

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGKONDISI SINYAL
DAN KOMPARATOR 3 LEVEL UNTUK SENSOR LALU
LINTAS BERBASIS BAHAN PIEZOELEKTRIK**

SKRIPSI

Oleh :
Ali Muchson
0710930038-93



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2011**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGKONDISI SINYAL
DAN KOMPARATOR 3 LEVEL UNTUK SENSOR LALU LINTAS
BERBASIS BAHAN PIEZOELEKTRIK**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Oleh :

Ali Muchson
0710930038-93



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2011

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGKONDISI SINYAL
DAN KOMPARATOR 3 LEVEL UNTUK SENSOR LALU
LINTAS BERBASIS BAHAN PIEZOELEKTRIK**

Oleh :

**Ali Muchson
0710930038**

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Eng. Didik R. Santoso, M.Si.
NIP. 19690610 1994 02 1 001

Dr. rer. nat. Abdurrouf, M.Si
NIP. 19720903 1994 12 1 001

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

Adi Susilo, PhD
NIP. 19631227 1991 03 1 002

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ali Muchson
NIM : 0710930038
Jurusan : Fisika
Penulis Skripsi berjudul :

RANCANG BANGUN SISTEM PENGKONDISI SINYAL DAN KOMPARATOR 3 LEVEL UNTUK SENSOR LALU LINTAS BERBASIS BAHAN PIEZOELEKTRIK

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang,

Yang menyatakan,

Ali Muchson
NIM. 0710930038

RANCANG BANGUN SISTEM PENGKONDISI SINYAL DAN KOMPARATOR 3 LEVEL UNTUK SENSOR LALU LINTAS BERBASIS BAHAN PIEZOELEKTRIK

ABSTRAK

Material piezoelektrik adalah material yang dapat merubah energi mekanik menjadi energi listrik atau sebaliknya. Sensor piezoelektrik merupakan sensor yang berupa material tipis bening seperti plastik yang didesain sedemikian rupa sehingga peka terhadap getaran yang terjadi. Material tersebut tersusun oleh elektrode-elektrode, sehingga sensor piezoelektrik memiliki kutub, yaitu kutub positif dan kutub negatif. Dalam aplikasinya sensor piezoelektrik dapat digunakan untuk mengukur berat kendaraan berdasarkan getaran yang dihasilkan kendaraan saat melewati sensor. Agar diperoleh data pengukuran sensor piezoelektrik yang baik maka dibutuhkan pengkondisi sinyal, yang terdiri dari *charge amplifier*, penguat *inverting*, *low pass filter*, dan *half wave rectifier*. Berdasarkan berat kendaraan yang melintas maka sensor ini dapat digunakan untuk mendeteksi jenis kendaraan yang melintas. Untuk itu digunakan rangkaian komparator tiga level dengan tegangan referensi tiap komparator merupakan berat dari standart jenis kendaraan yang akan di deteksi. Tegangan referensi untuk komparator level 1, level 2 dan level 3 masing-masing besarnya adalah 1,23 volt, 2,25 volt, dan 3,25 volt. Dari hasil pengukuran diperoleh besarnya tegangan untuk sepeda mencapai 2 volt, untuk motor mencapai 3 volt, dan untuk mobil mencapai 4 volt.

Kata kunci : material piezoelektrik, sensor piezoelektrik, pengkondisi sinyal, rangkaian komparator

SYSTEM DESIGN SIGNAL CONDITIONING AND COMPARATOR 3 LEVEL FOR TRAFFIC SENSOR BASED MATERIAL PIEZOELECTRIC

ABSTRACT

Piezoelectric material converts mechanical energy into electrical energy or electrical energy into mechanical energy. Piezoelectric sensor is a sensor in the form of thin transparent material such as plastic that is designed in such a way that is sensitive to vibrations that occur. The material arranged by the electrodes, so that the piezoelectric sensor has the poles, the poles of positive and negative poles. In the application piezoelectric sensors can be used to measure the weight of the vehicle based on vehicle vibration generated when passing through the sensor. To obtain a good piezoelectric sensor measurement, it is required signal conditioning, which consists of charge amplifier, inverting amplifier, low pass filters, and half wave rectifier. Based on the weight of vehicles passing the sensor can be used to detect the type of vehicles that passed. So, it is used three-level comparator with a reference voltage of each weight of the standard type of vehicle comparator that will be detected. Voltage reference for the comparator level 1, level 2 and level 3 of each size is 1.23 Volts, 2.25 Volts and 3.25 Volts. The result of measurement voltage was 2 Volt for bike, 3 Volt for motorcycle, and 4 Volt for car.

Key words: piezoelectric material, piezoelectric sensors, signal conditioning, the comparator circuit

KATA PENGANTAR

Berkat rahmat Allah Yang Maha Kuasa, puji dan syukur penulis ucapkan kepada-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“RANCANG BANGUN SISTEM PENGKONDISI SINYAL DAN KOMPARATOR 3 LEVEL UNTUK SENSOR LALU LINTAS BERBASIS BAHAN PIEZOELEKTRIK ”**. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Fisika di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.

Dalam penulisan skripsi ini penulis banyak mendapatkan kritik dan saran. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan semangat dan doa untuk keberhasilan penulis
2. Dr. Eng Didik R Santoso, M.Si sebagai pembimbing I atas segala bentuk bimbingan yang beliau berikan selama penyusunan skripsi
3. Dr. rer. nat. Abdurrouf, M.Si sebagai pembimbing II atas segala bentuk bimbingan yang beliau berikan selama penyusunan skripsi
4. Adi Susilo, PhD selaku Ketua Jurusan Fisika
5. Bapak dan ibu dosen, staf pengajar, laboran, dan karyawan jurusan fisika
6. Adik-adikku yang selalu mendukung dan mendoakan
7. Teman-teman jurusan FISIKA 2007 yang penulis banggakan
8. Dany, vani, risa, winarto, doni, rona, hafiz, mbak nike, ali masduki, yeni, dan teman-teman seperjuangan di Laboratorium Instrumentasi.
9. Silviana Anggun Puspita Rani yang selalu memberikan semangat dan doa.

Akhir kata penulis memohon maaf sebesar-besarnya atas segala bentuk kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Semoga dapat bermanfaat bagi kita semua.

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

Lembar Pengesahan Skripsi	ii
Lembar Pernyataan	iii
Abstrak	iv
Abstract	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	xi
Daftar Lampiran	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan penelitian.....	2
1.5 Manfaat penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Piezoelektrik.....	5
2.2 Sensor Piezoelektrik.....	6
2.3 Catu Daya.....	6
2.4 <i>Charge Amplifier</i>	8
2.5 Penguat <i>Inverting</i>	9
2.6 <i>Low Pass Filter</i>	10
2.7 <i>Half Wave Rectifier</i>	12
2.8 LM317.....	14
2.9 LM324.....	14
2.10 Rangkaian Komparator LM311.....	15
2.11 Sistem Minimum <i>DT-AVR Micro Low Cost System</i>	16
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2 Tahapan Pengerjaan.....	19
3.3 Rancangan Penelitian.....	20
3.3.1 Sensor piezoelektrik.....	21
3.3.2 Catu daya.....	22

3.3.3	<i>Charge amplifier</i>	22
3.3.4	Penguat <i>inverting</i>	23
3.3.5	<i>Low pass filter</i>	24
3.3.6	<i>Half wave rectifier</i>	24
3.3.7	LM317	25
3.3.8	Rangkaian komparator LM311.....	26
3.3.9	<i>DT-AVR low cost micro system</i>	26
3.3.10	Perancangan <i>source code</i> program mikrokontroler.....	28
3.3.11	Simulasi alat yang dirancang menggunakan <i>software circuit maker</i>	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1	Pengujian alat.....	33
4.1.1	Pengujian catu daya.....	33
4.1.2	Pengujian sensor piezoelektrik dan pengkondisi sinyal	34
4.1.3	Pengujian komparator.....	35
4.1.4	Pengujian program pencacah sinyal.....	36
4.1.5	Pengujian secara keseluruhan.....	39
4.2	Pengambilan Data	43
4.2.1	Pengukuran berat pada sepeda.....	43
4.2.2	Pengukuran berat pada motor.....	44
4.2.3	Pengukuran berat pada mobil.....	45
BAB V PENUTUP.....		49
5.1	Kesimpulan	49
5.1	Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....		51
Lampiran.....		53

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1	Sensor piezoelektrik.....	6
Gambar 2.2	Konfigurasi pin 78XX dan 79XX.....	8
Gambar 2.3	Rangkaian <i>charge amplifier</i>	9
Gambar 2.4	Rangkaian penguat <i>inverting</i>	9
Gambar 2.5	Rangkaian <i>low pass filter</i> orde satu	10
Gambar 2.6	Rangkaian <i>low pass filter</i> orde dua.....	11
Gambar 2.7	Grafik kerja <i>low pass filter</i> orde satu.....	11
Gambar 2.8	Grafik kerja <i>low pass filter</i> orde dua.....	12
Gambar 2.9	Dioda.....	12
Gambar 2.10	Dioda sebagai penyearah gelombang setengah penuh	13
Gambar 2.11	Dioda sebagai penyearah gelombang penuh.....	13
Gambar 2.12	Pin LM317	14
Gambar 2.13	Pin LM324	15
Gambar 2.14	Pin LM311	16
Gambar 2.15	<i>DT-AVR low cost micro system</i>	17
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	19
Gambar 3.2	Blok diagram alat.....	20
Gambar 3.3	Sensor piezoelektrik.....	20
Gambar 3.4	Rangkaian catu daya	21
Gambar 3.5	Rangkaian <i>charge amplifier</i>	22
Gambar 3.6	Rangkaian penguat <i>inverting</i>	22
Gambar 3.7	Rangkaian <i>low pass filter</i>	23
Gambar 3.8	Rangkaian <i>half wave rectifier</i>	24
Gambar 3.9	Rangkaian LM317	24
Gambar 3.10	Rangkaian komparator 3 level	25
Gambar 3.11	Rangkaian <i>AVR programmer</i>	26
Gambar 3.12	Skematik <i>DT-AVR low cost micro system</i>	27
Gambar 3.13	Diagram alir program mikrokontroler	28
Gambar 3.14	Rancangan alat pada <i>software circuit maker</i>	29
Gambar 3.15	Hasil simulasi rancangan <i>alat pada</i> <i>software circuit maker</i>	30
Gambar 4.1	Sinyal <i>output</i> sensor piezoelektrik.....	34
Gambar 4.2	Sinyal <i>output</i> pengondisi sinyal.....	35

