampai 20 derajat dan lingkungannya adalah 20 derajat.
6. Daerah batasan *crisp* adalah jangkauan seluruh nilai yang mungkin dapat diaplikasikan pada variabel sistem. Menggunakan *fuzzy logic* untuk mencapai penyelesaian *crisp* pada masalah khusus biasanya melibatkan tiga langkah : *fuzzyfication*, evaluasi *rule*, dan *defuzzyfication*.

### 1.1.1 Fuzzy Logic Controller

#### a. Fuzzification

*Fuzzification* adalah proses mengubah masukan-masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti (*crisp input*) ke dalam bentuk *fuzzy input*.

#### b. Inference

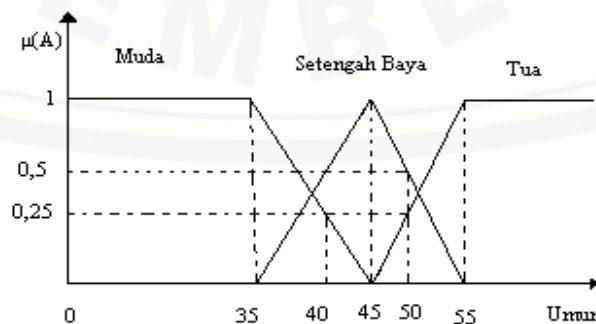
*Inference* adalah melakukan penalaran menggunakan *fuzzy input* dan *fuzzy rules* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy output*. Secara sintaks, suatu *fuzzy rule* (aturan *fuzzy*) dituliskan sebagai: *IF antecedent THEN consequent*. Terdapat dua model aturan *fuzzy* yang digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi, yaitu:

- a) Model Mamdani
- b) Model Sugeno

#### c. Membership Function (Fungsi-fungsi keanggotaan)

Di dalam *fuzzy* sistem, fungsi keanggotaan memainkan peranan yang sangat penting untuk merepresentasikan masalah dan menghasilkan keputusan yang akurat. Terdapat banyak sekali fungsi keanggotaan yang bisa digunakan. Disini hanya akan dibahas empat fungsi keanggotaan yang sering digunakan, yaitu:

1. Fungsi sigmoid
2. Fungsi phi
3. Fungsi segitiga
4. Fungsi trapesium



Gambar 2.12 Grafik fungsi keanggotaan

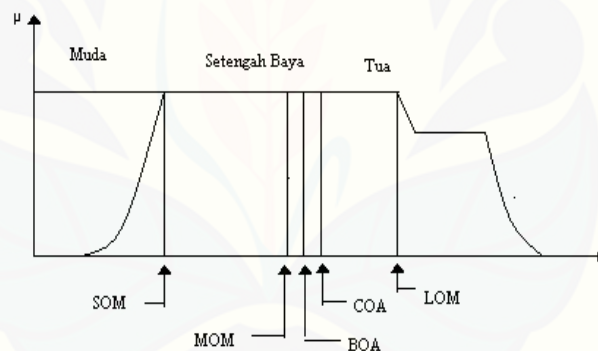
(Dewi, 2016)

#### d. Defuzzification

*Defuzzification* adalah mengubah *fuzzy output* menjadi *crisp value* berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Terdapat berbagai metode *defuzzification* yang telah berhasil diaplikasikan untuk berbagai macam masalah, di sini dibahas 5 metode di antaranya, yaitu:

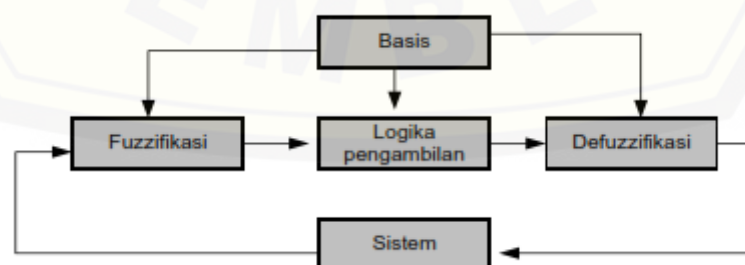
1. *Centroid method*
2. *Height method*
3. *First (or Last) of Maxima*
4. *Mean-Max method*
5. *Weighted Average*

Sebelum *defuzzification*, harus dilakukan proses *composition*, yaitu agregasi hasil *clipping* dari semua aturan *fuzzy* sehingga didapatkan satu *fuzzy set* tunggal (Meivita, 2016).



Gambar 2.13 Diagramatik defuzzifikasi

(Dewi, 2016)



Gambar 2.14 Konfigurasi dasar kendali *fuzzylogic*.

(Dewi, 2016)

### 2.10 Aspal Beton (*Hotmix*)

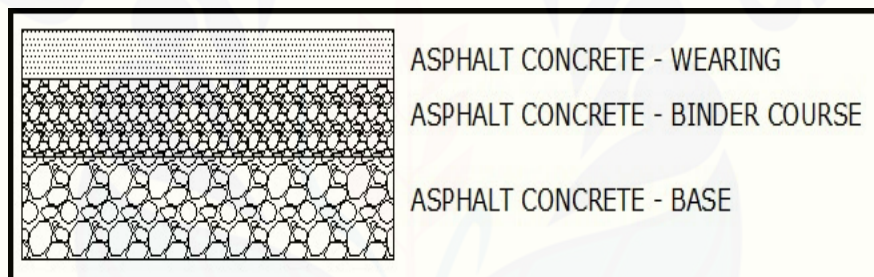
Aspal Beton (*Hotmix*) adalah campuran agregat halus dengan agregat kasar, dan bahan pengisi ( *Filler* ) dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi suhu panas tinggi. Dengan komposisi yang diteliti dan diatur oleh spesifikasi teknis.

1. Aspal Halus

Wearing Course ( *AC* ) / Laston dengan tebal penggelaran minimum 4 cm digunakan sebagai lapis permukaan jalan yang halus dengan lalu lintas kendaraan berat.

2. Aspal Kasar

Binder Course ( *BC* ) dengan tebal minimum 4 cm digunakan sebagai lapis kedua sebelum wearing course dengan struktur aspal yang kasar.



Gambar 2.15 Lapisan Aspal  
(Departemen Pekerjaan Umum, 2003)



## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan ini dilakukan setelah pelaksanaan seminar proposal, mulai dari studi pustaka hingga penyusunan laporan dilakukan selama satu semester. Perancangan dan analisis kinerja dilakukan di Laboratorium Dasar dan Optik, Fakultas Teknik, Universitas Jember di Jl. Slamet Riyadi no. 62 Patrang, Jember.

### 3.2 Tahapan Penelitian

Dalam perancangan sistem robot pengukur kondisi jalan berbasis *fuzzy logic* dibutuhkan langkah-langkah antara lain :

#### 1. Studi Pustaka dan Literatur

Tahapan awal dari penelitian ini adalah mencari sebuah studi pustaka dan literatur dari hasil penelitian sebelumnya yang diharapkan dengan pengkajian studi pustaka dan literatur dapat memberikan gambaran dan keyakinan bahwa penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik dan mendapatkan hasil penelitian secara maksimal serta mengurangi kesalahan dalam penelitian.

#### 2. Pembangunan Alat

##### a. Perencanaan alat

Dalam pembangunan alat tahap pertama yang harus dilakukan adalah perencanaan alat, dalam proses perencanaan harus terkonsep tahapan mulai dari desain dan skema rangkaian, program hingga terbentuknya sebuah alat.

##### b. Pembelian bahan pembangunan alat

Dalam pembangunan alat tahap kedua adalah pembelian material pendukung dalam pembuatan alat. Pembelian meliputi komponen alat dan bahan yang telah dibutuhkan.

c. Pengerjaan pembangunan alat

Tahap selanjutnya dalam pembangunan alat adalah proses instalasi alat dimana alat, bahan, dan program yang telah direncanakan direalisasikan dalam sebuah pengerjaan pembangunan alat.

3. Pengujian Alat

Tahap ketiga dari penelitian ini adalah pengujian alat, di dalam sebuah pengujian, fungsi kerja alat yang telah dibuat diharapkan sudah sesuai dengan tujuan penelitian sehingga nantinya alat yang telah dibuat dapat bekerja secara maksimal dan didapatkan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam pembahasan dan analisa. Apabila hasil dari pengujian tidak sesuai dengan tujuan atau terdapat kesalahan dan kerusakan pada alat maka akan dilakukan perbaikan.

4. Pembahasan dan Analisa

Pada tahapan pembahasan dan analisa dilakukan analisis tentang data yang telah diperoleh dari hasil pengujian alat dan analisa hasil pengukuran, sehingga diharapkan pada tahap ini dapat ditemukan sebuah pembahasan analitis guna penyelarasan teoritis dan hasil pengujian alat yang dilakukan.

5. Penyusunan Laporan

Pada tahapan akhir penelitian ini, hasil pengambilan data dan analisa yang telah dimasukkan dalam pembahasan. Dapat ditarik beberapa kesimpulan yang menyangkut kinerja alat yang telah dibuat dan memberikan saran guna menyempurnakan alat, sehingga dapat memungkinkan terjadi pengembangan penelitian.

### 3.3 Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Alat

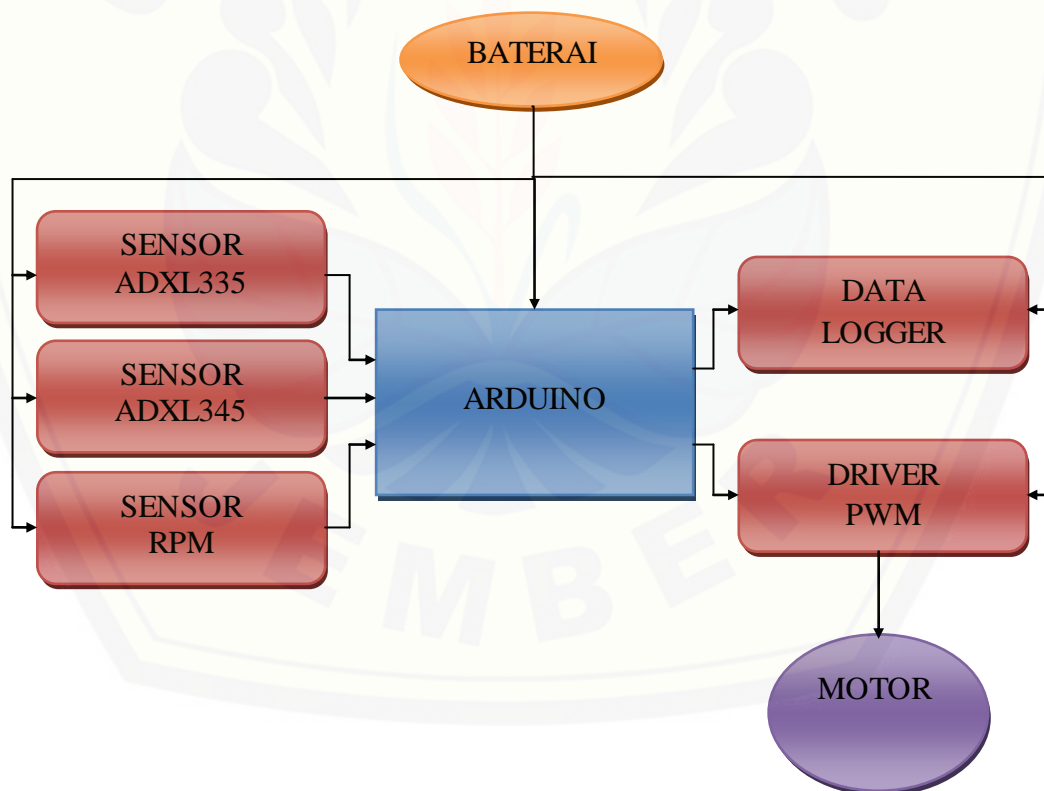
1. Solder
2. Bor
3. Atraktor
4. Multimeter
5. Obeng
6. Tang
7. Gergaji

### 3.3.2 Bahan

1. Sensor ADXL335
2. Sensor ADXL345
3. Sensor Hall Magnetic
4. Driver PWM
5. Data Logger
6. Arduino uno
7. Arduino nano
8. Timah
9. Kabel
10. Lem
11. Baut
12. Mur
13. Roda
14. *Gear Box*

### 3.4 Desain Sistem

Perancangan sistem secara keseluruhan dalam alat ini dijelaskan melalui blok diagram sistem di bawah ini.

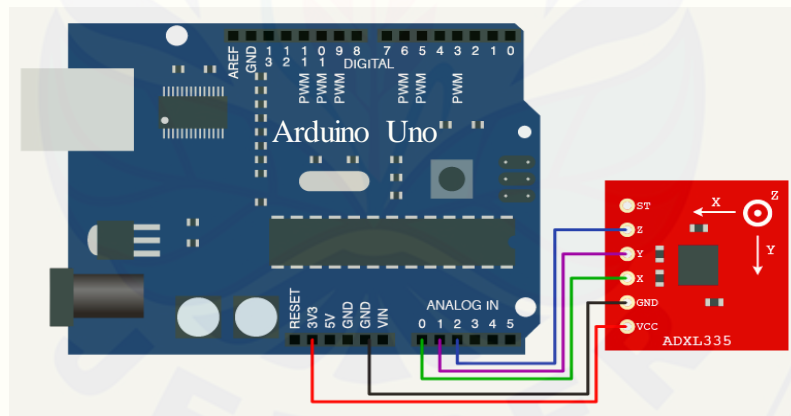


Gambar 3.1 Diagram blok sistem

Dari diagram blok gambar 3.1 (halaman 24) dijelaskan perancangan sistem robot pengukur kelayakan jalan berbasis *fuzzy logic*. Ada tiga data masukan dari sensor yang akan diproses arduino yaitu nilai sensor ADXL335 berupa X dan Y untuk mengukur kemiringan, nilai sensor ADXL345 untuk mengukur getaran dan sensor RPM untuk mengukur RPM. Kemudian data masuk ke arduino untuk diolah oleh program arduino dan *fuzzy logic* untuk dijadikan keluaran berupa derajat kemiringan jalan, getaran dalam skala MMI dan nilai RPM motor. Dari data tersebut akan diperoleh hasil yang berupa layak atau tidaknya jalan yang dilalui oleh robot, setelah itu data akan disimpan di data *logger* pada memori *sd card*. Catu daya yang digunakan adalah baterai lippo 3 cell dengan tegangan maksimal 15 V.