Gambar 4.3	Sinyal <i>input</i> dari sinyal generator.....	37
Gambar 4.4	Hasil pencacahan program.....	38
Gambar 4.5	Sinyal input dari sinyal generator.....	38
Gambar 4.6	Hasil pencacahan program.....	39
Gambar 4.7	Set alat penelitian	40
Gambar 4.8	Set alat pengambilan data.....	41
Gambar 4.9	Amplitudo untuk motor pada kecepatan rendah.....	41
Gambar 4.10	Amplitudo untuk motor	42
	pada kecepatan tinggi	43
Gambar 4.11	Hasil pencacahan sinyal.....	43
Gambar 4.12	Data hasil pengukuran untuk sepeda	44
Gambar 4.13	Data hasil pengukuran untuk motor.....	45
Gambar 4.14	Data hasil pengukuran untuk mobil.....	46
Gambar 4.15	Data hasil pengukuran untuk mobil.....	47
Gambar 4.16	Data hasil pengukuran untuk mobil.....	48



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1 Nilai uji tegangan keluaran catu daya.....	33
Tabel 4.2 Hasil pengujian komparator.....	36

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Desain sensor piezoelektrik	53
Lampiran 2. Gambar alat dan pengujian alat.....	55
Lampiran 3. Data hasil pengujian.....	58
Lampiran 4. Gambar penerimaan data pada computer.....	68
Lampiran 5. <i>Source code</i> program mikrokontroler	69



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Material piezoelektrik adalah material yang dapat merubah energi mekanik menjadi energi listrik atau sebaliknya. Material ini berkembang sangat luas terutama dalam bidang teknologi sensor. Beberapa aplikasinya adalah penggunaan material piezoelektrik dalam pengukuran beban dinamik, seperti pengukuran beban yang berfluktuasi, getaran, dan tumbukan. Material sensor piezoelektrik yang sering digunakan bersifat ringan, fleksibel, kuat menahan tumbukan yang keras, nilai regangan (*yields strain*) yang cukup tinggi, dan mudah dalam pengoperasiannya (Prananto, 2010).

Sensor piezoelektrik merupakan sensor yang berupa material tipis bening seperti plastik yang didesain sedemikian rupa sehingga peka terhadap getaran yang terjadi. Material tersebut tersusun oleh elektrode-elektrode, sehingga sensor piezoelektrik memiliki kutub, yaitu kutub positif dan kutub negatif. Prinsip kerjanya adalah ketika terdapat getaran dari luar maka elektrode-elektrode tersebut akan mengalami *deformasi*, sehingga akan terjadi pengelompokan kutub positif dan kutub negatif pada sensor. Hal ini menyebabkan adanya beda potensial di antara kedua kutub. Beda potensial yang dihasilkan ini sebanding dengan besarnya getaran yang diberikan pada sensor. Untuk mengetahui beda potensial yang dihasilkan, harus diberikan kabel penghubung pada sensor piezoelektrik untuk dapat diukur dengan *osiloskop* atau *multimeter*.

Salah satu penelitian tentang sensor piezoelektrik adalah penelitian yang berjudul “Implementasi Piezoelektrik Sebagai Sensor Identifikasi Kendaraan yang Melintasi Jembatan” oleh Sunarno, dosen Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik UGM. Penelitian tersebut bertujuan untuk mendeteksi adanya kendaraan yang melewati suatu jembatan dengan mengamati getaran yang terjadi pada sensor. Jenis kendaraan yang di deteksi adalah motor, mobil, bus, dan truk. Dari penelitian yang dilakukan dapat ditentukan jumlah kendaraan yang terdeteksi dalam kurun waktu tertentu dengan melihat hasil monitoring pada *display* yang telah dibuat. Sehingga dapat diamati kepadatan lalu lintas yang melewati jembatan tersebut. Tetapi sistem yang dibuat tidak dapat menentukan jenis kendaraan yang melintas. Ini dikarenakan sistem hanya

mengukur besarnya tegangan untuk masing-masing jenis kendaraan yang dipilih. Kemudian dari hasil pengukuran tersebut baru diidentifikasi jenis kendaraan yang melintas (Sunarno, 2005).

Pada penelitian ini akan dikembangkan penentuan jenis kendaraan yang terdeteksi berdasarkan level berat yang dimiliki setiap jenis kendaraan. Level berat kendaraan dibagi menjadi tiga, yaitu motor, mobil sedang, dan mobil berat. Untuk membedakan level berat jenis kendaraan diperlukan sebuah alat khusus. Untuk itu, pada penelitian ini akan dibuat rangkaian pengkondisi sinyal piezoelektrik dan rangkaian komparator untuk menentukan jenis kendaraan yang terdeteksi. Selain itu, desain sensor piezoelektrik yang dirancang dapat diletakkan di sembarang jalan. Artinya sensor piezoelektrik tidak harus diletakkan di jembatan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan membuat pengkondisi sinyal untuk sinyal keluaran sensor piezoelektrik ?
2. Bagaimana merancang dan membuat rangkaian komparator untuk membedakan level tegangan dari tiap jenis kendaraan yang terdeteksi ?
3. Bagaimana merancang dan membuat program di dalam mikrokontroler untuk dapat menganalisis jenis kendaraan yang terdeteksi ?

1.3 Batasan Masalah

1. Perancangan sensor piezoelektrik yang digunakan tidak dibahas.
2. Rangkaian komparator yang digunakan hanya memiliki 3 keadaan, yaitu sepeda, motor, dan mobil.
3. IC pengkondisi sinyal yang digunakan adalah LM324.
4. IC komparator yang digunakan adalah LM311.
5. Mikrokontroler yang digunakan jenis AVR ATmega8535 yang sudah dikemas dalam *DT-AVR low cost micro system*.

1.4 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat sistem pengkondisi sinyal dan komparator 3 level untuk sensor lalu lintas berbasis bahan piezoelektrik.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dihasilkannya alat pengkondisi sinyal dan komparator 3 level untuk sensor lalu lintas berbasis bahan piezoelektrik.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Piezoelektrik

Material piezoelektrik adalah material yang dapat merubah energi mekanik menjadi energi listrik atau sebaliknya. Material ini berkembang sangat luas terutama dalam bidang teknologi sensor. Beberapa aplikasinya adalah penggunaan material piezoelektrik dalam pengukuran beban dinamik, seperti pengukuran beban yang berfluktuasi, getaran, dan tumbukan. Material sensor piezoelektrik yang sering digunakan bersifat ringan, fleksibel, kuat menahan tumbukan yang keras, nilai regangan (*yields strain*) yang cukup tinggi, dan mudah dalam pengoperasiannya (Prananto, 2010).

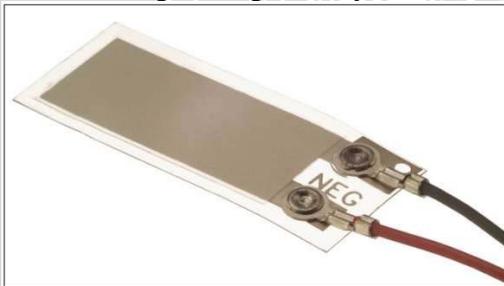
Saat ini, material piezoelektrik yang banyak digunakan adalah material berbasis keramik, seperti *lead zirconium titanate* (PbZrTiO_3) yang dikenal dengan nama PZT dan *barium titanate* (BaTiO_3) (www.piezocryst.com). Material-material berbasis keramik ini memiliki beberapa kelemahan, yaitu sifatnya yang getas, *yield strain* yang rendah, cukup berat karena *densitas* keramik yang tinggi dan memakan biaya yang mahal dalam pembuatannya. Sehingga kelemahan-kelemahan tersebut dapat membatasi penggunaan material yang berbasis keramik. Tetapi kelemahan tersebut dapat diatasi dengan penggunaan material sensor berbasis polimer *Polyvinylidene Flouride* (PVDF) yang merupakan salah satu jenis *smart material* berbasis polimer yang memiliki kemampuan dalam piezoelektrik.

Material PVDF juga memiliki kemampuan pyroelektrik, yaitu kemampuan suatu material untuk merubah energi termal berupa *foton thermal infrared* menjadi energi listrik yang berupa perubahan muatan. Kemampuan ini membuat PVDF tidak hanya dapat digunakan sebagai sensor mekanik tetapi juga sebagai sensor atau detektor inframerah. Beberapa penerapan yang sering dijumpai adalah sebagai detektor dalam perangkat pencitraan dan cermin optik untuk *person detector* (www.piezocryst.com). Sifat lain dari PVDF adalah impedansi akustik yang rendah dan tahan terhadap *shock* mekanik. Sifat-sifat piezoelektrik PVDF tersebut berasal dari struktur molekulnya yang tidak simetris. Bahan ini memiliki pusat gravitasi antara proton dan elektron yang berbeda pada temperatur kamar. Hal ini menimbulkan dipol permanen yang dalam kondisi

normal terorientasi secara acak sehingga tidak menimbulkan efek piezoelektrik. Dengan memberikan medan listrik pada temperatur dan waktu poling tertentu, dipol permanen yang ditimbulkan dapat terorientasi ke arah medan listrik tersebut. Namun untuk mencapai keadaan *steady* dibutuhkan waktu beberapa saat (Yudianti, dkk. 1996).

2.2 Sensor Piezoelektrik

Sensor piezoelektrik merupakan sensor yang merubah besaran mekanik menjadi besaran listrik. Artinya sensor ini sangat peka terhadap getaran yang ditimbulkan dari luar. Selain itu, sensor piezoelektrik memiliki kutub, yaitu kutub positif dan kutub negatif. Kutub-kutub ini muncul dari material penyusun sensor seperti telah dijelaskan sebelumnya. Prinsip kerja sensor piezoelektrik didasarkan getaran atau *impact* dari luar sehingga elektrode-elektrode pada sensor mengalami *deformasi*. *Deformasi* yang terjadi sebanding dengan besarnya getaran yang mengenai sensor. Akibat *deformasi* ini, terjadi pengelompokan dari elektrode-elektrode yang ada yang sesuai dengan kutubnya, yaitu kutub negatif dan positif. Hal ini mengakibatkan adanya beda potensial di antara kedua kutub, yang mana besarnya dapat diukur dengan menggunakan *osiloskop* atau *multimeter*. Untuk melakukan pengukuran harus dipasang kabel penghubung untuk masing-masing kutub. Tegangan inilah yang menunjukkan besarnya getaran yang terjadi. Untuk lebih jelasnya, berikut disajikan gambar sensor piezoelektrik yang telah dilengkapi dengan kabel untuk masing-masing kutubnya.



Gambar 2.1 Sensor piezoelektrik (www.sensorsmag.com)

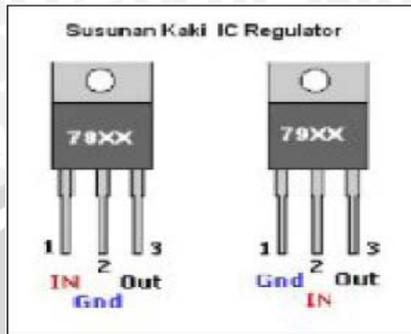
2.3 Catu Daya

Catu daya merupakan alat yang digunakan untuk memberikan tegangan masukan pada setiap komponen elektronika

yang digunakan. Catu daya yang baik adalah catu daya yang mampu memberikan arus searah yang stabil sehingga komponen elektronika yang digunakan dapat bekerja secara optimal, misalnya baterai. Meskipun demikian untuk kebutuhan dalam jangka waktu yang relatif lama, penggunaan baterai tidak efisien karena akan dibutuhkan banyak baterai dan dibutuhkan biaya yang relatif mahal. Oleh karena itu, harus dicari solusi yang tepat untuk dihasilkan catu daya yang stabil dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama, bahkan tidak terbatas.

Solusi yang bisa digunakan adalah dengan memanfaatkan sumber AC dari PLN yang dapat digunakan secara terus-menerus selama persediaan masih ada. Tetapi diperlukan suatu perangkat khusus untuk mengubah AC menjadi DC, misalnya dengan menggunakan dioda. Selain itu, agar dihasilkan tegangan keluaran yang stabil maka dibutuhkan regulator tegangan, yang besarnya dapat dipih sesuai dengan kebutuhan, seperti IC 7805 yang merupakan regulator untuk tegangan keluaran +5 volt, IC 7810 regulator tegangan +10 volt dan seterusnya. Untuk regulator tegangan minus dapat digunakan IC seri 79XX, misalnya seperti 7905 dan 7910 yang merupakan regulator tegangan -5 volt dan -10 volt (www.fairchildsemi.com).

Secara umum regulator tegangan yang digunakan memiliki tiga pin, yaitu *input*, *output* dan *ground*. Konfigurasi dari ketiga pin ini berbeda-beda untuk setiap jenis IC-nya. Sehingga sebelum digunakan harus di lihat di datasheetnya untuk menentukan tiap pinnya. Selain itu, untuk didapatkan tegangan keluaran yang baik maka disarankan tegangan yang diberikan pada *input* harus lebih besar dari tegangan yang diinginkan pada *output*. Berikut konfigurasi dari pin IC jenis 78XX dan 79XX (www.electroniclab.com).



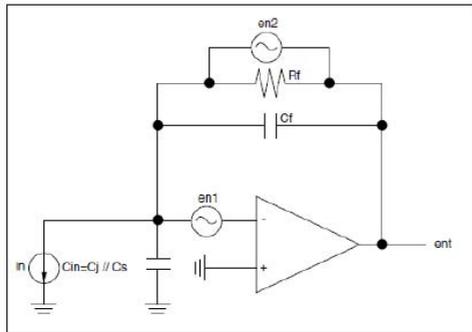
Gambar 2.2 Konfigurasi pin 78XX dan 79XX
(www.electroniclab.com)

2.4 Charge Amplifier

Charge amplifier merupakan penguat integrator yang penguatannya bergantung dari nilai kapasitor *feedback* yang digunakan. Semakin kecil kapasitor yang digunakan maka penguatan yang dihasilkan akan semakin besar. Penguatan yang dihasilkan bergantung juga dari nilai kapasitor yang dimiliki sensor. Tentunya hal ini berbeda dengan penguat lainnya yang memanfaatkan kombinasi rangkaian paralel resistor untuk didapatkan penguatan yang diinginkan. Karena penguatan yang digunakan adalah kapasitor maka prinsip kerja dari *charge amplifier* adalah menguatkan muatan-muatan yang keluar dari sensor. Oleh karena itu, *charge amplifier* memiliki karakteristik tersendiri, seperti penguatan yang tinggi, *noise* yang dihasilkan sangat rendah, merupakan penguatan integrator linear yang baik, peningkatan waktu sangat cepat, dan memiliki stabilitas temperatur yang tinggi. Dengan memperhatikan hal-hal tersebut, penggunaan *charge amplifier* sangat efektif untuk sensor piezoelektrik (Hamamatsu, 2009).

Selain karakteristik di atas, berikut merupakan beberapa keuntungan penggunaan *charge amplifier* :

- a) Dapat digunakan untuk pengukuran pada *quasi-static* pada kondisi tertentu, seperti tekanan yang konstan pada piezo yang tetap dalam kurun waktu beberapa menit
- b) Transduser elemen Piezo dapat digunakan dalam lingkungan yang lebih panas dibandingkan dengan elektronik internal.
- c) Penguatan yang dihasilkan bergantung pada nilai *feedback* kapasitor (Anonymous^a, 2009).

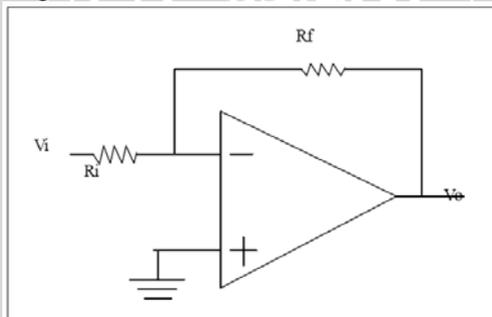


Gambar 2.3 Rangkaian *charge amplifier* (Hamamatsu, 2009)

2.5 Penguat *Inverting*

Rangkaian penguat *inverting* merupakan rangkaian penguat yang dibangun oleh Op-Amp dengan tegangan *input* diberikan pada kutub *inverting* atau kutub negatif pada Op-Amp. Untuk penguatan yang dihasilkan dapat diatur dengan mengubah-ubah nilai R_i dan R_f atau dapat di lihat pada persamaan 1.

Tanda minus yang dihasilkan pada persamaan 1 menunjukkan bahwa sinyal keluaran yang dihasilkan memiliki fase polaritas yang berbeda 180° dengan polaritas tegangan *input* yang diberikan. Berikut merupakan gambar dan analisis dari rangkaian penguat *inverting*.



Gambar 2.4 Rangkaian penguat *inverting* (Bentley, 1995)

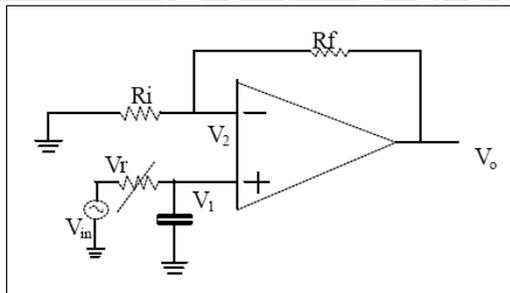
Kutub positif pada Op-Amp dihubungkan dengan *ground*, artinya $V_+ = 0$. Dan sesuai dengan aturan Op-Amp ideal bahwa $V_+ = V_- = 0$, maka diperoleh hubungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \frac{V_i}{R_i} - V_- &= V_- - \frac{V_o}{R_f} \\ \frac{V_i}{R_i} - 0 &= 0 - \frac{V_o}{R_f} \\ \frac{V_i}{R_i} &= -\frac{V_o}{R_f} \\ V_o &= -\frac{R_f}{R_i} V_i \end{aligned} \quad (1)$$

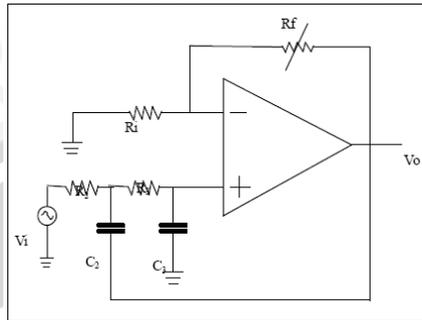
2.6 Low Pass Filter

Filer merupakan komponen yang digunakan untuk meloloskan frekuensi pada range tertentu. Misalnya *high pass filter* yang digunakan untuk meloloskan frekuensi tinggi dan *low pass filter* digunakan untuk meloloskan frekuensi rendah. Batas maksimum dari frekuensi yang diloloskan dinamakan dengan frekuensi *cut off*. Besarnya frekuensi *cut off* dapat diatur dengan mengubah-ubah nilai resistor dan kapasitor yang digunakan.