### 3.5 Rancangan Perangkat Keras

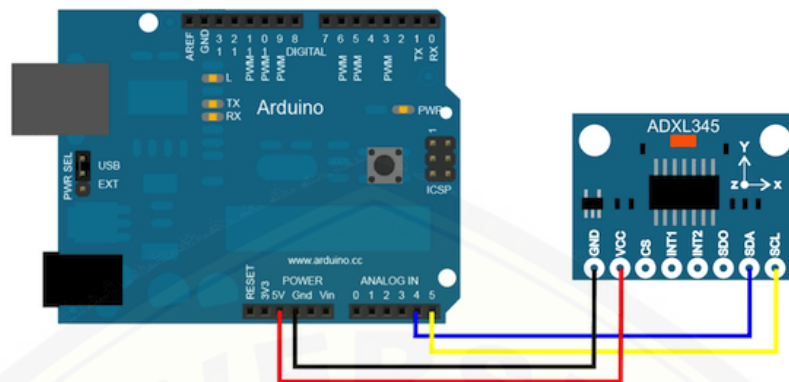
#### 3.5.1 Sensor ADXL335 dengan Arduino



Gambar 3.2 Rangkaian sensor ADXL335

Rangkaian sensor ADXL335 dengan Arduino pada gambar 3.2 di atas adalah untuk mengukur kemiringan jalan. Sensor ADXL335 yang terdiri dari pin x, y, z, *ground* dan  $V_{cc}$ . Pin x disambungkan ke pin arduino analog 0, pin y disambungkan dengan pin arduino analog 1, pin z disambungkan dengan pin arduino analog 2, pin *ground* disambungkan ke pin arduino *ground* dan pin  $V_{cc}$  disambungkan ke pin arduino 5 V.

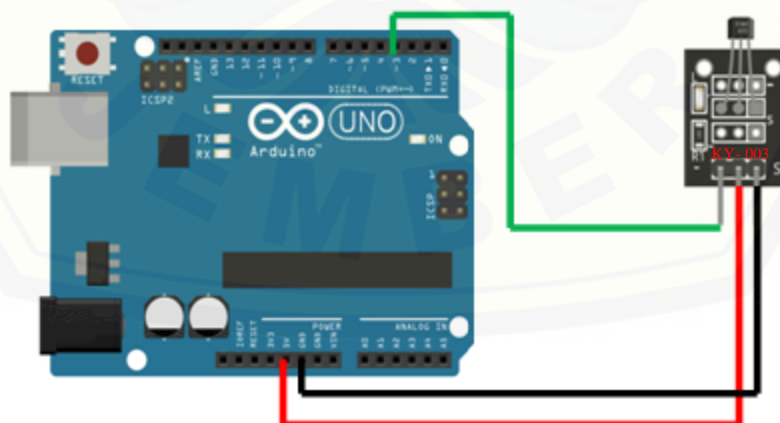
### 3.5.2 Sensor ADXL345 dengan Arduino



Gambar 3.3 Rangkaian sensor ADXL345

Rangkaian sensor ADXL345 dengan Arduino pada gambar 3.3 di atas adalah untuk mengukur getaran. Sensor ADXL345 yang terdiri dari pin *ground*,  $V_{cc}$ , *cs*, *int1*, *int2*, *sdo*, *sda* dan *scl* akan tetapi yang digunakan hanya *ground*,  $V_{cc}$ , *sda* dan *scl* saja. Pin *sda* disambungkan ke pin arduino analog 4, pin *scl* disambungkan dengan pin arduino analog 5. Pin *ground* disambungkan ke pin arduino *ground* dan pin  $V_{cc}$  disambungkan ke pin arduino 5 V.

### 3.5.3 Sensor RPM KY-003



Gambar 3.4 Rangkaian sensor RPM

Rangkaian sensor RPM dengan Arduino pada gambar 3.4 (halaman 26) adalah untuk mengukur RPM. Sensor RPM yang terdiri dari pin *x*, *ground* dan  $V_{cc}$ . Pin *x* disambungkan ke pin arduino digital 3, pin *ground* disambungkan ke pin arduino *ground* dan pin  $V_{cc}$  disambungkan ke pin arduino 5 V.

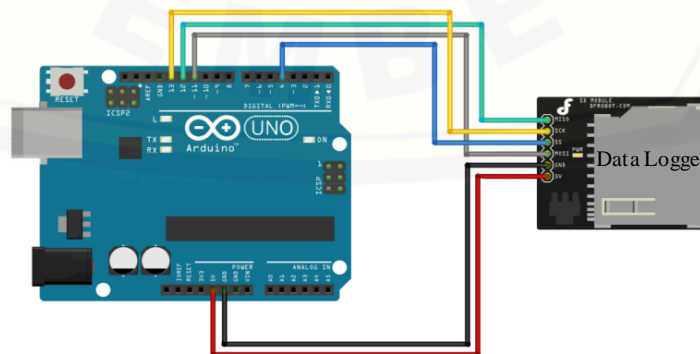
#### 3.5.4 Modul Mosfet dengan Arduino



Gambar 3.5 Rangkaian Modul Mosfet

Rangkaian modul mosfet dengan Arduino pada gambar 3.5 di atas adalah untuk mengendalikan pwm pada motor. Modul yang terdiri dari pin *sig*, *ground* dan  $V_{cc}$ . Pin *sig* disambungkan ke pin arduino digital 2, pin *ground* disambungkan ke pin arduino *ground* dan pin  $V_{cc}$  disambungkan ke pin arduino 5 V.

#### 3.5.5 Data logger dengan Arduino



Gambar 3.6 Rangkaian Data Logger

Rangkaian data logger dengan Arduino pada gambar 3.6 (halaman 27) adalah untuk merekam atau menyimpan data hasil pengukuran. *Data logger* yang terdiri dari pin cs, mosi, miso, sck, *ground* dan  $V_{cc}$ . Pin CS (*Clave Select*) modul *SD card* terhubung ke pin digital 4 Arduino. Pin MOSI (*Master Output Slave Input*) modul *SD card* terhubung ke pin digital 11 Arduino. Pin MISO (*Master Input Slave Output*) modul *SD card* terhubung ke pin digital 12 Arduino. Pin SCK (*Serial Clock*) modul *SD card* terhubung ke pin digital 13 Arduino. Pin  $V_{cc}$  (5V) modul *SD card* terhubung ke pin  $V_{cc}$  5 volt Arduino. Pin GND modul *SD card* terhubung ke pin GND Arduino.

### 3.6 Rancangan *Fuzzy Logic*

#### 3.6.1 *Input*

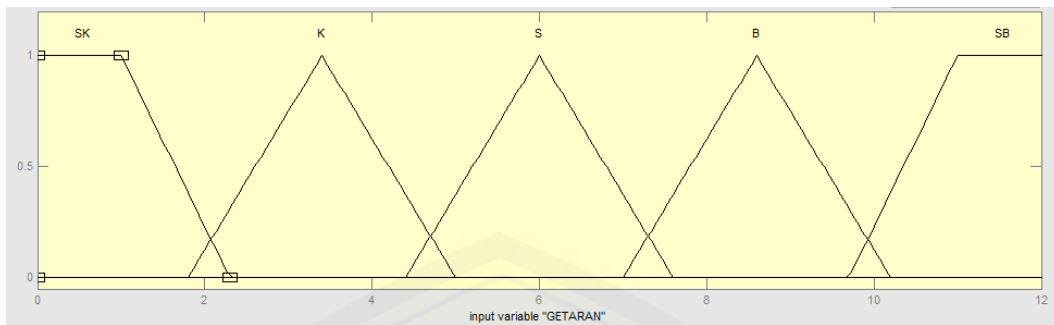
##### a. Getaran

Parameter *fuzzy logic* untuk getaran ini dapat dilihat pada tabel 3.1 dimana parameter berupa *level* getaran berdasarkan skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*), mulai dari *level* getaran 0 MMI sampai dengan 12 MMI yang mempunyai karakteristik tiap *level*.

Tabel 3.1 Parameter Getaran

Parameter	Level Getaran
Sangat Kecil (SK)	0 – 2,3
Kecil (K)	1 – 5
Sedang (S)	4,4 – 7,6
Besar (B)	7 – 10,2
Sangat Besar (SB)	9,7 – 12

Berdasarkan tabel 3.1 di atas maka ditentukan tiga himpunan yang akan digunakan yaitu Sangat Kecil (SK), Kecil (K), Sedang (S), BESAR (B) dan Sangat Besar (SB). Berikut adalah gambar himpunan *fuzzy* yang digunakan.



Gambar 3.7 Variabel *input* getaran

Berikut adalah formula yang digunakan untuk himpunan *input* getaran:

$$\mu_{\text{Sangat Kecil}} = \begin{cases} 1; & \rightarrow x \leq 1 \\ (2,3-x)/2,3-1; & \rightarrow 1 \leq x \leq 2,3 \dots\dots\dots(3.1) \\ 0; & \rightarrow x \geq 2,3 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Kecil}} = \begin{cases} 0; & \rightarrow x \leq 1,8 \text{ atau } x \geq 5 \\ (x-1,8)/3,4-1,8; & \rightarrow 1,8 \leq x \leq 3,4 \dots\dots\dots(3.2) \\ (5-x)/5-3,4; & \rightarrow 3,4 \leq x \leq 5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sedang}} = \begin{cases} 0; & \rightarrow x \leq 4,4 \text{ atau } x \geq 7,6 \\ (x-4,4)/6-4,4; & \rightarrow 4,4 \leq x \leq 6 \dots\dots\dots(3.3) \\ (7,6-x)/7,6-6; & \rightarrow 6 \leq x \leq 7,6 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Besarnya}} = \begin{cases} 0; & \rightarrow x \leq 7 \text{ atau } x \geq 10,2 \\ (x-7)/10,2-8,6; & \rightarrow 7 \leq x \leq 8,6 \dots\dots\dots(3.4) \\ (10,2-x)/10,2-8,6; & \rightarrow 8,6 \leq x \leq 10,2 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Sangat Besar}} = \begin{cases} 0; & \rightarrow x \leq 9,7 \\ (x-9,7)/11-9,7; & \rightarrow 9,7 \leq x \leq 11 \dots\dots\dots(3.5) \\ 1; & \rightarrow x \geq 11 \end{cases}$$

b. Kemiringan

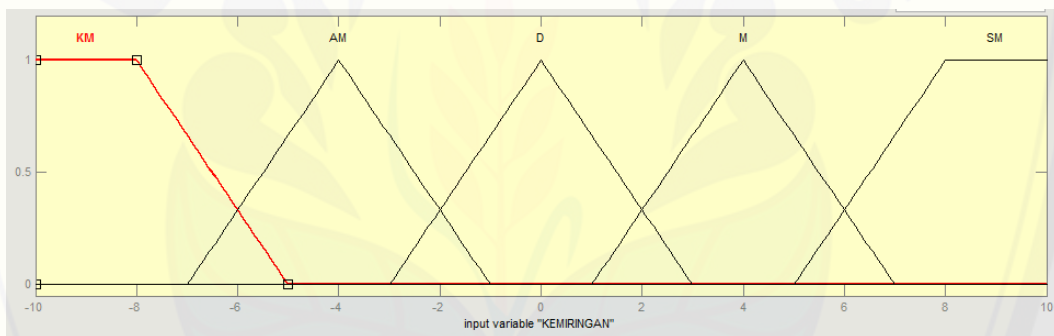
Parameter *fuzzy logic* untuk kemiringan ini dapat dilihat pada tabel 3.2, dimana parameter tersebut didapatkan dari Departemen Pekerjaan Umum tentang konstruksi bangunan.



Tabel 3.2 Parameter kemiringan

Parameter	Level Getaran
Kurang Miring (KM)	-10 – (-5)
Agak Miring (AM)	-7 – (-1)
Datar (D)	-3 – 3
Miring (M)	1 – 7
Sangat Miring (SM)	5 – 10

Berdasarkan table 3.2 di atas maka ditentukan tiga buah himpunan yang akan digunakan yaitu Kurang Miring (KM), Agak Miring (AM), Datar (D), Miring (M) dan Sangat Miring (SM). Berikut adalah gambar himpunan *fuzzy* yang digunakan.



Gambar 3.8 Variabel *input* kemiringan

Berikut adalah formula yang digunakan untuk himpunan input kemiringan:

$$\mu_{\text{Kurang Miring}} = \begin{cases} 1; & \rightarrow x \leq -8 \\ (-5-x)/-5+8; & \rightarrow -8 \leq x \leq -5 \dots\dots\dots(3.6) \\ 0; & \rightarrow x \geq -5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Agak Miring}} = \begin{cases} 0; & \rightarrow x \leq -7 \text{ atau } x \geq -1 \\ (x+7)/-4+7; & \rightarrow -7 \leq x \leq -4 \dots\dots\dots(3.7) \\ (-1-x)/-1+4; & \rightarrow -4 \leq x \leq -1 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Datar}} = \begin{cases} 0; & \rightarrow x \leq -3 \text{ atau } x \geq 3 \\ (x+3)/0+3; & \rightarrow -3 \leq x \leq 0 \dots\dots\dots(3.8) \\ (3-x)/3-0; & \rightarrow 0 \leq x \leq 3 \end{cases}$$

$$\mu \text{ Miring} = \begin{cases} 0; & \rightarrow x \leq 1 \text{ atau } x \geq 7 \\ (x-1)/4-1; & \rightarrow 1 \leq x \leq 4 \dots\dots\dots(3.9) \\ (7-x)/7-4; & \rightarrow 4 \leq x \leq 7 \end{cases}$$

$$\mu \text{ Sangat Miring} = \begin{cases} 0; & \rightarrow x \leq 5 \\ (x-5)/8-5; & \rightarrow 5 \leq x \leq 8 \dots\dots\dots(3.10) \\ 1; & \rightarrow x \geq 8 \end{cases}$$

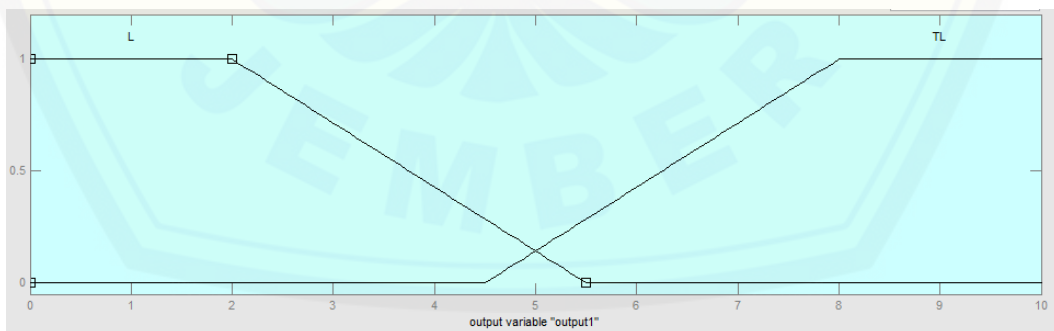
### 3.6.2 Output

Pada bagian ini merupakan kontrol fuzzy yang merupakan keluaran dari kedua masukan yang telah didapatkan. Keluaran ini didapatkan setelah pengambilan keputusan yang sebelumnya telah ditentukan syaratnya oleh *rule base* yang telah dibuat. Adapun variabel yang mempengaruhi hasil keluaran ini antara lain nilai-nilai yang dikeluarkan oleh sensor-sensor yang digunakan yaitu sensor Kemiringan dan sensor Getaran yang nilainya akan selalu berubah-ubah berdasarkan keadaan jalan yang sedang diukur.

Berikut merupakan himpunan pada variabel kedua *output* untuk *fuzzy logic* mamdani.