Orde yang dimiliki filter ada 2 macam, yaitu filter orde satu dan filter orde dua. Filter orde satu memiliki tingkat kemiringan *cut off* sebesar -20 dB dan filter orde dua memiliki tingkat kemiringan *cut off* sebesar -40 dB. Filter tersebut memiliki keunggulan masing-masing sesuai dengan kebutuhan. Berikut merupakan gambar rangkaian dasar filter orde satu dan filter orde dua.



Gambar 2.5 Rangkaian *low pass filter* orde satu (James, 1999)



Gambar 2.6 Rangkaian *low pass filter* orde dua (James, 1999)

Gambar 2.5 dan 2.6 merupakan gambar filter orde satu dan filter orde dua jenis *low pass filter*. Pada gambar terlihat bahwa terdapat rangkaian kapasitor dan resistor untuk masukan V_+ pada Op-Amp. Sedangkan untuk kombinasi rangkaian resistor pada masukan V_- adalah penguatan yang diinginkan. Hal ini telah dijelaskan sebelumnya.

Untuk menentukan frekuensi *cut off* dari filter dapat digunakan persamaan berikut :

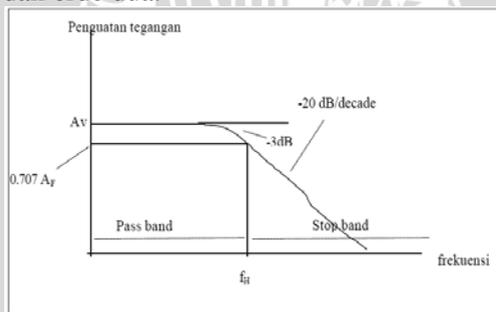
1. Orde satu

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (2)$$

2. Orde dua

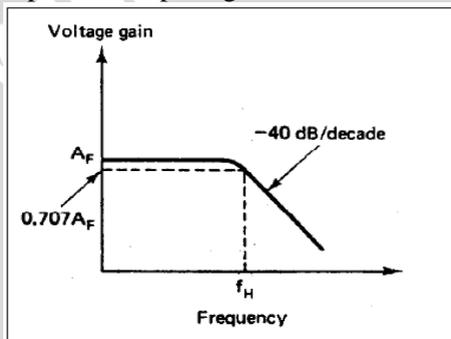
$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (3)$$

Dan berikut merupakan gambar grafik kerja dari *low pass filter* orde satu dan orde dua.



Gambar 2.7 Grafik kerja *low pass filter* orde satu (James, 1999)

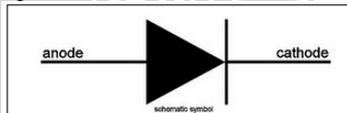
Dari gambar 2.7 terlihat adanya f_H , yang mana f_H ini merupakan frekuensi *cut off*. Ketika frekuensi yang dihasilkan dari hasil pengukuran melebihi dari frekuensi *cut off* maka frekuensi tersebut tidak diambil. Artinya hanya frekuensi yang berada di daerah di bawah frekuensi *cut off* saja yang diloloskan. Perbedaan tingkat kemiringan pada filter orde satu dan filter orde dua menentukan pengambilan data yang diinginkan. Biasanya filter orde dua lebih banyak digunakan dari pada filter orde satu. Hal ini dikarenakan data yang dihasilkan lebih bagus. Untuk grafik kerja filter orde dua dapat di lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.8 Grafik kerja *low pass filter* orde dua (James, 1999)

2.7 Half Wave Rectifier

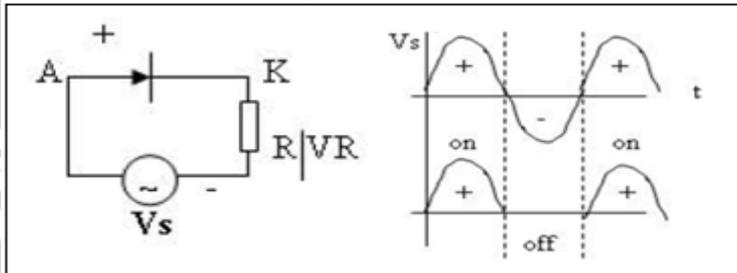
Rangkaian penyearah merupakan rangkaian yang digunakan untuk menyearahkan gelombang atau sinyal. Komponen elektronika yang digunakan untuk menyearahkan gelombang adalah dioda. Berikut gambar komponen dioda.



Gambar 2.9 Dioda (www.wordpress.com).

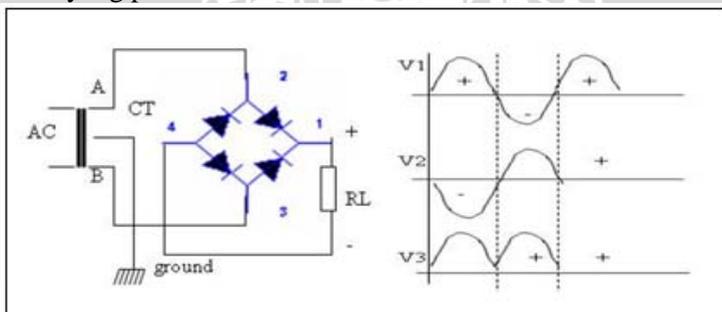
Dioda disusun oleh semikonduktor tipe N dan tipe P. Dioda dapat menyearahkan gelombang karena sifatnya yang hanya mampu melewati sinyal dari kutub positif saja. Artinya jika dioda diberikan tegangan pada kutub negatif maka tidak akan dihasilkan sinyal apapun di kutub positif. Karena sinyal masukan yang diberikan akan diblok.

Rangkaian penyearah ada dua macam, yaitu penyearah gelombang setengah penuh dan penyearah gelombang penuh. Pada penyearah gelombang setengah penuh sinyal yang diambil hanya sinyal yang diinginkan saja, sedangkan sinyal yang lainnya dihilangkan. Misalnya saja pada rangkaian 2.10. Dari rangkaian tersebut terlihat bahwa satu keluaran dari sumber AC dihubungkan dengan kaki diode dan keluaran yang lain langsung dihubungkan ke *ground*. Keluaran yang dihasilkan adalah sinyal gelombang setengah penuh.



Gambar 2.10 Dioda sebagai penyearah gelombang setengah penuh (Ahmad, 2007)

Untuk penyearah gelombang penuh, rangkaian yang digunakan harus menggunakan dua dioda atau empat dioda yang tampak seperti pada gambar 2.11. Dari gambar tersebut dapat di lihat bahwa untuk sinyal A disearahkan begitu juga dengan sinyal B. Proses penyearahan yang dilakukan berbeda fase 180° . Sehingga jika dijumlahkan untuk kedua sinyal A dan B akan dihasilkan sinyal keluaran yang penuh.

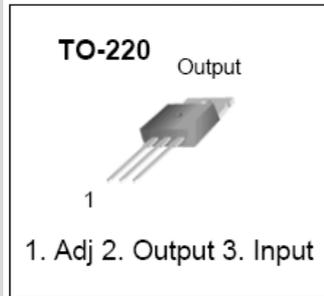


Gambar 2.11 Dioda sebagai penyearah gelombang penuh (Ahmad, 2007)

2.8 LM317

Rangkaian pembagi tegangan adalah rangkaian yang digunakan untuk mengatur besarnya tegangan yang diinginkan, yaitu melalui variabel resistor. Pada gambar 2.12, besarnya R2 dapat diubah-ubah untuk mendapatkan tegangan keluaran yang diinginkan. Rangkaian pembagi tegangan yang digunakan adalah LM317. Keluaran dari rangkaian ini akan dimasukkan ke rangkaian komparator sebagai tegangan referensi. Penggunaan LM317 dimaksudkan agar tegangan referensi yang dimiliki komparator selalu stabil.

Catu daya yang diberikan pada LM317 yaitu $3V \leq V_{in} - V_{out} \leq 40V$ dengan tegangan keluaran berkisar dari 1.2 V sampai 37 V. Berikut merupakan pin LM317.

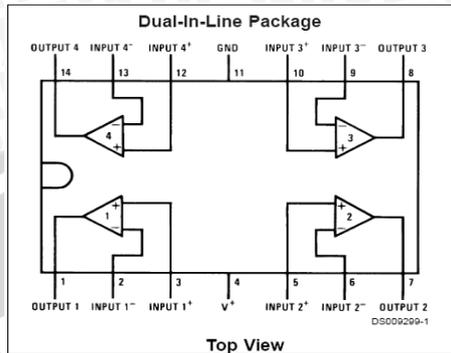


Gambar 2.12 Pin LM317 (National^b, 2010)

2.9 LM324

LM324 merupakan *single chip* IC yang memiliki 4 Op-Amp di dalamnya. IC ini bisa digunakan sebagai *single supply* atau *dual supply*. Pada *Single supply*, catu daya yang diberikan pada IC hanya berfluktuasi pada satu daerah saja, yaitu positif. Sehingga catu daya yang digunakan adalah Vcc dan gnd. Pada *dual supply*, catu daya yang diberikan pada IC berfluktuasi pada dua daerah, yaitu positif dan negatif. Sehingga catu daya yang digunakan adalah +Vcc, gnd dan -Vcc.

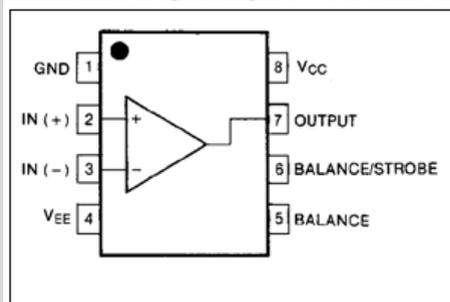
Untuk *single supply*, catu daya yang diberikan berkisar antara 3 V sampai 32 V. Sedangkan untuk *dual supply*, catu daya yang diberikan berkisar antara ± 1.5 V sampai ± 16 V. Tegangan *offset* yang dimiliki LM324 adalah 2 mV dan arus masukan *offset*nya sebesar 5 nA.



Gambar 2.13 Pin LM324 (National^a, 2010)

2.10 Rangkaian Komparator LM311

Rangkaian komparator merupakan rangkaian yang digunakan sebagai pembanding dua *input* yang diberikan. *Input* yang dimaksudkan adalah tegangan referensi dari komparator dan tegangan *input* dari hasil pengukuran. Hasil perbandingan dua inputan tersebut akan dikeluarkan ke *output* sebagai sinyal *high* atau *low*. Sehingga komparator sering juga disebut sebagai rangkaian pengubah analog ke digital satu *bit*. Prinsip kerjanya yaitu ketika tegangan *input* yang diberikan pada komparator berada di bawah tegangan referensinya, maka nilai *output* yang dihasilkan adalah 0 volt atau disebut juga sinyal *low*. Sedangkan jika tegangan *input* yang diberikan lebih besar dari tegangan yang dimiliki oleh komparator, maka nilai *output* yang dihasilkan adalah +Vcc atau disebut juga sinyal *high*. Rangkaian komparator yang digunakan adalah LM311. Berikut merupakan pin LM311.



Gambar 2.14 Pin LM311 (www.fairchildsemi.com)

Berikut merupakan spesifikasi LM311:

- a. Arus bias masukan maksimal : 250nA
- b. Arus *offset* masukan maksimal : 50 nA
- c. Tegangan *offset* masukan maksimal : 7.5 mV
- d. Tegangan masukan : $\pm 15V$
- e. Tegangan masukan *single supply* : 5V

2.11 Sistem Minimum *DT-AVR Micro Low Cost System*

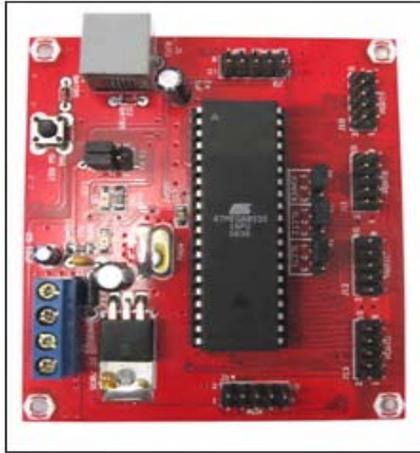
DT-AVR low cost micro system merupakan modul *single chip* mikrokontroler ATmega8535 yang memiliki 8 Kbyte *flash memory*, 512 byte SRAM, dan 512 byte EEPROM, ADC hingga 8 *channel single-ended A/D converter* dengan resolusi 10 bit, dan berdimensi 8,6 cm (P) x 7,2 cm (L) x 1,8 cm (T). Selain itu, *DT-AVR low cost micro system* juga dilengkapi dengan fitur-fitur yang mendukung yang dapat digunakan dalam dunia elektronika. Fitur-fitur tersebut antara lain:

- a. Dua 8-bit *timer/counter*, satu 16-bit *timer/counter* dan *real time counter* 4 *channel pwm*
- b. *Two-wire serial interface*
- c. *Programmable serial USART (Universal Synchronous And Asynchronous Serial Receiver And Transmitter)*
- d. *Master/slave SPI serial interface*
- e. *Programmable watchdog timer*
- f. *On-chip* analog komparator
- g. *Internal calibrated rc oscillator*

Spesifikasi *DT-AVR low cost micro system*:

- a. Mendukung varian AVR® 40 pin, seperti AT90S8535, ATmega8535L, ATmega16(L), ATmega8515(L), AT90S8515, dan ATmega162(L) (Seri AVR® yang tidak memiliki ADC membutuhkan *converter socket*).
- b. Memiliki fasilitas *In-System Programming* untuk IC yang mendukung, dilengkapi *LED Programming Indicator*.
- c. Memiliki hingga 35 pin jalur *input/output* Lengkap dengan osilator 4 MHZ dan memiliki kemampuan komunikasi Serial UART RS-232 yang sudah disempurnakan lengkap dengan rangkaian *reset*, tombol manual *reset*, dan *brown-out detector*.

- d. Menggunakan tegangan input 9 - 12 VDC dan memiliki tegangan output 5 VDC.



Gambar 2.15 DT-AVR low cost micro system
(www.innovativeelectronics.com)



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dan pengerjaan alat dilakukan di Laboratorium Instrumentasi dan Pengukuran, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang. Waktu pengerjaan pada bulan Januari - Maret 2011.

3.2 Tahapan Pengerjaan

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Pembuatan komponen-komponen alat, antara lain:

a. Desain sensor piezoelektrik

Sensor ini digunakan untuk mengukur berat benda yang hasil pengukurannya dinyatakan dalam tegangan.

b. Rangkaian catu daya

Rangkaian ini berfungsi untuk memberikan catu daya ke rangkaian pengkondisi sinyal, komparator, dan mikrokontroler sehingga alat-alat tersebut dapat bekerja.

c. Rangkaian *charge amplifier*

Rangkaian ini berfungsi untuk menguatkan sinyal yang dihasilkan oleh piezoelektrik sebelum dilakukan pengolahan sinyal lebih lanjut.

d. Rangkaian penguat *inverting*

Rangkaian ini digunakan untuk menguatkan sinyal yang telah dikuatkan oleh *charge amplifier* agar dapat dianalisis dalam rangkaian berikutnya.

e. Rangkaian *low pass filter*

Rangkaian ini digunakan untuk memfilter atau meloloskan sinyal yang berfrekuensi rendah yang dihasilkan oleh sensor piezoelektrik.

f. Rangkaian *half wave rectifier*

Rangkaian ini digunakan untuk menghilangkan sinyal keluaran piezoelektrik yang bernilai negatif. Karena hanya sinyal positif saja yang digunakan.

g. Rangkaian komparator

Rangkaian ini digunakan untuk membandingkan sinyal yang dihasilkan oleh sensor piezoelektrik dengan tegangan

referensi komparator untuk dihasilkan sinyal *low* atau sinyal *high* yang akan dianalisis dalam mikrokontroler.

h. Penggunaan *DT-AVR low cost micro system*

Rangkaian ini digunakan untuk mengendalikan seluruh sistem rangkaian secara elektronik. Rangkaian ini memperoleh masukan sinyal *low* dan sinyal *high* yang nantinya dikeluarkan dalam *display* sesuai dengan program yang di buat.

2. Pembuatan program

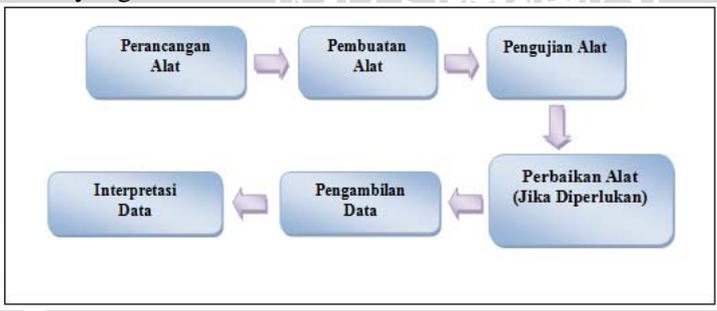
Program digunakan sebagai otak di dalam mikrokontroler dengan tujuan untuk menganalisa parameter-parameter *input* dari sinyal masukan. Parameter tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan hasil keluaran yang akan dikirim ke *display* sebagai indikasi hasil pengukuran.

3. Pengujian alat dan rangkaian.

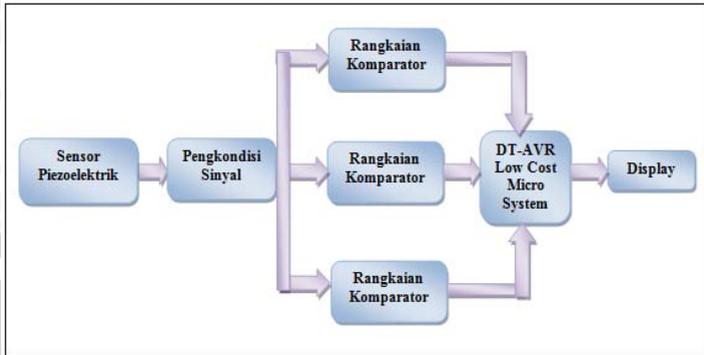
Pengujian ini dilakukan pada masing-masing alat, rangkaian, program, dan seluruh sistem secara terintegrasi yang bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kerja alat, program, dan tampilan yang dihasilkan sudah berjalan sesuai dengan yang diinginkan atau belum.

3.3 Rancangan Penelitian

Agar penelitian yang dilakukan dapat berjalan dengan baik, maka diperlukan adanya perencanaan di dalam setiap melakukan kegiatan. Selain perencanaan *schedule* yang telah di buat maka diperlukan juga diagram alir penelitian. Berikut diagram alir penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Blok Diagram Alat

Dari blok diagram di atas terlihat bahwa hasil pengukuran yang dilakukan oleh sensor piezoelektrik akan dianalisa pada pengkondisi sinyal untuk dihasilkan sinyal keluaran yang baik dan dapat digunakan untuk proses berikutnya. Sinyal dari pengkondisi sinyal tersebut akan dimasukkan kedalam komparator tiga level. Hasil keluaran komparator adalah sinyal dengan kondisi *low* atau *high*. Sinyal inilah yang akan diolah kedalam mikrokontroler untuk diperoleh kesimpulan hasil pengukuran. Hasil pengukuran tersebut dapat diamati di dalam *display* yang telah di buat.