Tabel 3.3 Output fuzzy

Parameter	Nilai
Layak	0-5,5
Tidak Layak	4,5-10



Gambar 3.9 Variabel output fuzzy

Berikut adalah formula yang digunakan untuk himpunan *output fuzzy*:

$$\mu_{\text{Layak}} = \begin{cases} 1; & \rightarrow x \leq 2 \\ (5,5-x)/5,5-2; & \rightarrow 2 \leq x \leq 5,5 \dots\dots\dots(3.11) \\ 0; & \rightarrow x \geq 5,5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Tidak Layak}} = \begin{cases} 0; & \rightarrow x \leq 4,5 \\ (x-4,5)/8-4,5; & \rightarrow 4,5 \leq x \leq 8 \dots\dots\dots(3.12) \\ 1; & \rightarrow x \geq 8 \end{cases}$$

### 3.6.3 Rule Base

Dari beberapa himpunan *input* dan *output* yang telah dibuat, maka dibuatlah sebuah *rule base*. *Rule base* ini sendiri terdiri dari beberapa aturan yang nantinya akan dijadikan sebagai sumber pengetahuan dari program dalam menentukan keputusan yang terbaik. Berikut adalah aturan-aturan yang telah dibuat:

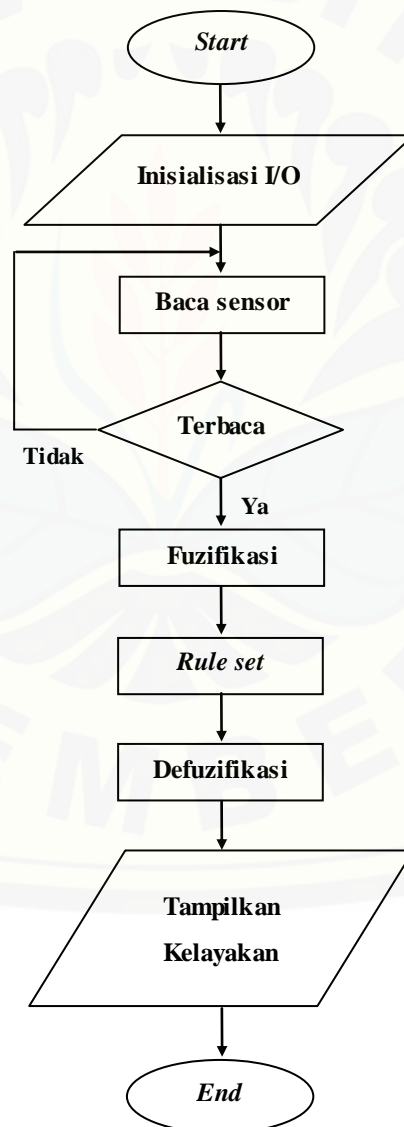
Tabel 3.4 *Rule base fuzzy*

X Y	KM	AM	D	M	SM
SK	TL	TL	TL	L	L
K	TL	TL	TL	L	L
S	TL	TL	TL	L	L
B	TL	TL	TL	TL	TL
SB	TL	TL	TL	TL	TL

### 3.7 Flowchart Sistem

*Flowchart* pada gambar 3.10 menggambarkan alur dari berjalannya sistem kerja robot. Pertama merupakan inisialisasi atau baca nilai sensor alat. Kemudian apabila sensor tidak terbaca maka kembali akan membaca sensor dan apabila terbaca maka nilai pembacaan sensor akan menjadi *input fuzzy logic*. Dalam proses *fuzzy* ini terdapat beberapa tahapan, tahapan yang pertama yaitu memasukkan data yang masuk kedalam sensor ke dalam *input* mikrokontrol, didalam mikrokontrol tersebut nilai yang berasal dari sensor yang berupa data *analog* akan dikonversikan menjadi data *digital* serta akan mengalami proses fuzzifikasi. Dalam proses fuzzifikasi ini nilai yang berasal dari sensor akan

didefinisikan kedalam bentuk himpunan yang telah dibuat, misal definisi pada tingkat derajat kemiringan adalah datar, miring dan sangat miring. Kemudian setelah selesai dari proses fuzzyfikasi, akan masuk kebagian *rule set*. Didalam *rule set* ini berisi pengetahuan yang dibutuhkan oleh logika *fuzzy* untuk mengambil keputusan apakah jalan ini layak atau tidak. Setelah menemukan aturan yang sesuai dengan keadaan maka proses terakhir adalah proses defuzzyfikasi, dalam tahap ini adalah mengambil keputusan yang biasanya berupa aksi. Dalam hal ini menentukan apakah jalan layak atau tidak. Terakhir, hasil dari pengambilan keputusan akan disimpan di *data logger*.



Gambar 3.10 Flowchart sistem

### 3.8 Cara Penggunaan Alat

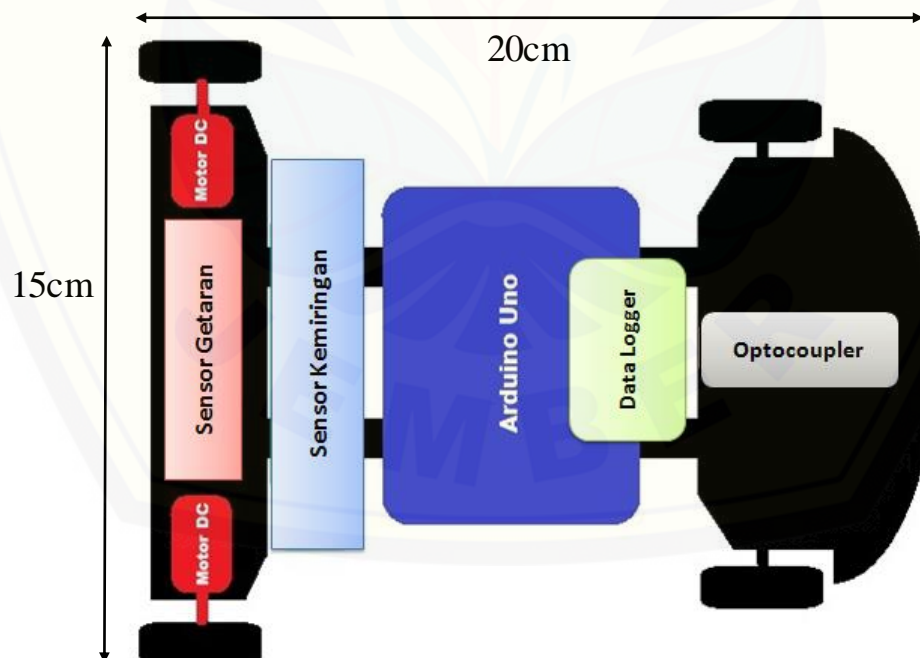
Untuk memperjelas langkah-langkah dalam menjalankan alat ini maka perlu dibuat sebuah petunjuk supaya tidak terjadi kesalahpahaman yang menimbulkan kebingungan.

1. Robot diletakkan pada jalan yang akan diukur.
2. Robot dinyalakan.
3. Dan robot akan berjalan lurus sesuai dengan jalan yang dilaluinya.
4. Robot dimatikan apabila sudah mencapai jarak pengukuran yang diinginkan.

### 3.9 Desain Robot

#### 3.9.1 Desain Robot Awal

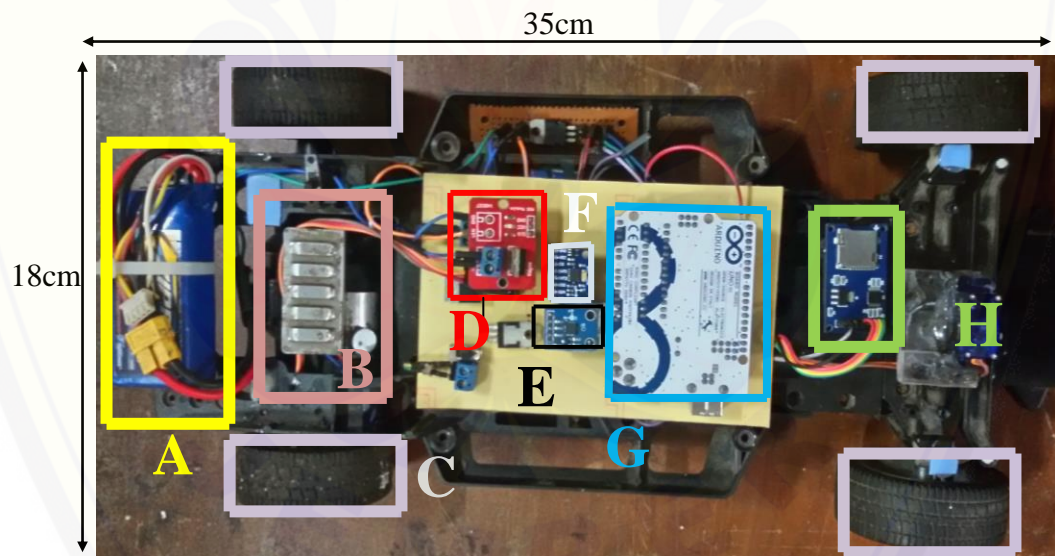
Robot tersusun dari beberapa bagian, yaitu rangka, dua motor DC, arduino, sensor *optocoupler*, sensor ADXL335, sensor ADXL345 dan *data logger*. Robot memiliki 4 roda, 2 roda belakang dikendalikan oleh 2 motor DC dan 2 roda depan. Berikut merupakan gambaran dasar dari desain robot yang akan dibuat.



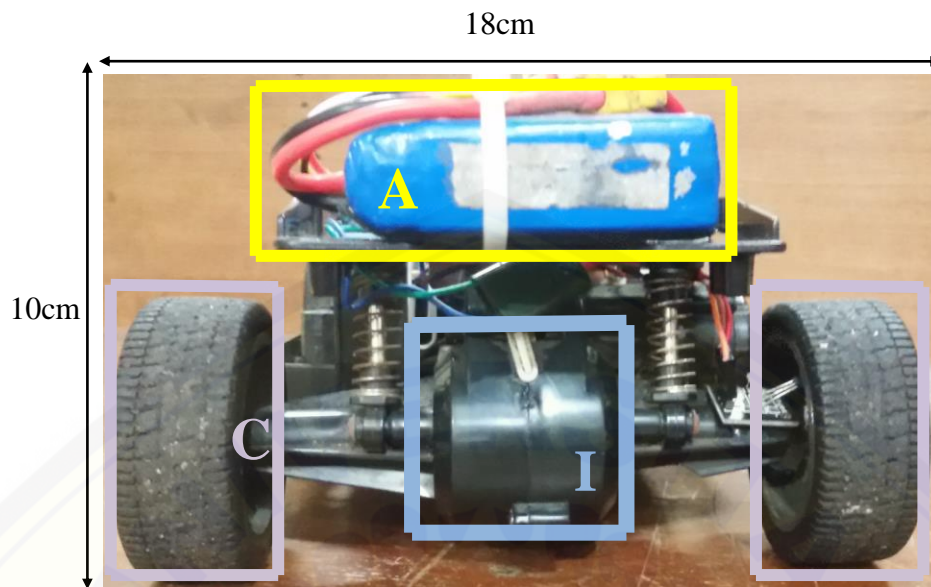
Gambar 3.11 Desain robot awal

### 3.9.2 Desain Robot Akhir

Gambar 3.12 di bawah ini merupakan gambar desain akhir robot. Desain akhir robot tidak sama dengan desain awal robot dikarenakan sensor, motor dan mekanik yang digunakan adalah berbeda. Selain itu robot dibuat lebih besar dari desain awal agar dapat menjangkau sisi jalan lebih luas sehingga pengukuran lebih akurat. Desain akhir robot menggunakan mekanik kit dari mobil *RC* sehingga hanya menggunakan 1 motor saja dan mempunyai dimensi yang lebih besar agar dapat berjalan di jalan yang mempunyai struktur kasar. Penggantian sensor *optocoupler* dengan *hall magnetic* dikarenakan *hall magnetic* mempunyai kinerja yang lebih baik dan pembacaan nilai RPM yang lebih bagus. Penambahan mosfet digunakan untuk mengatur PWM motor agar dapat dikendalikan kecepatannya sesuai dengan medan jalan.



(a)



(b)

Gambar 3.12 Desain robot akhir (a) Tampak atas, (b) Tampak belakang

Keterangan :

A. Baterai

B. Motor DC

C. Roda

D. Mosfet

E. Sensor ADXL335

F. Sensor ADXL345

G. Arduino

H. *Data Logger*

I. *Gear Box*

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dari penelitian yang berjudul “Sistem Robot Pengukur Kondisi Jalan Berbasis *Fuzzy Logic*” didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Desain *hardware* dari robot pengukur kemiringan dan getaran yang telah dibuat dan berhasil diimplementasikan serta sesuai dengan perancangan. Dengan menggunakan sensor ADXL335 untuk mengukur kemiringan dan sensor ADXL345 untuk mengukur getaran. Hasil pengujian sensor pada kemiringan di sumbu x mempunyai rata – rata *error* persen sebesar 0,40% dan pada sumbu y diperoleh rata – rata *error* persen sebesar 0,64%. Sedangkan hasil pengujian sensor getaran diperoleh rata – rata *error* persen sebesar 0,04%. (Terdapat pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 halaman 39, 40 dan 42)
2. Berdasarkan data hasil pengujian robot menggunakan metode *fuzzy logic*, jalan aspal halus memiliki rata – rata kemiringan melintang sebesar  $4,08^\circ$  dan rata – rata getaran sebesar 1,59 MMI. Pada saat melakukan pengujian di jalan aspal kasar, robot tidak berjalan dengan baik sehingga pembacaan sensor terganggu. Pada pengujian di jalan aspal kasar diperoleh rata – rata getaran yang lebih besar dibandingkan dengan di jalan aspal halus yaitu sebesar 3,7 MMI. (Lampiran No.1 halaman 84 )



## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan analisa yang telah dilakukan maka penulis memberikan saran untuk pengembangan penelitian berikutnya sebagai berikut :

1. Sensor ADXL335 tidak terlalu baik untuk pembacaan kemiringan pada keadaan dinamis, karena sangat sensitif terhadap getaran.
2. Dari hasil percobaan penulis menyarankan menggunakan mekanik robot yang lebih besar, agar semua sisi dari jalan dapat terukur.
3. Dapat menambahkan parameter atau variabel yang lain untuk mendukung kerja robot, misalkan penambahan kontrol agar robot dapat berjalan pada sumbu yang telah ditetapkan sehingga tidak menguji pada jalan lurus saja.
4. Penyimpanan data dapat dikembangkan dengan media *Telemetry*.