3.3.1 Sensor piezoelektrik

Sensor piezoelektrik merupakan komponen utama yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Sensor piezoelektrik yang di buat dapat di lihat pada gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.3 sensor piezoelektrik

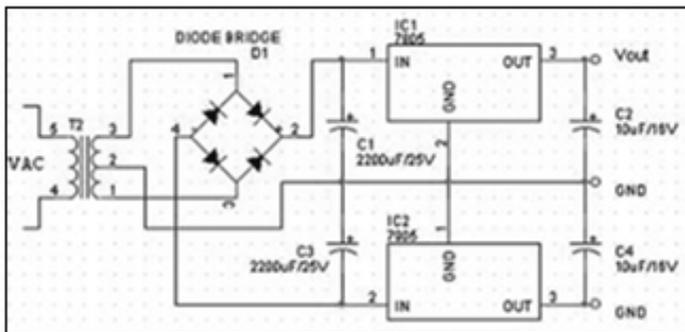
Dari gambar 3.3 terlihat bahwa sensor piezoelektrik yang digunakan dilapisi oleh dua lapisan electrode pada bagian atas dan bagian bawah. Hal ini dimaksudkan agar polaritas yang dihasilkan oleh tiap kutub piezoelektrik dapat terkumpul dalam suatu daerah tertentu yang nantinya dikeluarkan oleh kabel penghubung yang

digunakan. Untuk bagian luar sensor dilapisi oleh dua buah karet ban yang ditempel menjadi satu dengan menggunakan selotip hitam. Untuk karet yang digunakan di atur sedemikian rupa sehingga memiliki panjang dan lebar yang sama dengan lapisan yang rata. Hal ini dimaksudkan agar diperoleh data hasil pengukuran yang baik. Panjang dan lebar sensor piezoelektrik yang digunakan sangat menentukan hasil data yang diperoleh.

3.3.2 Catu daya

Rangkaian catu daya yang dirancang dapat di lihat pada Gambar 3.4. Tegangan *input* sumber AC sebesar 220 volt diturunkan dengan menggunakan transformator *step down* jenis CT. Penggunaan transformator jenis CT ini dimaksudkan untuk didapatkan tegangan positif dan tegangan negatif. Output AC dari sisi sekunder transformator kemudian disearahkan dengan menggunakan dioda *bridge* untuk dihasilkan *output* DC.

Untuk mengurangi tegangan riak hasil dari penyearahan digunakan rangkaian penapis yaitu kapasitor, semakin besar nilai kapasitor maka semakin kecil tegangan riaknya. Kapasitor yang digunakan adalah 2200 mF. IC regulator yang digunakan yaitu LM 7805 untuk mendapatkan *output* tegangan +5 volt, sedangkan IC regulator LM7905 digunakan untuk mendapatkan *output* tegangan -5 volt.

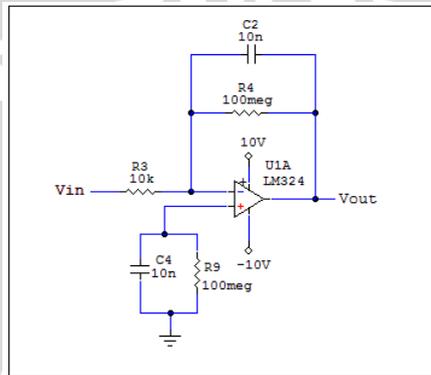


Gambar 3.4 Rangkaian catu daya (www.electroniclab.com)

3.3.3 Charge amplifier

Rangkaian *charge amplifier* yang digunakan dapat di lihat pada gambar 3.5. Pada rangkaian tersebut dipasang resistor sebesar 10 Kohm sebelum sinyal dimasukkan ke *inverting*. Hal ini

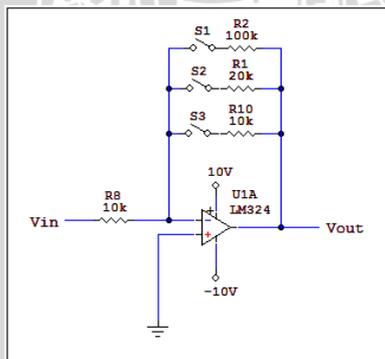
dimaksudkan agar *noise* yang dihasilkan oleh sensor piezoelektrik dapat di filter. Sehingga ketika dilakukan penguatan *charge amplifier* di dapatkan data yang lebih baik. Untuk kapasitor *feedback* dipasang sebesar 10 nF. Besarnya kapasitor ini disamakan dengan besarnya kapasitor yang dihasilkan oleh sensor piezoelektrik, yaitu sekitar 12,83nF. Ini dimaksudkan agar penguatan yang dihasilkan sebesar satu kali. Sedangkan kapasitor *feedback* yang digunakan sebesar 100 Mohm.



Gambar 3.5 Rangkaian *charge amplifier*

3.3.4 Penguat *inverting*

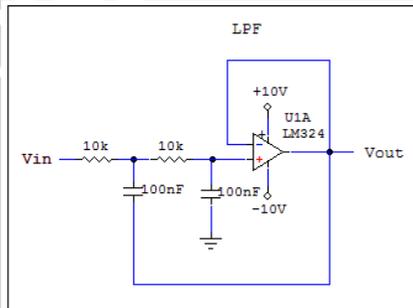
Penguatan *inverting* yang dirancang memiliki tiga macam penguatan, yaitu sebesar 1x, 2x, dan 10x. Besarnya penguatan ini dipilih untuk mempermudah di dalam analisa hasil keluaran yang dihasilkan. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Rangkaian penguat *inverting*

3.3.5 Low pass filter

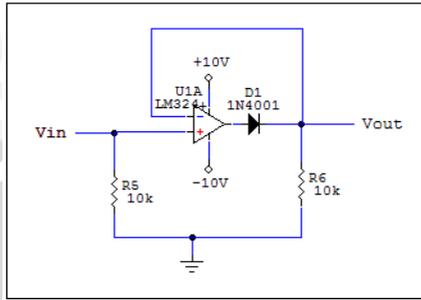
Low pass filter yang dirancang memiliki orde dua dengan frekuensi *cut off* sebesar 2 KHz. Penentuan nilai frekuensi *cut off* didasarkan pada perkiraan nilai kecepatan kendaraan yang melintas. Kecepatan maksimum kendaraan diperkirakan sebesar 120 km/jam. Hal ini dimaksudkan agar kendaraan yang melintas dengan kecepatan tersebut atau di bawahnya dapat dideteksi oleh sensor. Dan pemilihan orde dua dimaksudkan agar data hasil filter yang diperoleh lebih baik. Untuk itu digunakan kapasitor dan resistor sebesar 100 nF dan 10 Kohm.



Gambar 3.7 Rangkaian *low pass filter*

3.3.6 Half wave rectifier

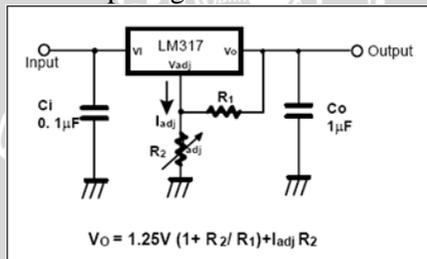
Half wave rectifier dirancang untuk didapatkan sinyal keluaran pada polaritas tertentu. Dalam hal ini adalah sinyal tegangan yang bernilai positif. Untuk diperoleh hal itu, maka dirancang *half wave rectifier* seperti gambar 3.8. Dari gambar tersebut dapat di lihat bahwa dipasang dioda dengan tipe 1N4001 setelah melewati keluaran. Hal ini dimaksudkan untuk didapatkan tegangan keluaran dengan polaritas positif. Sehingga tegangan yang bernilai negatif akan dihilangkan. Kemudian dari rangkaian tersebut juga dipasang dua resistor sebesar 10 Kohm yang terhubung dari *input non-inverting*, *ground* dan *output*. Penggunaan resistor ini untuk menghilangkan riak yang dihasilkan pada puncak gelombang positif. Sehingga diharapkan tegangan yang dihasilkan pada hasil pengukuran memiliki tingkat *noise* yang sangat kecil.



Gambar 3.8 Rangkaian *half wave rectifier*

3.3.7 LM317

IC LM317 ini digunakan untuk mengatur tegangan *input* pada komparator. Atau dengan kata lain IC LM317 digunakan untuk menentukan nilai dari tegangan referensi dari komparator. Rangkaian IC LM317 dapat di lihat pada gambar 3.9.

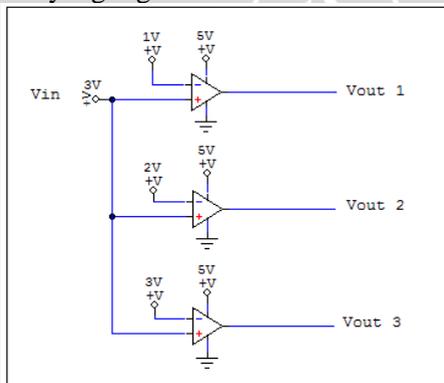


Gambar 3.9 Rangkaian LM317 (Wasito, 1994)

Dari gambar di atas terlihat bahwa terdapat nilai resistor variabel yang menghubungkan antara *ground* LM317 dengan *ground* rangkaian. Hal ini mengakibatkan perubahan nilai resistor variabel akan mempengaruhi besarnya tegangan *output* yang dihasilkan. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada persamaan tegangan keluaran yang telah dirumuskan di atas. Untuk menentukan nilai tegangan keluaran atau tegangan referensi dari komparator hanya perlu mengubah nilai resistor variabel dengan memutar semakin besar atau semakin kecil resistor yang digunakan sesuai dengan kebutuhan.