LAMPIRAN

1. Data pengukuran jalan aspal halus

X	Kondisi	Y	Getaran (MMI)	Kelayakan	RPM	Jarak (m)
0.57	NAIK	2.27	1.99	LAYAK	90	0.3
3.43	NAIK	0.57	1.6	TIDAK LAYAK	90	0.6
0	DATAR	2.29	1.3	LAYAK	90	0.9
0.58	NAIK	2.89	2.08	LAYAK	90	1.2
4.81	NAIK	3.01	1.57	LAYAK	90	1.5
0.56	NAIK	3.33	1.13	LAYAK	90	1.8
4.71	NAIK	3.54	1.75	LAYAK	90	2.1
1.15	NAIK	3.43	1.4	LAYAK	90	2.4
3.33	NAIK	2.78	1.21	LAYAK	90	2.7
2.29	NAIK	3.43	0.85	LAYAK	90	3
3.47	NAIK	2.89	1.86	LAYAK	90	3.3
-1.61	TURUN	1.07	0.69	TIDAK LAYAK	90	3.6
0.57	NAIK	-1.72	1.48	TIDAK LAYAK	90	3.9
2.39	NAIK	5.36	1.95	LAYAK	90	4.2
3.4	NAIK	5.65	1.23	LAYAK	90	4.5
2.29	NAIK	5.71	1.14	LAYAK	90	4.8
2.89	NAIK	7.48	0.45	LAYAK	90	5.1
3.43	NAIK	4.57	1.66	LAYAK	90	5.4
2.95	NAIK	4.71	2.11	LAYAK	90	5.7
3.54	NAIK	5.3	0.69	LAYAK	90	6
1.11	NAIK	5.55	1.35	LAYAK	90	6.3
4.44	NAIK	4.44	2.05	LAYAK	90	6.6
2.14	NAIK	4.81	2.07	LAYAK	90	6.9
2.29	NAIK	4.57	2.43	LAYAK	90	7.2
4.62	NAIK	3.47	2.62	LAYAK	90	7.5
4.57	NAIK	6.84	1.89	LAYAK	90	7.8
5.71	NAIK	5.14	1.6	LAYAK	90	8.1
3.4	NAIK	4.53	2.92	LAYAK	90	8.4
2.31	NAIK	5.77	0.49	LAYAK	90	8.7
0.57	NAIK	5.65	1.3	LAYAK	90	9
4.57	NAIK	5.14	2.29	LAYAK	90	9.3
6.84	NAIK	4.57	3.49	LAYAK	90	9.6
2.83	NAIK	5.09	0.25	LAYAK	90	9.9
0.58	NAIK	5.77	0.94	LAYAK	90	10.2

1.15	NAIK	5.14	2.74	LAYAK	90	10.5
1.10	NAIK	5.19	0.28	LAYAK	90	10.8
1.33	NAIK	4.53	5.19	TIDAK LAYAK	90	11.1
1.70	NAIK	4.53	5.95	TIDAK LAYAK	90	11.4
0.00	DATAR	5.09	4.53	LAYAK	90	11.7
1.10	NAIK	5.49	0.61	LAYAK	90	12.0
1.10	NAIK	5.49	1.08	LAYAK	90	12.3
1.66	NAIK	5.65	0.1	LAYAK	90	12.6
1.36	NAIK	5.14	1.67	LAYAK	90	12.9
0.55	NAIK	4.95	1.47	LAYAK	90	13.2
1.36	NAIK	6.84	2.24	LAYAK	90	13.5
0.57	NAIK	6.78	1.91	LAYAK	90	13.8
1.70	NAIK	6.78	2.98	LAYAK	90	14.1
0.55	NAIK	5.49	2.2	LAYAK	90	14.4
0.57	NAIK	6.78	0.61	LAYAK	90	14.7
1.36	NAIK	6.84	0.71	LAYAK	90	15.0
0.00	DATAR	5.55	2.36	LAYAK	90	15.3
0.72	NAIK	5.55	0.38	LAYAK	90	15.6
1.28	NAIK	4.99	0.36	LAYAK	90	15.9
1.13	NAIK	5.66	2.34	LAYAK	90	16.2
0.77	NAIK	5.78	0.72	LAYAK	90	16.5
0.00	DATAR	5.09	2.09	LAYAK	90	16.8
0.76	NAIK	4.4	0.06	LAYAK	90	17.1
0.81	NAIK	4.19	0.79	LAYAK	90	17.4
0.56	NAIK	4.87	0.6	LAYAK	90	17.7
1.74	NAIK	4.59	2.45	LAYAK	90	18.0
0.00	DATAR	4.53	2.35	LAYAK	90	18.3
1.04	NAIK	4.65	0.27	LAYAK	90	18.6
1.36	NAIK	4.71	1.7	LAYAK	90	18.9
0.57	NAIK	3.66	2.7	LAYAK	90	19.2
1.36	NAIK	3.99	2.55	LAYAK	90	19.5
1.13	NAIK	3.65	1.09	LAYAK	90	19.8
1.25	NAIK	3.3	1.72	LAYAK	90	20.1
0.77	NAIK	3.65	2.46	LAYAK	90	20.4
0.57	NAIK	3.66	0.07	LAYAK	90	20.7
0.79	NAIK	3.71	1.25	LAYAK	90	21.0
0.00	DATAR	3.49	0.46	LAYAK	90	21.3
0.76	NAIK	3.65	2.68	LAYAK	90	21.6
1.11	NAIK	3.78	0.07	LAYAK	90	21.9
0.57	NAIK	3.94	1.74	LAYAK	90	22.2
1.39	NAIK	3.59	0.4	LAYAK	90	22.5
1.10	NAIK	3.68	2.1	LAYAK	90	22.8

1.33	NAIK	3.54	0.38	LAYAK	90	23.1
0.56	NAIK	3.33	2.4	LAYAK	90	23.4
1.15	NAIK	3.99	0.63	LAYAK	90	23.7
0.79	NAIK	4.54	1.75	LAYAK	90	24.0
0.55	NAIK	6.52	1.15	LAYAK	90	24.3
1.35	NAIK	5.14	2.27	LAYAK	90	24.6
1.79	NAIK	3.85	1.25	LAYAK	90	24.9
0.55	NAIK	5.49	2.92	LAYAK	90	25.2
1.70	NAIK	5.09	1.49	LAYAK	90	25.5
1.16	NAIK	5.19	0.57	LAYAK	90	25.8
1.39	NAIK	2.89	1.2	LAYAK	90	26.1
1.33	NAIK	5.09	0.9	LAYAK	90	26.4
1.79	NAIK	4.76	2.47	LAYAK	90	26.7
0.77	NAIK	1.13	2.14	TIDAK LAYAK	90	27.0
1.72	NAIK	3.71	2.65	LAYAK	90	27.3
0.00	DATAR	5.14	2.11	LAYAK	90	27.6
0.81	NAIK	2.89	2.22	LAYAK	90	27.9
1.66	NAIK	4.44	2.03	LAYAK	90	28.2
1.39	NAIK	5.19	2.95	LAYAK	90	28.5
0.00	DATAR	5.44	0.73	LAYAK	90	28.8
0.78	NAIK	4.57	1.72	LAYAK	90	29.1
1.39	NAIK	4.62	1.97	LAYAK	90	29.4
1.74	NAIK	3.47	1.14	LAYAK	90	29.7
0.57	NAIK	2.83	1.39	LAYAK	90	30.0
1.77	NAIK	5.3	1.47	LAYAK	90	30.3
0.81	NAIK	3.47	1.45	LAYAK	90	30.6
1.10	NAIK	4.4	2.13	LAYAK	90	30.9
0.57	NAIK	5.09	2.51	LAYAK	90	31.2
0.79	NAIK	4.57	2.13	LAYAK	90	31.5
1.36	NAIK	3.43	0.82	LAYAK	90	31.8
0.81	NAIK	3.47	1.19	LAYAK	90	32.1
0.54	NAIK	4.28	1.35	LAYAK	90	32.4
1.07	NAIK	3.68	2.09	LAYAK	90	32.7
1.15	NAIK	3.43	1.4	LAYAK	90	33.0
0.86	NAIK	3.54	0.45	LAYAK	90	33.3
1.70	NAIK	3.4	0.92	LAYAK	90	33.6
1.18	NAIK	4.76	1.01	LAYAK	90	33.9
1.30	NAIK	4.53	0.54	LAYAK	90	34.2
1.46	NAIK	3.47	1.36	LAYAK	90	34.5
0.58	NAIK	4.62	1.96	LAYAK	90	34.8
0.86	NAIK	3.53	2.52	LAYAK	90	35.1
1.33	NAIK	3.4	1.69	LAYAK	90	35.4

1.19	NAIK	3.56	1.13	LAYAK	90	35.7
1.28	NAIK	3.87	1.73	LAYAK	90	36.0
0.79	NAIK	6.84	2	LAYAK	90	36.3
0.57	NAIK	6.84	1.94	LAYAK	90	36.6
0.86	NAIK	4.95	2.03	LAYAK	90	36.9
1.13	NAIK	5.65	1.08	LAYAK	90	37.2
1.77	NAIK	3.8	1.53	LAYAK	90	37.5
1.25	NAIK	3.56	2.21	LAYAK	90	37.8
0.85	NAIK	5.89	2.64	LAYAK	90	38.1
1.15	NAIK	4.57	0.72	LAYAK	90	38.4
0.88	NAIK	5.95	0.11	LAYAK	90	38.7
0.81	NAIK	5.89	1.09	LAYAK	90	39.0
0.91	NAIK	5.41	1.11	LAYAK	90	39.3
1.72	NAIK	6.84	0.67	LAYAK	90	39.6
1.74	NAIK	4.03	2.18	LAYAK	90	39.9
1.74	NAIK	5.89	1.6	LAYAK	90	40.2
1.47	NAIK	5.95	2.08	LAYAK	90	40.5
1.77	NAIK	3.54	0.74	LAYAK	90	40.8
0.85	NAIK	5.3	0.59	LAYAK	90	41.1
0.72	NAIK	4.99	2.41	LAYAK	90	41.4
0.76	NAIK	4.53	1.83	LAYAK	90	41.7
0.94	NAIK	1.11	0.49	TIDAK LAYAK	90	42.0
0.72	NAIK	2.78	0.35	LAYAK	90	42.3
0.00	DATAR	0.57	1.17	TIDAK LAYAK	90	42.6
1.77	NAIK	3.54	2.74	LAYAK	90	42.9
0.00	DATAR	5.49	0.32	LAYAK	90	43.2
0.81	NAIK	3.47	2.29	LAYAK	90	43.5
0.81	NAIK	2.89	1.9	LAYAK	90	43.8
0.88	NAIK	0.6	0.16	TIDAK LAYAK	90	44.1
1.45	NAIK	4.71	1.77	LAYAK	90	44.4
1.36	NAIK	4.57	1.65	LAYAK	90	44.7
1.72	NAIK	1.15	0.81	TIDAK LAYAK	90	45.0
0.57	NAIK	1.72	2.29	TIDAK LAYAK	90	45.3
1.10	NAIK	0.58	2.67	TIDAK LAYAK	90	45.6
1.09	NAIK	2.18	2.61	LAYAK	90	45.9
1.36	NAIK	0.57	0.03	TIDAK LAYAK	90	46.2
0.00	DATAR	2.83	2.24	LAYAK	90	46.5
1.79	NAIK	5.36	0.72	LAYAK	90	46.8
1.11	NAIK	2.22	1.87	LAYAK	90	47.1
0.81	NAIK	2.89	0.51	LAYAK	90	47.4
0.95	NAIK	3.53	1.17	LAYAK	90	47.7
1.07	NAIK	4.57	0.43	LAYAK	90	48.0

0.77	NAIK	5.09	1.32	LAYAK	90	48.3
1.45	NAIK	3.53	1.58	LAYAK	90	48.6
0.81	NAIK	3.47	1.73	LAYAK	90	48.9
1.81	NAIK	4.81	0.94	LAYAK	90	49.2
1.45	NAIK	5.89	1.77	LAYAK	90	49.5
1.70	NAIK	5.09	1.57	LAYAK	90	49.8
0.81	NAIK	2.31	2.44	LAYAK	90	50.1
1.39	NAIK	3.47	1.77	LAYAK	90	50.4
0.88	NAIK	4.76	1.49	LAYAK	90	50.7
0.55	NAIK	3.3	0.44	LAYAK	90	51.0
1.32	NAIK	6.78	1.3	LAYAK	90	51.3
0.86	NAIK	4.10	1.58	LAYAK	90	51.6
1.11	NAIK	2.22	0.66	LAYAK	90	51.9
1.09	NAIK	6.52	4.84	LAYAK	90	52.2
0.54	NAIK	2.14	0.21	LAYAK	90	52.5
1.72	NAIK	3.43	0.17	LAYAK	90	52.8
1.74	NAIK	3.74	2.55	LAYAK	90	53.1
0.72	NAIK	6.65	1.68	LAYAK	90	53.4
1.45	NAIK	4.71	1.76	LAYAK	90	53.7
1.74	NAIK	5.19	1.86	LAYAK	90	54.0
1.72	NAIK	3.71	2.09	LAYAK	90	54.3
1.28	NAIK	5.55	2.63	LAYAK	90	54.6
0.70	NAIK	3.3	1.38	LAYAK	90	54.9
1.72	NAIK	3.71	2.43	LAYAK	90	55.2
0.81	NAIK	5.19	1.72	LAYAK	90	55.5
1.04	NAIK	4.53	2.47	LAYAK	90	55.8
1.72	NAIK	3.99	2.49	LAYAK	90	56.1
1.13	NAIK	5.09	0.89	LAYAK	90	56.4
0.76	NAIK	6.78	2.24	LAYAK	90	56.7
0.00	DATAR	4.28	0.36	LAYAK	90	57.0
1.36	NAIK	2.86	0.55	LAYAK	90	57.3
1.10	NAIK	6.91	2.17	LAYAK	90	57.6
0.77	NAIK	6.78	0.31	LAYAK	90	57.9
1.74	NAIK	5.19	0.33	LAYAK	90	58.2
0.60	NAIK	5.89	2.65	LAYAK	90	58.5
0.81	NAIK	5.77	1.36	LAYAK	90	58.8
1.33	NAIK	3.4	2.91	LAYAK	90	59.1
1.35	NAIK	4.57	1.7	LAYAK	90	59.4
0.78	NAIK	3.43	1.66	LAYAK	90	59.7
0.76	NAIK	2.83	2.44	LAYAK	90	60.0
1.46	NAIK	3.47	1.22	LAYAK	90	60.3
0.78	NAIK	5.14	2.15	LAYAK	90	60.6

## 2. Data pengukuran jalan aspal kasar

X	Kondisi	Y	Getaran (MMI)	Kelayakan	RPM	Jarak (m)
1.18	NAIK	2.36	1.39	LAYAK	84	0.55
3.61	NAIK	2.41	0.68	LAYAK	81	0.83
9.46	NAIK	-0.6	2.07	TIDAK LAYAK	96	1.15
4.76	NAIK	1.19	1.42	TIDAK LAYAK	102	1.5
1.11	NAIK	0.56	2.56	TIDAK LAYAK	102	1.85
1.13	NAIK	-0.57	1.27	TIDAK LAYAK	93	2.16
0.57	NAIK	2.27	1.06	LAYAK	105	2.52
4.62	NAIK	3.47	0.81	LAYAK	111	2.9
3.54	NAIK	1.18	2.91	TIDAK LAYAK	105	3.26
5.19	NAIK	2.89	0.58	LAYAK	90	3.56
5.19	NAIK	3.47	0.22	LAYAK	102	3.91
2.89	NAIK	-0.58	2.97	TIDAK LAYAK	93	4.22
3.47	NAIK	0.58	3.18	TIDAK LAYAK	102	4.57
4.95	NAIK	-2.75	1.03	TIDAK LAYAK	102	4.92
4.57	NAIK	1.15	0.31	TIDAK LAYAK	102	5.27
4.62	NAIK	2.89	2.05	LAYAK	108	5.63
4.57	NAIK	1.15	1.56	TIDAK LAYAK	108	6
3.61	NAIK	3.01	3.32	TIDAK LAYAK	96	6.33
3.54	NAIK	2.36	0.01	LAYAK	111	6.7
2.27	NAIK	2.83	3.31	LAYAK	105	7.06
2.29	NAIK	-0.57	3.32	TIDAK LAYAK	114	7.45
1.15	NAIK	-1.72	2.85	TIDAK LAYAK	117	7.85
3.4	NAIK	1.13	3.33	TIDAK LAYAK	111	8.63
2.2	NAIK	-1.65	3.16	TIDAK LAYAK	111	9.01
2.31	NAIK	1.16	2.56	TIDAK LAYAK	108	9.38
2.98	NAIK	-0.6	0.8	TIDAK LAYAK	93	10.05
5.65	NAIK	1.13	2.66	TIDAK LAYAK	96	10.38
4.36	NAIK	4.9	2.43	LAYAK	93	10.69
2.78	NAIK	4.44	3.01	LAYAK	102	11.14
2.73	NAIK	7.06	2.69	LAYAK	105	11.5
4.53	NAIK	6.78	2.18	LAYAK	96	11.83
1.07	NAIK	4.28	2.7	LAYAK	90	12.13
2.18	NAIK	5.44	6.64	LAYAK	93	12.45
2.22	NAIK	6.65	2.49	LAYAK	96	12.78
5.77	NAIK	9.74	2.47	LAYAK	105	13.13
4.81	NAIK	8.38	3.25	LAYAK	96	14.07
6.84	NAIK	6.84	2.3	LAYAK	99	14.41
3.43	NAIK	7.41	1.38	LAYAK	99	14.75
5.71	NAIK	6.84	1.63	LAYAK	102	15.09
1.16	NAIK	8.05	0.25	LAYAK	105	15.45

1.11	NAIK	7.97	1.38	LAYAK	105	15.81
2.80	NAIK	6.84	1.59	LAYAK	108	16.17
2.43	NAIK	9.2	2.28	LAYAK	108	16.54
2.39	NAIK	10.62	2.03	TIDAK LAYAK	108	16.91
0.55	NAIK	6.91	2.46	LAYAK	111	17.29
0.00	DATAR	7.79	1.92	LAYAK	111	17.66
0.00	DATAR	4.76	2.4	LAYAK	114	18.05
1.53	NAIK	4.44	1	LAYAK	114	18.44
2.60	NAIK	9.56	1.27	LAYAK	108	18.81
1.36	NAIK	9.94	0.03	LAYAK	108	19.18
2.89	NAIK	4.71	1.16	LAYAK	105	19.53
3.15	NAIK	7.41	0.22	LAYAK	108	19.90
2.86	NAIK	12.34	2.12	TIDAK LAYAK	111	20.28
1.74	NAIK	9.65	0.83	LAYAK	102	20.62
3.33	NAIK	7.05	1.51	LAYAK	117	21.37
1.36	NAIK	8.65	2.09	LAYAK	111	21.75
1.72	NAIK	7.43	1.5	LAYAK	105	22.10
0.53	NAIK	8.05	3.36	LAYAK	105	22.46
0.80	NAIK	7.05	2.68	LAYAK	105	22.82
1.74	NAIK	7.89	2.84	LAYAK	105	23.18
2.43	NAIK	7.05	2.51	LAYAK	105	23.53
0.56	NAIK	9.94	0.79	LAYAK	108	23.90
1.77	NAIK	5.65	3.02	LAYAK	111	24.28
2.88	NAIK	10.04	1.93	TIDAK LAYAK	105	24.63
0.86	NAIK	7.19	1.92	LAYAK	108	25.00
1.74	NAIK	10.3	2.11	LAYAK	108	25.37
3.04	NAIK	2.86	2.29	LAYAK	105	25.73
2.31	NAIK	7.48	3.29	LAYAK	108	26.09
1.77	NAIK	4.92	0.51	LAYAK	108	26.46
0.37	NAIK	10.04	1.08	TIDAK LAYAK	111	26.84
1.30	NAIK	8.38	0.38	LAYAK	111	27.22
1.66	NAIK	7.67	2.53	LAYAK	114	27.60
1.33	NAIK	9.74	1.1	LAYAK	111	27.98
1.19	NAIK	9.65	1.54	LAYAK	111	28.36
2.43	NAIK	11.77	1.66	TIDAK LAYAK	114	28.75
1.35	NAIK	11.75	1.63	TIDAK LAYAK	114	29.14
1.70	NAIK	5.36	2	LAYAK	111	29.51
2.46	NAIK	9.87	1.44	LAYAK	123	29.93
2.45	NAIK	7.19	2.47	LAYAK	120	30.34
1.11	NAIK	3.01	1.34	LAYAK	123	30.76
3.15	NAIK	9	1.1	LAYAK	123	31.18
0.58	NAIK	9.18	0.94	LAYAK	123	31.59



2.38	NAIK	6.01	0.01	LAYAK	120	32.00
2.47	NAIK	7.48	1.59	LAYAK	117	32.40
1.99	NAIK	9.37	1.87	LAYAK	114	32.79
2.95	NAIK	10.04	1.29	TIDAK LAYAK	114	33.18
2.22	NAIK	10.15	0.79	TIDAK LAYAK	114	33.56
1.18	NAIK	9.74	2	LAYAK	117	33.96
2.56	NAIK	7.71	3.42	LAYAK	117	34.36
2.31	NAIK	8.3	1.62	LAYAK	120	34.77
1.13	NAIK	10.15	1.81	TIDAK LAYAK	117	35.17
2.88	NAIK	8.04	1.75	LAYAK	117	35.56
1.79	NAIK	7.96	2.96	LAYAK	120	35.97
0.00	DATAR	9.18	0.28	LAYAK	123	36.39
2.28	NAIK	6.14	1.28	LAYAK	123	36.81
3.26	NAIK	9.74	2.45	LAYAK	120	37.22
1.15	NAIK	8.3	1.19	LAYAK	120	37.63
2.31	NAIK	6.01	0.96	LAYAK	120	38.03
0.17	NAIK	9.18	2.28	LAYAK	123	38.45
1.72	NAIK	7.89	1.38	LAYAK	123	38.87
2.54	NAIK	9.56	2.22	LAYAK	111	39.25
1.77	NAIK	10.73	1.09	TIDAK LAYAK	114	39.64
2.47	NAIK	9.09	2.11	LAYAK	114	40.02
2.31	NAIK	7.12	0.91	LAYAK	114	40.41
1.79	NAIK	5.3	2.81	LAYAK	111	40.79
3.19	NAIK	6.78	0.18	LAYAK	126	41.22
0.27	NAIK	3.58	0.44	LAYAK	111	41.60
0.59	NAIK	0.56	1.88	TIDAK LAYAK	111	41.97
3.29	NAIK	3.4	2.15	LAYAK	111	42.35
1.30	NAIK	6.78	2.03	LAYAK	111	42.73
1.13	NAIK	2.27	1.9	LAYAK	111	43.11
0.57	NAIK	5.55	6	LAYAK	111	43.48
0.00	DATAR	5.41	3.6	LAYAK	111	43.86
2.27	NAIK	2.89	1.62	LAYAK	111	44.24
2.68	NAIK	4.57	0.32	LAYAK	111	44.62
3.26	NAIK	2.89	2.41	LAYAK	111	44.99
2.83	NAIK	2.98	0.17	LAYAK	111	45.37
0.90	NAIK	2.36	2.46	LAYAK	111	45.75
1.18	NAIK	3.61	1.63	LAYAK	111	46.13
2.29	NAIK	2.75	1.9	LAYAK	111	46.50
3.39	NAIK	7.05	2.5	LAYAK	111	46.88
0.82	NAIK	-1.74	2.36	TIDAK LAYAK	111	47.26
0.58	NAIK	2.95	0.64	LAYAK	111	47.64
2.78	NAIK	3.58	1.53	LAYAK	111	48.01

2.43	NAIK	1.25	0	TIDAK LAYAK	111	48.39
0.57	NAIK	3.4	2.53	LAYAK	111	48.77
2.43	NAIK	0.58	2.4	TIDAK LAYAK	111	49.15
1.02	NAIK	2.27	2.14	LAYAK	111	49.52
2.29	NAIK	1.11	2.44	TIDAK LAYAK	111	49.90
1.74	NAIK	5.14	2.4	LAYAK	111	50.28
2.72	NAIK	3.33	2.01	LAYAK	111	50.66
1.77	NAIK	1.16	1.05	TIDAK LAYAK	111	51.04
2.60	NAIK	3.08	1.18	LAYAK	111	51.41
2.39	NAIK	5.19	2	LAYAK	111	51.79
2.36	NAIK	-0.59	1.74	TIDAK LAYAK	123	52.21
0.86	NAIK	2.78	2.01	LAYAK	114	52.60
2.05	NAIK	0.55	0.37	TIDAK LAYAK	114	52.98
1.18	NAIK	0.6	0.4	TIDAK LAYAK	111	53.36
2.22	NAIK	2.83	2.48	LAYAK	111	53.74
0.96	NAIK	4.57	1.44	LAYAK	117	54.14
2.43	NAIK	5.95	0.53	LAYAK	114	54.53
2.36	NAIK	7.2	0.8	LAYAK	117	54.92
2.60	NAIK	6.65	0.52	LAYAK	120	55.33
2.31	NAIK	7.12	2.54	LAYAK	108	55.70
2.65	NAIK	8.21	0.87	LAYAK	108	56.07
2.64	NAIK	2.29	2.21	LAYAK	114	56.45
1.18	NAIK	5.19	1.47	LAYAK	117	56.85
2.96	NAIK	3.54	2.52	LAYAK	114	57.24
1.30	NAIK	4.71	2.46	LAYAK	120	57.65
0.82	NAIK	6.84	3.04	LAYAK	120	58.06
0.90	NAIK	5.65	0.7	LAYAK	114	58.83
1.13	NAIK	7.63	0.53	LAYAK	117	59.23
0.80	NAIK	11.65	2.41	TIDAK LAYAK	126	59.66
0.42	NAIK	8.21	0.64	LAYAK	111	60.04
0.00	DATAR	3.08	1.5	LAYAK	108	60.40
2.46	NAIK	7.79	0.77	LAYAK	111	60.78
2.45	NAIK	2.22	0.7	LAYAK	111	61.16
2.26	NAIK	3.54	2.32	LAYAK	123	61.58
1.53	NAIK	5.09	1.5	LAYAK	114	61.96
0.22	NAIK	2.78	0.23	LAYAK	117	62.36
1.09	NAIK	2.39	1.15	LAYAK	120	62.77
0.69	NAIK	2.75	2.11	LAYAK	111	63.15
1.28	NAIK	6.65	0.47	LAYAK	111	63.53
2.29	NAIK	7.35	0.08	LAYAK	111	63.90
1.41	NAIK	7.12	0.13	LAYAK	111	64.28
0.48	NAIK	4.71	2.01	LAYAK	111	64.66

### 3. Data pengukuran jalan aspal rusak

X	Kondisi	Y	Getaran (MMI)	Kelayakan	RPM	Jarak (m)
7.19	NAIK	2.78	6	LAYAK	90	0.33
15.56	NAIK	14.21	2.58	TIDAK LAYAK	105	0.68
27.87	NAIK	5.49	0.53	LAYAK	99	1.02
-5.33	TURUN	-5.33	4.76	TIDAK LAYAK	111	1.4
-30.07	TURUN	26.97	1.23	TIDAK LAYAK	108	1.77
20.74	NAIK	-29.38	5.53	TIDAK LAYAK	120	2.17
2.6	NAIK	-2.6	1.75	TIDAK LAYAK	114	2.56
-19.65	TURUN	-18.43	1.87	TIDAK LAYAK	120	2.97
-25.35	TURUN	26.81	8.27	TIDAK LAYAK	123	3.39
-22.13	TURUN	-12.4	1.65	TIDAK LAYAK	123	3.81
1.61	NAIK	6.43	2.13	LAYAK	123	4.22
-18.99	TURUN	12.14	4.76	LAYAK	126	4.65
-1.25	TURUN	44.37	3.01	TIDAK LAYAK	117	5.05
-9.83	TURUN	1.53	4.69	TIDAK LAYAK	120	5.46
-2.9	TURUN	25.69	5.31	TIDAK LAYAK	120	5.87
19.01	NAIK	-5.08	2.43	TIDAK LAYAK	132	6.32
0.99	NAIK	-7.37	4.08	TIDAK LAYAK	132	6.77
14.38	NAIK	-27.15	1.48	TIDAK LAYAK	123	7.18
47.12	NAIK	-12.99	1.61	TIDAK LAYAK	126	7.61
1.45	NAIK	-10.75	4.9	TIDAK LAYAK	126	8.04
-38.22	TURUN	-34.51	1.06	TIDAK LAYAK	129	8.48
5.01	NAIK	-16.61	7.07	TIDAK LAYAK	129	8.92
38.44	NAIK	10.51	24.48	LAYAK	129	9.36
-6.01	TURUN	-5.51	1.49	TIDAK LAYAK	126	9.79
9.25	NAIK	-14.35	1.8	TIDAK LAYAK	129	10.23
-0.65	TURUN	-13.42	5.56	TIDAK LAYAK	129	10.66
-29.95	TURUN	18.06	0.68	TIDAK LAYAK	132	11.11
2.22	NAIK	-9.68	4.25	TIDAK LAYAK	117	11.51
-16.17	TURUN	-2.29	3.59	TIDAK LAYAK	120	11.92
36.6	NAIK	4.53	0.77	LAYAK	120	12.33
-14.04	TURUN	6.88	4.24	LAYAK	126	12.76
-6.58	TURUN	-2.75	4.79	TIDAK LAYAK	123	13.17
-13.12	TURUN	-4.99	0.99	TIDAK LAYAK	126	13.6
48.37	NAIK	24.62	1.76	TIDAK LAYAK	123	14.02
-25.85	TURUN	-2.36	2.01	TIDAK LAYAK	123	14.44
-10.91	TURUN	21.53	6.45	TIDAK LAYAK	123	14.86
-36.33	TURUN	55.78	1.88	TIDAK LAYAK	123	15.28
37.6	NAIK	30.54	4.16	TIDAK LAYAK	117	15.67
24.13	NAIK	0.46	3	TIDAK LAYAK	132	16.12
-7.59	TURUN	11.31	3.35	LAYAK	129	16.56