3.3.8 Rangkaian komparator LM311

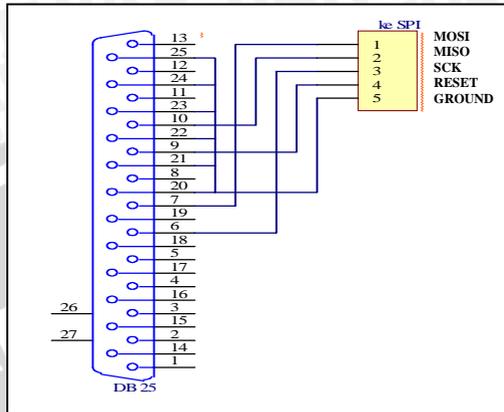
Rangkaian komparator yang dirancang memiliki tiga level. Artinya komparator yang di buat berjumlah tiga dengan tegangan referensi yang berbeda-beda. Artinya komparator pertama digunakan untuk mendeteksi kendaraan yang memiliki level berat ringan, seperti motor. Komparator yang kedua digunakan untuk mendeteksi kendaraan yang memiliki level berat sedang, seperti mobil pribadi dan sejenisnya. Dan komparator yang ketiga digunakan untuk mendeteksi kendaraan yang memiliki level berat besar, seperti truk dan sejenisnya. Setiap komparator bekerja secara individu, artinya tidak terpengaruh oleh komparator yang lain. Hasil sinyal komparator di analisa di dalam mikrokontroler untuk didapatkan hasil pengukuran yang diinginkan. Berikut rancangan rangkaian komparator 3 level yang digunakan.



Gambar 3.10 Rangkaian komparator 3 level

3.3.9 DT-AVR low cost micro system

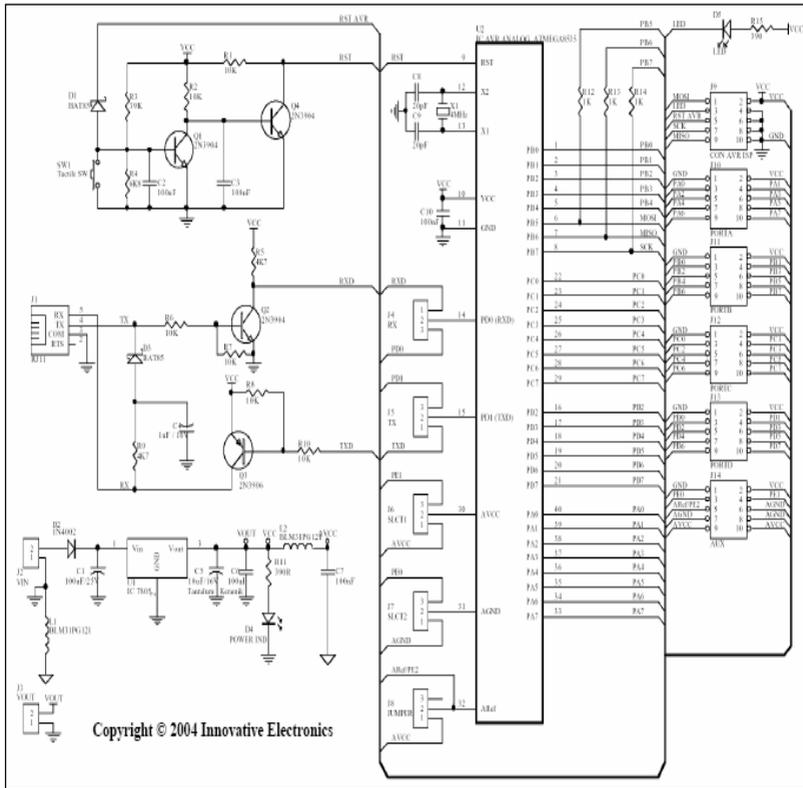
Dalam penelitian ini, *DT-AVR low cost micro system* digunakan sebagai pengolah sinyal yang dihasilkan oleh komparator. Untuk dapat menganalisa sinyal yang diinputkan, maka mikrokontroler yang digunakan pada *DT-AVR low cost micro system* harus di isi dengan program yang di inginkan. Biasanya program yang di buat dalam bentuk bahasa C. Dan untuk mengisi program di dalam mikrokontroler di butuhkan kabel *downloader* yang terhubung ke SPI dan *port* paralel pada komputer yaitu kabel printer. Berikut merupakan rangkaian kabel *downloader* yang digunakan.



Gambar 3.11 Rangkaian AVR programmer

Untuk dapat menggunakan *DT-AVR low cost micro system* dengan baik, maka perlu memahami skematik dari rangkaian penyusunnya. Berikut merupakan skematik dari *DT-AVR low cost micro system*.

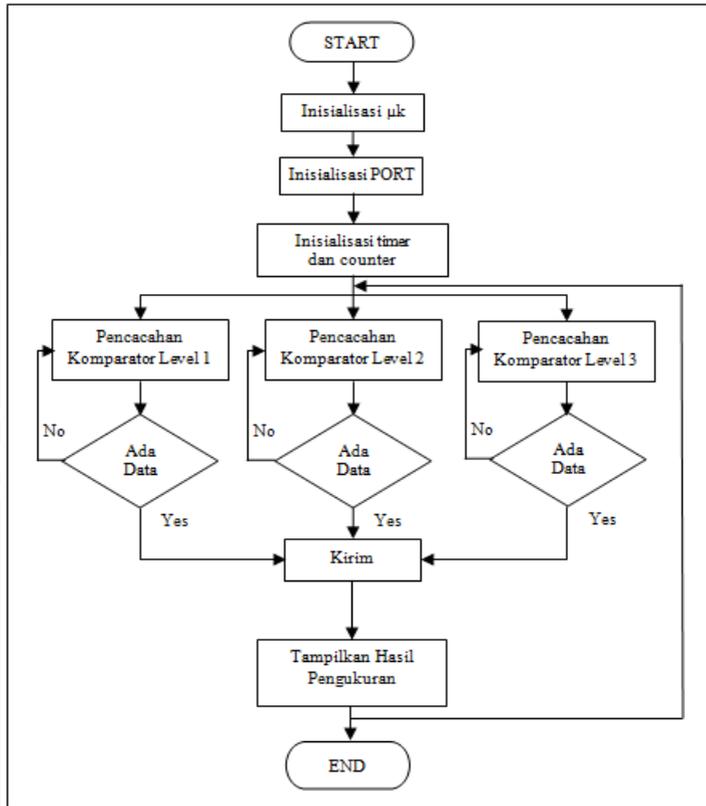




Gambar 3.12 Skematik DT-AVR *low cost micro system*
 (www.innovativeelectronics.com)

3.3.10 Perancangan *source code* program mikrokontroler

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, penulisan program yang akan dimasukkan di dalam mikrokontroler *DT-AVR low cost micro system* adalah dalam bentuk bahasa C. Untuk itu perlu di buat gambaran umum dari proses kerja yang akan dilakukan oleh mikrokontroler. Yang mana program yang di buat harus memiliki kerja sesuai dengan diagram alir yang telah dirancang. Berikut merupakan diagram alir pada mikrokontroler.



Gambar 3.13 Diagram alir program mikrokontroler

Diagram alir pada gambar 3.13 menunjukkan proses kerja dari program yang dimasukkan ke mikrokontroler. Rincian dari proses tersebut adalah sebagai berikut:

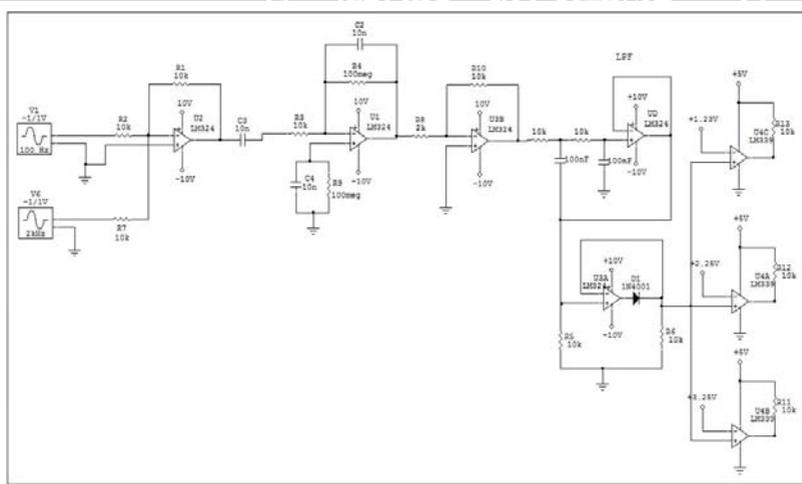
1. Mulai (*start*).
2. Inisialisasi mikrokontroler (μ k) yaitu pemilihan jenis mikrokontroler yang digunakan, yaitu ATmega8535.
3. Inisialisasi *port* yaitu pemilihan *port* yang digunakan antara lain *port* B dan *port* D. *Port* B untuk *Timer Counter* dan *port* D.1 untuk *USART transmits* dan *port* D.2 untuk *USART receive*.
4. Inisialisasi *Timer* dan *Counter* untuk mengaktifkan sinyal *Timer* dan *Counter* yang digunakan.
5. Dilakukan pencacahan disetiap level komparator. Jika terdapat data pada salah satu komparator maka akan dikirim ke *display*

sebagai hasil pengukuran. Tetapi jika tidak didapatkan data, maka dilakukan proses pencacahan ulang pada masing-masing komparator.

6. Jika proses selesai maka sistem akan kembali ke pencacahan ulang untuk mencacah data baru. Tetapi jika keluar dari sistem, maka proses akan berakhir (*end*).