36.87	NAIK	-1.87	0.92	TIDAK LAYAK	129	17
-4.71	TURUN	0.59	7.21	TIDAK LAYAK	129	17.44
-3.89	TURUN	-1.67	0.57	TIDAK LAYAK	120	17.85
-12.14	TURUN	24.3	1.97	TIDAK LAYAK	135	18.31
-20.56	TURUN	10.62	5.1	LAYAK	123	18.73
-9.52	TURUN	-13.08	3.63	TIDAK LAYAK	123	19.14
46.27	NAIK	-18.43	3.91	TIDAK LAYAK	123	19.56
-18.43	TURUN	60.78	6.04	TIDAK LAYAK	126	19.99
17.69	NAIK	-14.5	3.41	TIDAK LAYAK	126	20.42
-38.44	TURUN	47.6	2.98	TIDAK LAYAK	126	20.85
-40.43	TURUN	-5.82	9.89	TIDAK LAYAK	126	21.28
-9.16	TURUN	0.62	6.29	TIDAK LAYAK	144	21.77
41.31	NAIK	39.29	7.35	TIDAK LAYAK	129	22.21
-11.13	TURUN	5.62	2.83	LAYAK	126	22.63
-21.08	TURUN	34.91	3.45	TIDAK LAYAK	123	23.05
-18.43	TURUN	15.07	8.05	TIDAK LAYAK	123	23.47
28.4	NAIK	8.84	3.79	TIDAK LAYAK	123	23.89
-8.24	TURUN	-11.89	7.31	TIDAK LAYAK	123	24.31
10.62	NAIK	11.6	3.63	LAYAK	120	24.72
-7.56	TURUN	-25.95	3.55	TIDAK LAYAK	120	25.12
20.22	NAIK	-8.48	3.95	TIDAK LAYAK	120	25.53
-7.29	TURUN	7.94	2.81	LAYAK	135	25.99
20.14	NAIK	-39.43	6.46	TIDAK LAYAK	120	26.4
-26.94	TURUN	2.35	3.26	TIDAK LAYAK	120	26.81
-40.8	TURUN	-23.34	4.28	TIDAK LAYAK	120	27.22
17.06	NAIK	-3.25	0.34	TIDAK LAYAK	120	27.62
1.15	NAIK	-26.57	6.25	TIDAK LAYAK	120	28.03
-25.32	TURUN	-2.56	1.15	TIDAK LAYAK	120	28.44
-40.13	TURUN	29.12	6.03	TIDAK LAYAK	120	28.85
-19.58	TURUN	0.55	8.9	TIDAK LAYAK	129	29.29
4.2	NAIK	-16.36	2.15	TIDAK LAYAK	120	29.7
-12.22	TURUN	31.74	1.95	TIDAK LAYAK	117	30.09
-9.18	TURUN	-3.96	6.51	TIDAK LAYAK	117	30.49
-9.87	TURUN	3.73	1.74	LAYAK	132	30.94
9.46	NAIK	-31.14	1.32	TIDAK LAYAK	117	31.34
-15	TURUN	-0.51	3.48	TIDAK LAYAK	120	31.75
1.15	NAIK	-22.78	0.97	TIDAK LAYAK	117	32.15
28.65	NAIK	-23.52	7.02	TIDAK LAYAK	117	32.54
47.39	NAIK	6.2	6.34	LAYAK	135	33
-5.44	TURUN	31.26	5.4	TIDAK LAYAK	123	33.84
-8.47	TURUN	-8.47	3.13	TIDAK LAYAK	123	34.26
-6.84	TURUN	10.57	0.95	TIDAK LAYAK	123	34.68

26.03	NAIK	14.97	6.98	TIDAK LAYAK	120	35.08
21.04	NAIK	-8.75	0.33	TIDAK LAYAK	117	35.48
9.98	NAIK	-9.98	8.92	TIDAK LAYAK	132	35.93
12.53	NAIK	-32.06	3.99	TIDAK LAYAK	132	36.38
1.3	NAIK	16.46	2.61	TIDAK LAYAK	147	36.88
-4.62	TURUN	5.77	8.85	LAYAK	129	37.32
-9.98	TURUN	-25.26	3.42	TIDAK LAYAK	126	37.75
11.14	NAIK	-37.15	2.49	TIDAK LAYAK	126	38.18
6.34	NAIK	-9.46	6.4	TIDAK LAYAK	129	38.62
24.07	NAIK	-25.64	5.63	TIDAK LAYAK	132	39.5
-70.06	TURUN	-4.18	1.78	TIDAK LAYAK	132	39.95
25.29	NAIK	15.95	3.41	TIDAK LAYAK	129	40.39
18.74	NAIK	4.09	5.28	LAYAK	123	40.81
-37.46	TURUN	12.13	2.89	LAYAK	132	41.26
12.87	NAIK	21.09	3.57	TIDAK LAYAK	129	41.7
-7.13	TURUN	34.51	6.72	TIDAK LAYAK	147	42.2
-10.39	TURUN	-17.14	2.54	TIDAK LAYAK	126	42.63
-30.7	TURUN	-11.77	5.06	TIDAK LAYAK	126	43.05
-54.39	TURUN	25.25	0.84	TIDAK LAYAK	129	43.49
21.54	NAIK	-16.14	2.81	TIDAK LAYAK	132	43.94
11.5	NAIK	6.06	6.79	TIDAK LAYAK	117	44.34
-17.4	TURUN	-9.32	0.05	TIDAK LAYAK	138	45.22
-22.93	TURUN	45.73	0.44	TIDAK LAYAK	129	45.66
13.43	NAIK	30.2	4.41	TIDAK LAYAK	129	46.1
-38.8	TURUN	4.48	0.08	LAYAK	135	46.56
-50.39	TURUN	46.17	1.02	TIDAK LAYAK	123	46.97
1.13	NAIK	17.06	6.79	TIDAK LAYAK	138	47.44
-48.28	TURUN	11.62	4.52	LAYAK	138	47.91
7.32	NAIK	-21.98	3.64	TIDAK LAYAK	132	48.36
12.99	NAIK	-10.89	6.03	TIDAK LAYAK	141	48.84
-58.57	TURUN	15.26	2.85	TIDAK LAYAK	132	49.29
36.44	NAIK	49.09	4.61	TIDAK LAYAK	126	49.72
-38.13	TURUN	-9.34	5.66	TIDAK LAYAK	129	50.16
3.62	NAIK	17.56	3.46	TIDAK LAYAK	129	50.6
-17.9	TURUN	21.04	4.8	TIDAK LAYAK	132	51.05
-25.23	TURUN	7.85	5.41	LAYAK	129	51.92
17.6	NAIK	-25.23	4.76	TIDAK LAYAK	129	52.36
11.66	NAIK	5.44	0.23	LAYAK	129	52.8
-5.88	TURUN	34.08	0.18	TIDAK LAYAK	129	53.24
-45	TURUN	25.5	5	TIDAK LAYAK	141	53.72
-23.2	TURUN	23.2	4.4	TIDAK LAYAK	132	54.17
39.95	NAIK	-44.27	1.19	TIDAK LAYAK	132	54.62

#### 4. Data pengukuran jalan aspal tanjakan

X	Kondisi	Y	Getaran (MMI)	Kelayakan	RPM	Jarak (m)
2.2	NAIK	0.55	2.97	TIDAK LAYAK	102	0.34
2.31	NAIK	1.31	1.09	TIDAK LAYAK	102	0.68
4.62	NAIK	1.16	1.6	TIDAK LAYAK	105	1.02
4.57	NAIK	1.15	2.55	TIDAK LAYAK	108	1.36
4.62	NAIK	1.16	1.52	TIDAK LAYAK	108	1.7
3.4	NAIK	2.27	0.45	LAYAK	111	2.06
4.44	NAIK	0.56	1.79	TIDAK LAYAK	111	2.43
5.49	NAIK	1.1	1.2	TIDAK LAYAK	111	2.8
4.53	NAIK	0.57	1.62	TIDAK LAYAK	111	3.17
3.33	NAIK	0.56	1.59	TIDAK LAYAK	114	3.55
3.4	NAIK	1.13	2.16	TIDAK LAYAK	117	3.93
4.62	NAIK	2.31	1.98	LAYAK	102	4.31
5.3	NAIK	2.36	0.56	LAYAK	102	4.69
3.33	NAIK	2.22	2.24	LAYAK	102	5.09
3.54	NAIK	-0.59	1.61	TIDAK LAYAK	105	5.44
4.57	NAIK	2.29	1.81	LAYAK	108	5.79
4.62	NAIK	0.58	0.45	TIDAK LAYAK	108	6.13
2.89	NAIK	1.16	1.31	TIDAK LAYAK	108	6.49
5.09	NAIK	1.13	2.41	TIDAK LAYAK	111	6.86
4.71	NAIK	2.36	1.8	LAYAK	111	7.23
5.36	NAIK	1.19	2.32	TIDAK LAYAK	114	7.59
8.21	NAIK	1.18	2.03	TIDAK LAYAK	114	7.97
7.63	NAIK	1.18	1.9	TIDAK LAYAK	117	8.35
9.74	NAIK	3.47	2.59	LAYAK	117	8.74
12.78	NAIK	2.36	0.33	LAYAK	117	9.12
12.78	NAIK	3.5	2.06	LAYAK	120	9.52
15.71	NAIK	3.6	1.09	LAYAK	120	9.92
13.34	NAIK	3.82	2.67	LAYAK	120	10.32
15.31	NAIK	3.90	0.24	LAYAK	120	10.73
10.73	NAIK	3.90	1.67	LAYAK	120	11.13
12.34	NAIK	2.68	1.28	LAYAK	120	11.54
13.31	NAIK	2.59	1.98	LAYAK	120	11.95
13.47	NAIK	4.2	0.32	LAYAK	123	12.36
15.55	NAIK	4.69	1.39	LAYAK	123	12.77
13.34	NAIK	4.10	1.89	LAYAK	111	13.17
13.61	NAIK	2.54	1.32	LAYAK	111	13.59
14.6	NAIK	2.5	1.1	LAYAK	114	14.01
11.98	NAIK	2.6	1.32	LAYAK	114	14.39
14.04	NAIK	2.8	0.62	LAYAK	114	14.77
16.19	NAIK	2.74	0.24	LAYAK	114	15.15

24.04	NAIK	4.07	0.96	LAYAK	114	15.54
23.89	NAIK	3.95	1.63	LAYAK	117	15.93
20.31	NAIK	8.38	0.37	LAYAK	117	16.32
20.04	NAIK	5.36	0.59	LAYAK	120	16.71
22.89	NAIK	3.40	2.25	LAYAK	120	17.10
20.51	NAIK	7.05	1.63	LAYAK	123	17.50
21.65	NAIK	9.37	1.21	LAYAK	123	17.91
20.51	NAIK	9.37	2.09	LAYAK	126	18.32
20.15	NAIK	9.46	1.66	LAYAK	126	18.74
21.98	NAIK	8.05	1.23	LAYAK	126	19.15
24.74	NAIK	9.18	0.63	LAYAK	126	19.58
22.29	NAIK	9	0.55	LAYAK	126	20.01
21.86	NAIK	7.97	0.32	LAYAK	126	20.44
22.34	NAIK	5.34	1.56	LAYAK	126	20.87
20.15	NAIK	3.04	1.5	LAYAK	126	21.30
23.34	NAIK	9.94	1.41	LAYAK	126	21.73
23.31	NAIK	3.95	1.68	LAYAK	126	22.16
21.19	NAIK	9.8	0.87	LAYAK	126	22.58
22.91	NAIK	3	2.81	LAYAK	126	23.01
22.14	NAIK	3.95	1.12	LAYAK	126	23.44
24.74	NAIK	8.4	1.5	LAYAK	126	23.87
23.08	NAIK	9.18	0.56	LAYAK	126	24.30
21.65	NAIK	8.21	1.34	LAYAK	126	24.73
20.15	NAIK	7.7	2.15	LAYAK	126	25.16
23.04	NAIK	7.79	0.44	LAYAK	129	25.58
22.72	NAIK	9.8	0.03	LAYAK	129	26.01
20.87	NAIK	7.8	1.53	LAYAK	129	26.44
20.31	NAIK	3.1	0.16	LAYAK	129	26.88
23.61	NAIK	9.56	0.18	LAYAK	129	27.32
20.71	NAIK	7.7	1.8	LAYAK	129	27.76
23.45	NAIK	3.47	0.71	LAYAK	129	28.20
24.04	NAIK	5.9	1.01	LAYAK	129	28.64
22.88	NAIK	9.76	1.47	LAYAK	129	29.07
20.62	NAIK	8.0	0.36	LAYAK	129	29.51
20.78	NAIK	4.07	0.49	LAYAK	129	29.95
23.06	NAIK	8.65	1.41	LAYAK	129	30.39
22.88	NAIK	6.14	0.44	LAYAK	129	30.83
20.62	NAIK	9.76	0.38	LAYAK	129	31.27
21.81	NAIK	8.30	0.45	LAYAK	129	31.71
22.5	NAIK	8.04	1.12	LAYAK	129	32.15
22.32	NAIK	8.56	0.88	LAYAK	132	32.58
23.81	NAIK	8.75	0.36	LAYAK	132	33.02

22.32	NAIK	9.76	1.12	LAYAK	132	33.46
21.81	NAIK	3.0	0.44	LAYAK	132	33.91
20.71	NAIK	8.3	1.34	LAYAK	129	34.36
23.45	NAIK	4.1	0.61	LAYAK	129	34.81
23.89	NAIK	5.14	1.37	LAYAK	129	35.26
21.19	NAIK	8.56	1.13	LAYAK	129	35.70
20.62	NAIK	5.14	1.24	LAYAK	129	36.14
20.2	NAIK	5.86	1.08	LAYAK	129	36.57
20	NAIK	9.37	0.11	LAYAK	129	37.01
20.87	NAIK	9.56	0.62	LAYAK	129	37.45
20.62	NAIK	5.14	0.64	LAYAK	129	37.89
23.06	NAIK	9.87	1.12	LAYAK	129	38.33
22.32	NAIK	8.56	1.82	LAYAK	129	38.77
23	NAIK	9.9	0.1	LAYAK	129	39.21
23.43	NAIK	3.4	0.92	LAYAK	129	39.65
22.5	NAIK	3.47	1.15	LAYAK	129	40.09
21.33	NAIK	4.4	0.09	LAYAK	129	40.52
22.32	NAIK	3.9	0.01	LAYAK	132	40.96
20.44	NAIK	9.2	0.22	LAYAK	132	41.40
20.78	NAIK	6.45	3.02	LAYAK	129	41.84
23.62	NAIK	4.07	0.17	LAYAK	132	42.29
20.71	NAIK	9.5	0.79	LAYAK	132	42.74
20.95	NAIK	4.2	0.26	LAYAK	129	43.18
24.54	NAIK	5.1	0.19	LAYAK	129	43.63
20.14	NAIK	3.70	0.74	LAYAK	129	44.08
21.19	NAIK	3.95	1.32	LAYAK	132	44.51
20.62	NAIK	3.9	1.69	LAYAK	117	44.95
21.81	NAIK	3.6	7.48	LAYAK	120	45.39
21.7	NAIK	6.74	1.62	LAYAK	120	45.84
24.6	NAIK	3.6	1.89	LAYAK	120	46.24
24.54	NAIK	3.95	3.84	LAYAK	120	46.65
24.93	NAIK	3.58	0.02	LAYAK	120	47.06
20.14	NAIK	3.08	1.58	LAYAK	120	47.46
21.7	NAIK	8.52	0.1	LAYAK	117	47.87
23.25	NAIK	7.18	0.35	LAYAK	120	48.28
23.25	NAIK	5.40	1.98	LAYAK	120	48.69
24.93	NAIK	5.99	1.66	LAYAK	120	49.09
23.43	NAIK	4.31	0.22	LAYAK	120	49.49
21.69	NAIK	5.8	1.86	LAYAK	120	49.90
23.62	NAIK	3.5	0.29	LAYAK	120	50.31
21.25	NAIK	4.31	1.81	LAYAK	123	50.72
24.54	NAIK	3.36	0.54	LAYAK	123	51.13



24.49	NAIK	3.08	1.01	LAYAK	123	51.54
20.7	NAIK	7.3	1.87	LAYAK	123	51.95
22.13	NAIK	8.36	2.22	LAYAK	123	52.37
24.73	NAIK	7	1.75	LAYAK	123	52.79
24.69	NAIK	5.5	0.86	LAYAK	123	53.21
23.43	NAIK	5.14	1.58	LAYAK	123	53.63
20.62	NAIK	5.14	2.94	LAYAK	123	54.05
22.32	NAIK	9.8	1.26	LAYAK	123	54.46
20.83	NAIK	7.43	0.71	LAYAK	123	54.88
21.81	NAIK	3	1.89	LAYAK	123	55.30
22.44	NAIK	9.87	1.17	LAYAK	123	55.72
23.43	NAIK	6.31	1.09	LAYAK	123	56.14
20.08	NAIK	5.72	1.29	LAYAK	126	56.56
21.81	NAIK	5.34	2.08	LAYAK	123	56.97
23.79	NAIK	9.37	0.13	LAYAK	126	57.39
22.91	NAIK	3.6	0.91	LAYAK	126	57.82
22.91	NAIK	3.6	2.21	LAYAK	126	58.24
20.31	NAIK	9.6	2.35	LAYAK	123	58.67
20.52	NAIK	4.31	0.26	LAYAK	123	59.10
22.78	NAIK	8.21	2.66	LAYAK	123	59.53
23.06	NAIK	9.87	1.62	LAYAK	126	59.94
24.6	NAIK	7.60	2.01	LAYAK	123	60.36
21.36	NAIK	6.45	6.93	LAYAK	126	60.78
20.05	NAIK	5.14	0.28	LAYAK	126	61.21
20.31	NAIK	3.73	0.71	LAYAK	126	61.63
20.2	NAIK	5.26	1.84	LAYAK	126	62.06
22.72	NAIK	3.51	2.06	LAYAK	126	62.49
20.31	NAIK	3.15	2.59	LAYAK	126	62.91
20.05	NAIK	6.31	2.43	LAYAK	126	63.34
20.51	NAIK	4.65	1.18	LAYAK	126	63.77
24.04	NAIK	3.20	1.64	LAYAK	126	64.20
22.47	NAIK	6.52	2.68	LAYAK	126	64.63
22.72	NAIK	8.56	2.17	LAYAK	129	65.06
22.34	NAIK	3.62	1.46	LAYAK	126	65.49
23.61	NAIK	3.01	2.27	LAYAK	126	65.91
23.08	NAIK	6.91	1.9	LAYAK	123	66.35
24.04	NAIK	5.59	2.11	LAYAK	123	66.78
20.2	NAIK	2.3	0.96	LAYAK	120	67.21
24.74	NAIK	3.61	1.16	LAYAK	120	67.63
23.61	NAIK	3.61	0.09	LAYAK	117	68.05
21.98	NAIK	2.89	1.89	LAYAK	117	68.46
20.11	NAIK	3.43	2.79	LAYAK	132	68.86

### 5. Data pengukuran jalan aspal turunan

X	Kondisi	Y	Getaran (MMI)	Kelayakan	RPM	Jarak (m)
-9.94	TURUN	1.18	30	TIDAK LAYAK	99	0.44
-7.63	TURUN	2.36	1.78	LAYAK	111	0.82
-9.09	TURUN	0.57	2.28	TIDAK LAYAK	108	1.18
-9.74	TURUN	0.58	1.12	TIDAK LAYAK	117	1.58
-12.22	TURUN	0.59	2.51	TIDAK LAYAK	120	1.99
-15.72	TURUN	0.56	0.68	TIDAK LAYAK	123	2.41
-14.04	TURUN	1.15	3.22	TIDAK LAYAK	111	2.79
-8.53	TURUN	1.15	1.43	TIDAK LAYAK	114	3.17
-9	TURUN	2.83	0.52	LAYAK	114	3.56
-9.55	TURUN	2.27	2.08	LAYAK	114	3.95
-11.31	TURUN	2.29	2.43	LAYAK	117	4.74
-15	TURUN	1.18	1.37	TIDAK LAYAK	117	5.13
-11.98	TURUN	-0.58	2.15	TIDAK LAYAK	117	5.53
-14.04	TURUN	1.19	1.4	TIDAK LAYAK	120	5.94
-17.88	TURUN	3.69	0.76	LAYAK	117	6.34
-15.2	TURUN	3.11	1.79	LAYAK	120	6.75
-14.6	TURUN	0.6	3.47	TIDAK LAYAK	120	7.15
-16.81	TURUN	4.76	2.24	LAYAK	120	7.56
-14.72	TURUN	2.31	1.12	LAYAK	120	7.97
-17.26	TURUN	-2.78	2.26	TIDAK LAYAK	120	8.38
-17.19	TURUN	3.54	0.67	LAYAK	123	8.8
-15.72	TURUN	4.44	0.24	LAYAK	123	9.63
-16.86	TURUN	-2.89	2.33	TIDAK LAYAK	123	10.05
-14.72	TURUN	0.58	0.61	TIDAK LAYAK	120	10.46
-16.17	TURUN	1.15	1.53	TIDAK LAYAK	123	10.88
-17.58	TURUN	2.83	1.81	LAYAK	123	11.3
-14.57	TURUN	0.57	1.47	TIDAK LAYAK	123	11.72
-15.72	TURUN	2.22	0.19	LAYAK	123	12.13
-15.31	TURUN	5.41	0.85	LAYAK	126	12.56
-14.04	TURUN	4.57	2.22	LAYAK	126	12.99
-15	TURUN	5.3	2.03	LAYAK	126	13.42
-16.86	TURUN	3.46	2.06	LAYAK	126	13.85
-11.98	TURUN	5.77	1.78	LAYAK	126	14.28
-12.53	TURUN	3.46	2.43	LAYAK	126	14.71
-17.19	TURUN	5.3	1.73	LAYAK	126	15.13
-11.65	TURUN	5.89	1.43	LAYAK	126	15.56
-12.29	TURUN	3.94	0.07	LAYAK	126	15.99
-14.44	TURUN	3.66	1.7	LAYAK	126	16.42
-13.52	TURUN	5.49	0.01	LAYAK	129	16.86
-13.5	TURUN	3.42	0.61	LAYAK	126	17.29

-24.6	TURUN	3.85	1.57	LAYAK	126	17.72
-22.41	TURUN	5.14	2.17	LAYAK	126	18.14
-24.04	TURUN	3.71	1.05	LAYAK	126	18.57
-21.26	TURUN	4.76	0.13	LAYAK	126	19.00
-23.04	TURUN	5.41	0.89	LAYAK	129	19.44
-20	TURUN	5.3	0.79	LAYAK	129	19.88
-20.05	TURUN	3.68	1.84	LAYAK	129	20.32
-21.17	TURUN	3.43	0.58	LAYAK	129	20.76
-21.81	TURUN	5.95	0.93	LAYAK	129	21.20
-20.28	TURUN	3.73	2.72	LAYAK	129	21.63
-22.53	TURUN	1.21	3.16	TIDAK LAYAK	129	22.07
-22.35	TURUN	4.76	0.32	LAYAK	129	22.51
-21.65	TURUN	5.3	1.21	LAYAK	129	22.95
-24.45	TURUN	2.95	7.1	TIDAK LAYAK	129	23.39
-24.17	TURUN	3.74	0.11	LAYAK	132	23.84
-21.65	TURUN	5.3	0.76	LAYAK	129	24.28
-24.45	TURUN	3.54	8.21	TIDAK LAYAK	129	24.72
-24.6	TURUN	3.56	7.99	LAYAK	129	25.16
-21.42	TURUN	4.81	2.46	LAYAK	129	25.59
-24.18	TURUN	5.41	2.28	LAYAK	129	26.03
-24.74	TURUN	3.01	1.42	LAYAK	129	26.47
-20.31	TURUN	3.01	1.84	LAYAK	129	26.91
-24.6	TURUN	3.58	1.1	LAYAK	129	27.35
-24.04	TURUN	5.95	0.78	LAYAK	129	27.79
-21.98	TURUN	3.01	0.68	LAYAK	129	28.23
-20.15	TURUN	3.58	6.89	TIDAK LAYAK	129	28.67
-20	TURUN	5.3	1.54	LAYAK	129	29.10
-20.64	TURUN	3.42	2.84	LAYAK	129	29.54
-23.64	TURUN	4.99	0.04	LAYAK	129	29.98
-24.04	TURUN	3.43	3.81	LAYAK	129	30.42
-23.79	TURUN	1.18	2.98	TIDAK LAYAK	129	30.86
-23.62	TURUN	2.41	1.62	LAYAK	129	31.30
-22.88	TURUN	3.07	1.51	LAYAK	129	31.74
-24.16	TURUN	5.41	1.43	LAYAK	129	32.18
-22.32	TURUN	3.68	1.55	LAYAK	129	32.62
-20.15	TURUN	5.95	0.1	LAYAK	129	33.05
-21.98	TURUN	3.01	0.88	LAYAK	129	33.49
-24.18	TURUN	5.41	1.31	LAYAK	129	33.93
-21.1	TURUN	4.71	1.07	LAYAK	129	34.37
-23.99	TURUN	5.53	0.5	LAYAK	129	34.81
-24.72	TURUN	3.47	2.48	LAYAK	129	35.25
-22.35	TURUN	3.56	1.9	LAYAK	129	35.69

-24.16	TURUN	3.01	2.32	LAYAK	129	36.13
-24.54	TURUN	3.69	3.34	LAYAK	129	36.56
-21.8	TURUN	2.54	7.02	TIDAK LAYAK	129	37.00
-23.96	TURUN	3.81	1.61	LAYAK	129	37.44
-22.35	TURUN	2.54	0.93	LAYAK	129	37.88
-22.66	TURUN	3.77	7.1	TIDAK LAYAK	129	38.32
-24.93	TURUN	3.13	1.28	LAYAK	129	38.76
-21.37	TURUN	3.1	0.76	LAYAK	129	39.20
-21.08	TURUN	3.58	1.28	LAYAK	129	39.64
-24.69	TURUN	5.41	0.65	LAYAK	129	40.08
-23.79	TURUN	5.3	1.88	LAYAK	132	40.52
-23.99	TURUN	5.53	2.3	LAYAK	132	40.97
-24.16	TURUN	5.41	0.26	LAYAK	132	41.42
-21.26	TURUN	1.19	1.28	TIDAK LAYAK	132	41.87
-24.6	TURUN	4.76	3.44	LAYAK	129	42.31
-21.75	TURUN	3.39	1.64	LAYAK	129	42.75
-22.65	TURUN	5.14	1.82	LAYAK	129	43.19
-20.76	TURUN	5.71	3.07	LAYAK	129	43.63
-22.06	TURUN	3.32	0.71	LAYAK	129	44.07
-21.62	TURUN	5.77	3.28	LAYAK	129	44.50
-20.86	TURUN	4.03	1.49	LAYAK	132	44.95
-22.78	TURUN	3.53	1.25	LAYAK	132	45.40
-22.94	TURUN	3.82	1.39	LAYAK	117	45.80
-21.75	TURUN	3.66	1.9	LAYAK	120	46.21
-23.5	TURUN	5.14	0.64	LAYAK	117	46.61
-23.37	TURUN	3.94	1.68	LAYAK	117	47.00
-21.65	TURUN	5.89	2.27	LAYAK	117	47.40
-24.74	TURUN	3.90	1.95	LAYAK	120	47.81
-22.29	TURUN	3.39	0.71	LAYAK	117	48.21
-24.17	TURUN	4.69	0.75	LAYAK	117	48.61
-22.53	TURUN	5.77	3.87	LAYAK	117	49.00
-24.45	TURUN	3.82	1.39	LAYAK	117	49.40
-21.89	TURUN	5.41	2.64	LAYAK	117	49.80
-20.15	TURUN	3.56	2.71	LAYAK	117	50.20
-22.53	TURUN	4.62	2.12	LAYAK	132	50.65
-24.17	TURUN	5.19	2.65	LAYAK	129	51.09
-22.29	TURUN	5.65	4.17	LAYAK	129	51.53
-21.31	TURUN	4.57	2.7	LAYAK	129	51.96
-24.17	TURUN	4.62	3.41	LAYAK	129	52.40
-21.26	TURUN	2.98	3.8	LAYAK	126	52.83
-20.79	TURUN	0.58	1.83	TIDAK LAYAK	123	53.25
-24.04	TURUN	4.57	0.34	LAYAK	123	53.67

## 6. Data pengukuran jalan tanah

X	Kondisi	Y	Getaran (MMI)	Kelayakan	RPM	Jarak (m)
12.46	NAIK	10.73	1.5	TIDAK LAYAK	87	0.35
34.74	NAIK	7.35	0.68	LAYAK	84	0.63
0.57	NAIK	-5.09	4.5	TIDAK LAYAK	93	0.95
-37.65	TURUN	4.9	0.51	LAYAK	99	1.29
-4.03	TURUN	14.23	8.07	TIDAK LAYAK	102	1.63
0.62	NAIK	20.62	3.48	TIDAK LAYAK	96	1.96
8.8	NAIK	-2.05	0.14	TIDAK LAYAK	99	2.3
-7.33	TURUN	9.55	3.16	LAYAK	102	2.64
15.72	NAIK	-17.76	6.57	TIDAK LAYAK	93	2.96
27.03	NAIK	20.17	3.38	TIDAK LAYAK	102	3.31
-7.55	TURUN	36.76	6.45	TIDAK LAYAK	111	3.68
-15.17	TURUN	0.97	0.84	TIDAK LAYAK	111	4.06
-2.77	TURUN	-14.47	3.21	TIDAK LAYAK	108	4.43
-40.33	TURUN	-16.8	3.56	TIDAK LAYAK	108	4.8
43.6	NAIK	3.63	2.68	LAYAK	117	5.19
18.02	NAIK	-14.25	3	TIDAK LAYAK	111	5.57
16.03	NAIK	-10.42	3.33	TIDAK LAYAK	111	5.95
-10.92	TURUN	-5.51	1.2	TIDAK LAYAK	108	6.32
0	DATAR	-17.98	2.03	TIDAK LAYAK	108	6.68
9.67	NAIK	-3.39	5.17	TIDAK LAYAK	111	7.06
25.89	NAIK	-1.67	5.86	TIDAK LAYAK	117	7.46
13.52	NAIK	-10.35	5.93	TIDAK LAYAK	120	7.87
15.66	NAIK	-5.87	5.63	TIDAK LAYAK	120	8.28
-19.77	TURUN	-1.79	3.88	TIDAK LAYAK	120	8.68
6.48	NAIK	0.65	0.94	TIDAK LAYAK	123	9.1
-7.33	TURUN	-22.09	4.29	TIDAK LAYAK	123	9.52
11.71	NAIK	-7.7	3.01	TIDAK LAYAK	123	9.94
-29.28	TURUN	39.81	6	TIDAK LAYAK	123	10.36
-3.74	TURUN	4.28	4.88	LAYAK	123	10.78
11.84	NAIK	4.61	4.3	LAYAK	123	11.19
6.82	NAIK	1.96	5.16	LAYAK	123	11.61
-7.83	TURUN	7.12	2.8	LAYAK	123	12.03
5.09	NAIK	-1.7	5.04	TIDAK LAYAK	123	12.45
-0.42	TURUN	-1.25	2.88	TIDAK LAYAK	123	12.87
-16.7	TURUN	23.75	6.14	TIDAK LAYAK	111	13.25
-2.42	TURUN	30	0.4	TIDAK LAYAK	111	13.62
-2.98	TURUN	-12.91	5.23	TIDAK LAYAK	111	14
7.53	NAIK	-13.03	1.83	TIDAK LAYAK	111	14.38
-4.09	TURUN	-22.77	2.84	TIDAK LAYAK	111	14.76
-22.45	TURUN	9.39	7.21	TIDAK LAYAK	111	15.13

26.41	NAIK	-7.47	7.57	TIDAK LAYAK	108	15.50
17.39	NAIK	-13.63	3.54	TIDAK LAYAK	123	15.92
-14.04	TURUN	-17.1	0.32	TIDAK LAYAK	117	16.32
-6.34	TURUN	-12.53	2.2	TIDAK LAYAK	114	16.71
54.22	NAIK	-4	1.65	TIDAK LAYAK	111	17.08
1.53	NAIK	0.76	9.65	TIDAK LAYAK	108	17.45
-1.77	TURUN	18.79	2.28	TIDAK LAYAK	111	17.83
-9.03	TURUN	28.46	4.86	TIDAK LAYAK	114	18.22
-4.81	TURUN	-6.6	5.71	TIDAK LAYAK	114	18.60
7.92	NAIK	-20.68	5.24	TIDAK LAYAK	114	18.99
-20.99	TURUN	21.16	0.77	TIDAK LAYAK	114	19.38
-22.14	TURUN	20.68	2.67	TIDAK LAYAK	117	19.78
21.07	NAIK	7.32	7.23	TIDAK LAYAK	114	20.17
-0.56	TURUN	4.44	4.68	LAYAK	117	20.56
-11.8	TURUN	-5.54	2.9	TIDAK LAYAK	111	20.94
-0.55	TURUN	-8.21	9.39	TIDAK LAYAK	108	21.31
-86.88	TURUN	17.91	2.7	TIDAK LAYAK	102	21.66
4.44	NAIK	-9.78	7.1	TIDAK LAYAK	117	22.05
-4.13	TURUN	14.45	5.42	TIDAK LAYAK	114	22.44
14.23	NAIK	-6.43	4.16	TIDAK LAYAK	141	22.92
5.53	NAIK	10.36	3.35	TIDAK LAYAK	99	23.26
32.91	NAIK	-14.3	4.44	TIDAK LAYAK	102	23.60
9.09	NAIK	7.74	2.38	LAYAK	102	23.95
12.38	NAIK	-23.7	0.55	TIDAK LAYAK	99	24.29
13.5	NAIK	3.05	4.12	LAYAK	117	24.69
24.13	NAIK	0.37	1.96	TIDAK LAYAK	114	25.07
-21.07	TURUN	20.61	1.81	TIDAK LAYAK	111	25.45
14.93	NAIK	3.81	6.17	LAYAK	111	25.83
4.13	NAIK	-16.13	3.01	TIDAK LAYAK	114	26.22
-38.44	TURUN	11.66	3.93	TIDAK LAYAK	114	26.60
-12.41	TURUN	-2.29	5.47	TIDAK LAYAK	114	26.99
4.29	NAIK	-0.48	1.13	TIDAK LAYAK	117	27.39
23.14	NAIK	-7.31	4.41	TIDAK LAYAK	117	27.79
-17.59	TURUN	19.48	2.99	TIDAK LAYAK	102	28.14
11.41	NAIK	13.42	5.58	TIDAK LAYAK	102	28.48
33.42	NAIK	-8.79	2.84	TIDAK LAYAK	102	28.83
-1.73	TURUN	-10.91	8.53	TIDAK LAYAK	105	29.19
6.58	NAIK	27.87	2.8	TIDAK LAYAK	105	29.54
7.59	NAIK	-11.83	1.64	TIDAK LAYAK	105	29.90
-32.74	TURUN	27.86	4.64	TIDAK LAYAK	105	30.26
-5.62	TURUN	-9.31	6.21	TIDAK LAYAK	99	30.59
29.28	NAIK	17.09	3.23	TIDAK LAYAK	111	30.97

-25.53	TURUN	14.85	3.9	TIDAK LAYAK	111	31.35
-21.54	TURUN	-2.01	3.62	TIDAK LAYAK	108	31.72
-1.15	TURUN	-3.05	3.42	TIDAK LAYAK	111	32.09
30.09	NAIK	-8.5	3.25	TIDAK LAYAK	114	32.48
28.35	NAIK	-3.76	1.84	TIDAK LAYAK	114	32.87
-6.91	TURUN	1.74	3.85	TIDAK LAYAK	114	33.26
24.44	NAIK	-23.72	3.05	TIDAK LAYAK	99	33.59
-12.06	TURUN	-4.44	5.89	TIDAK LAYAK	117	33.99
-19.18	TURUN	12.4	0.15	TIDAK LAYAK	114	34.38
17.8	NAIK	7.32	0.07	LAYAK	111	34.76
19.09	NAIK	4.4	2.59	LAYAK	114	35.15
-7.37	TURUN	8.82	5.5	TIDAK LAYAK	114	35.53
-10.3	TURUN	-23.36	8.62	TIDAK LAYAK	117	35.93
-54.36	TURUN	8.97	3.4	LAYAK	105	36.29
6.13	NAIK	10.76	3.4	TIDAK LAYAK	105	36.65
21.8	NAIK	-9.54	7.12	TIDAK LAYAK	108	37.01
2.82	NAIK	-21.07	7.42	TIDAK LAYAK	108	37.38
0.78	NAIK	8.57	6.23	TIDAK LAYAK	108	37.75
-30.96	TURUN	24.39	2.53	TIDAK LAYAK	111	38.13
21.57	NAIK	18.03	3.97	TIDAK LAYAK	114	38.51
7.12	NAIK	22.57	3.03	TIDAK LAYAK	111	38.89
0.48	NAIK	-7.13	6.44	TIDAK LAYAK	114	39.28
2.84	NAIK	16.13	4.78	TIDAK LAYAK	114	39.67
10.3	NAIK	-6.91	6.87	TIDAK LAYAK	117	40.06
-15.78	TURUN	-4.97	0.15	TIDAK LAYAK	117	40.46
-18.24	TURUN	-16.46	2.72	TIDAK LAYAK	114	40.85
28.71	NAIK	2.44	0.41	LAYAK	117	41.25
3.4	NAIK	-19.62	4.13	TIDAK LAYAK	120	41.66
-34.61	TURUN	3.38	4.28	LAYAK	117	42.05
-11.31	TURUN	-3.52	8.9	TIDAK LAYAK	117	42.45
-5.66	TURUN	5.15	1.28	LAYAK	111	42.83
18.6	NAIK	-27.69	6.73	TIDAK LAYAK	114	43.22
13.15	NAIK	-10.59	11.81	TIDAK LAYAK	111	43.60
10.97	NAIK	1.78	7.7	TIDAK LAYAK	111	43.97
-20.79	TURUN	19.38	2.3	TIDAK LAYAK	111	44.35
-17.86	TURUN	0.64	5.67	TIDAK LAYAK	111	44.73
-15.21	TURUN	14.69	3.41	TIDAK LAYAK	111	45.11
25.09	NAIK	2.73	8.17	TIDAK LAYAK	111	45.48
-4.09	TURUN	4.09	9.83	TIDAK LAYAK	105	45.84
28.89	NAIK	16.03	6.64	TIDAK LAYAK	99	46.18
-43.67	TURUN	24.44	8.07	TIDAK LAYAK	108	46.55
-38.57	TURUN	11.45	5.33	TIDAK LAYAK	105	46.90

15.07	NAIK	-6.58	5.18	TIDAK LAYAK	108	47.27
-1.33	TURUN	3.78	3.88	LAYAK	108	47.64
23.09	NAIK	-6.55	4.58	TIDAK LAYAK	105	47.99
11.06	NAIK	5.25	3.08	LAYAK	99	48.33
14.04	NAIK	-7.13	2.77	TIDAK LAYAK	108	48.70
-25.37	TURUN	-9.94	6.88	TIDAK LAYAK	114	49.09
3.69	NAIK	-2.77	1.44	TIDAK LAYAK	114	49.47
9.06	NAIK	-5.38	2.44	TIDAK LAYAK	114	49.86
-30.43	TURUN	13.06	2.57	TIDAK LAYAK	117	50.26
-3.65	TURUN	3.65	2.47	LAYAK	99	50.60
2.12	NAIK	7.39	4.9	LAYAK	117	50.99
41.91	NAIK	-23.14	7.09	TIDAK LAYAK	114	51.38
0.65	NAIK	-23.36	4.89	TIDAK LAYAK	102	51.73
5.27	NAIK	-11.23	2.14	TIDAK LAYAK	105	52.09
-29.16	TURUN	-8.97	3.33	TIDAK LAYAK	108	52.45
-20.6	TURUN	5.82	3.29	LAYAK	108	52.82
-18.43	TURUN	17.65	6.24	TIDAK LAYAK	111	53.20
8.63	NAIK	2.56	4.85	LAYAK	111	53.58
-6.56	TURUN	2.53	4.43	LAYAK	111	53.95
-1.48	TURUN	-8.34	2.56	TIDAK LAYAK	114	54.34
6.63	NAIK	6.63	4.54	LAYAK	117	54.74
-7.43	TURUN	8.04	5.63	TIDAK LAYAK	120	55.15
16.99	NAIK	-5.82	0.22	TIDAK LAYAK	120	55.56
13.16	NAIK	8.26	5.79	LAYAK	120	55.96
-31.06	TURUN	0.65	5.12	TIDAK LAYAK	117	56.36
22.35	NAIK	21.25	3.06	TIDAK LAYAK	117	56.76
29.25	NAIK	3.81	6.96	TIDAK LAYAK	114	57.15
23.63	NAIK	5.95	3.75	LAYAK	114	57.54
31.14	NAIK	23.13	7.64	TIDAK LAYAK	114	57.92
8.26	NAIK	20.35	0.73	TIDAK LAYAK	114	58.31
30.61	NAIK	-10.39	5.64	TIDAK LAYAK	114	58.70
-25.54	TURUN	13.44	4.49	TIDAK LAYAK	114	59.09
22.29	NAIK	-5.14	2.81	TIDAK LAYAK	120	59.50
0.6	NAIK	-12.34	6.15	TIDAK LAYAK	123	59.91
-3.76	TURUN	18.89	3.17	TIDAK LAYAK	108	60.28
12.53	NAIK	27.57	1.28	TIDAK LAYAK	111	60.66
-5.15	TURUN	-12.03	2.81	TIDAK LAYAK	111	61.04
20.77	NAIK	9.14	2.63	LAYAK	111	61.41
18.69	NAIK	-23.81	4.51	TIDAK LAYAK	126	61.84
-12.01	TURUN	6.87	4.92	LAYAK	120	62.25
6.01	NAIK	15.45	5.12	TIDAK LAYAK	123	62.67
-11.86	TURUN	22.78	6.61	TIDAK LAYAK	120	63.08



## 7. Pengambilan Data

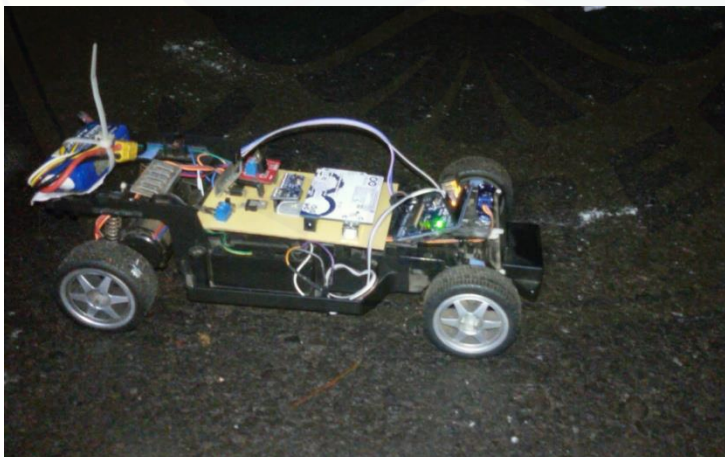
### a. Jalan aspal halus

Pengujian pada jalan aspal halus dilakukan di jalan Slamet Riyadi dan di kampus UNEJ. Pada pengujian di jalan Slamet Riyadi, dilakukan pengujian dari kampus teknik sepanjang 800 m ke arah selatan. Sedangkan di kampus UNEJ dilakukan pengujian sepanjang 65 meter yaitu di depan gedung Fakultas Teknologi Pertanian.



### b. Jalan turunan

Pengujian pada jalan aspal halus dilakukan di Semeru dan Brantas. Pada pengujian di jalan Semeru dilakukan pengujian sepanjang 50 m. Sedangkan di jalan Brantas dilakukan pengujian sepanjang 100 meter.



c. Jalan rusak

Pengujian pada jalan aspal rusak dilakukan di jalan Semeru dan di jalan Jawa 7. Di jalan Semeru dilakukan pengujian sepanjang 300 m. Sedangkan di jalan Jawa 7 dilakukan pengujian sepanjang 250 meter.



d. Jalan tanjakan

Pengujian pada jalan aspal halus tanjakan dilakukan di jalan Brantas. Pada pengujian di jalan Brantas dilakukan sepanjang 300 m.



e. Jalan tanah

Pengujian pada jalan aspal halus dilakukan di jalan Kalimantan 10 dan dilakukan pengujian sepanjang 100 m.