3.3.11 Simulasi alat yang dirancang menggunakan *software circuit maker*

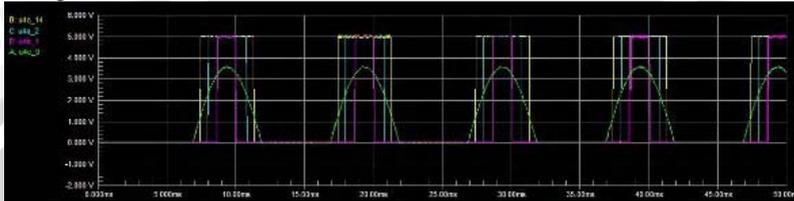
Circuit maker merupakan salah satu *software* elektronika yang dapat digunakan untuk mensimulasikan rangkaian-rangkaian yang di buat. *Software* ini sangat membantu peneliti di dalam menentukan rangkaian dan komponen-komponen yang akan digunakan di dalam penelitian. Selain itu, dengan adanya *software* ini dapat meminimalisir pengeluaran yang terjadi. Hal ini dikarenakan peneliti tidak harus langsung mencoba membuat alat yang dirancang, tetapi dapat disimulasikan terlebih dahulu. Sehingga jika rangkaian yang dirancang tidak cocok maka dapat diubah-ubah tanpa mengeluarkan biaya sepeserpun. Berikut rancangan simulasi yang di buat pada *software circuit maker*.



Gambar 3.14 Rancangan alat pada *software circuit maker*

Sesuai dengan rancangan yang telah dijelaskan sebelumnya, maka pada *software circuit maker* di buat rangkaian yang sama

persis dengan rancangan yang di buat. Hanya saja pada gambar 3.14 di atas ditambahkan rangkaian penjumlah sinyal generator. Rangkaian ini mengindikasikan hasil pengukuran dari sensor piezoelektrik. Untuk hasil simulasi yang dilakukan dapat di lihat pada gambar 3.15 di bawah ini.



Gambar 3.15 Hasil simulasi rancangan alat pada *software circuit maker*

Dari hasil di atas terlihat bahwa sinyal yang berwarna hijau merupakan sinyal piezoelektrik yang telah dilakukan pengkondisi sinyal. Sehingga pada hasil tersebut hanya tampak sinyal yang baik yang ditandai dengan tidak adanya *noise* dengan polaritas positif. Besarnya sinyal tersebut sekitar 3.5 V. Untuk sinyal yang berwarna kuning, biru, dan ungu merupakan sinyal yang dihasilkan oleh komparator level 1, level 2, dan level 3. Perbedaan besarnya frekuensi yang dihasilkan untuk tiap levelnya dikarenakan penggunaan besarnya tegangan referensi yang berbeda untuk tiap level komparator. Semakin besar tegangan referensi pada komparator maka semakin besar pula frekuensi yang dihasilkan. Dari hasil simulasi ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk pengambilan data dilapangan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perancangan dan pembuatan alat, maka tahap berikutnya adalah pengujian alat baik secara terpisah maupun secara keseluruhan dan dilanjutkan pada pengambilan data di lapangan.

4.1 Pengujian alat

Pengujian alat dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kinerja alat dan program yang telah dibuat sehingga dapat digunakan seperti tujuan penulisan pada skripsi ini. Pengujian alat meliputi pengujian catu daya, pengkondisi sinyal, komparator, program pencacah sinyal, dan alat secara keseluruhan.

4.1.1 Pengujian catu daya

Pengujian dilakukan dengan mengukur besarnya tegangan keluaran dari catu daya tersebut. Cara pengujiannya adalah dengan menghubungkan rangkaian catu daya dengan sumber tegangan AC, kemudian tegangan keluaran yang dihasilkan oleh catu daya diukur menggunakan multimeter digital. Berikut data hasil pengukuran yang dilakukan.

Tabel 4.1 Nilai uji tegangan keluaran catu daya

Pengukuran	Tegangan keluaran (volt)	
	Untuk <i>DT-AVR low cost micro system</i>	Untuk Pengkondisi Sinyal
1	10,13	-5,01
2	10,12	-5,01
3	10,13	-5,01
4	10,12	-5,01
5	10,13	-5,01
Rata-rata	10,13	-5,01

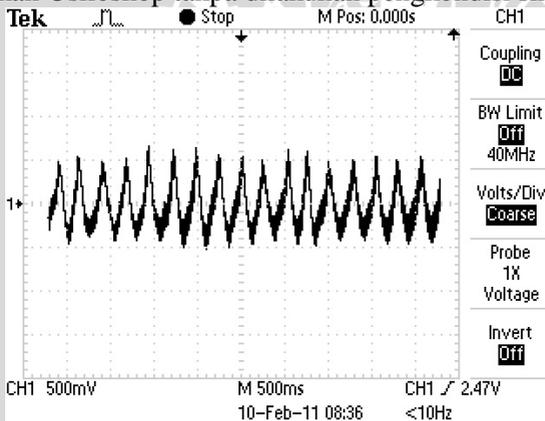
Dari tabel 4.1 dapat di lihat bahwa hasil pengujian tegangan keluaran catu daya adalah stabil, yaitu berkisar 10 V untuk tegangan *DT-AVR low cost micro system* dan -5 V volt untuk tegangan

pengkondisi sinyal. Sehingga dari hasil pengukuran tersebut catu daya sudah dapat digunakan.

Catu daya yang dibuat pada alat ini hanya 10 volt dan -5 volt. Sedangkan untuk menjalankan rangkaian komparator dan pengkondisi sinyal masih dibutuhkan catu daya +5 volt. Catu daya +5 volt tidak dibuat dikarenakan pada *DT-AVR low cost micro system* sudah menyediakan tegangan keluaran 0 volt dan +5 volt sebanyak 6 pasang. Sehingga untuk catu daya +5 volt dapat diambil dari rangkaian ini.

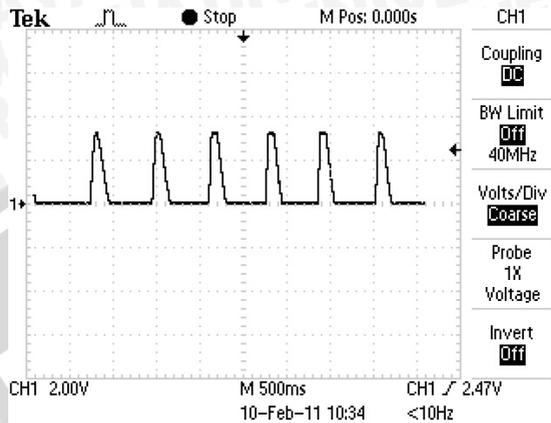
4.1.2 Pengujian sensor piezoelektrik dan pengkondisi sinyal

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan gaya tekan terhadap sensor piezoelektrik. Kemudian hasilnya diamati dengan menggunakan osiloskop. Berikut merupakan sinyal *output* yang dihasilkan oleh sensor piezoelektrik sebelum dilakukan pengolahan sinyal. Artinya sinyal piezoelektrik yang langsung diukur dengan menggunakan Osiloskop tanpa dilakukan pengkondisi sinyal.



Gambar 4.1 Sinyal *output* sensor piezoelektrik

Dari gambar 4.1 terlihat bahwa masih terdapat banyak *noise* dari sinyal *output* sensor piezoelektrik yang dibuat. Sehingga sulit untuk dilakukan analisa lebih lanjut. Oleh karena itu dibutuhkan pengkondisi sinyal agar dihasilkan sinyal *output* yang baik. Tetapi dari hasil *output* tersebut menunjukkan bahwa sensor piezoelektrik dapat bekerja dengan baik. Sehingga siap untuk digunakan dalam pengambilan data. Berikut merupakan sinyal *output* sensor piezoelektrik setelah dilakukan pengkondisi sinyal.



Gambar 4.2 Sinyal *output* pengkondisi sinyal

Dari hasil gambar 4.2 terlihat bahwa sinyal *output* yang dihasilkan sudah baik dan memiliki *noise* yang sangat rendah. Sehingga sinyal tersebut dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut. Sinyal *output* ini merupakan hasil pengukuran dari tekanan yang diberikan pada sensor piezoelektrik. Semakin besar tekanan yang diberikan maka puncak dari gambar yang ditunjukkan akan semakin tinggi. Artinya tegangan yang dihasilkan lebih besar. Sehingga dari hasil pengujian di atas dapat dikatakan pengkondisi sinyal yang di buat telah bekerja dengan baik.

4.1.3 Pengujian komparator

Untuk melakukan pengujian rangkaian komparator dibutuhkan signal generator dan tegangan *input* DC. Selain itu, harus dilakukan pengaturan tegangan referensi untuk setiap komparator yang digunakan sebagai pembanding tiap level komparator. Pada pengujian ini untuk tegangan referensi komparator level 1 diatur sebesar 1,23 volt yang merupakan tegangan terendah yang dapat diatur dari komparator. Sedangkan untuk tegangan referensi 2 dan 3 diatur hanya untuk membedakan tiap komparator saja. Jadi tegangan referensi ini belum mewakili berat kendaraan yang diteliti. Untuk tegangan referensi komparator 2 sebesar 2 volt dan tegangan referensi komparator 3 sebesar 3 volt. Berikut merupakan hasil pengujian rangkaian komparator.

Tabel 4.2 Hasil pengujian komparator

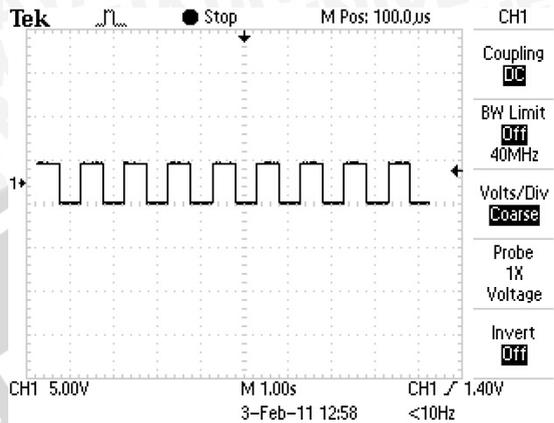
No	Vin (volt)	Vref 1 (volt)	Vref 2 (volt)	Vref 3 (volt)	Output 1(volt)	Output 2 (volt)	Output 3 (volt)
1.	0,18	1,23	2,01	3,00	0,15	0,15	0,15
2.	1,01				0,15	0,15	0,15
3.	1,54				4,99	0,15	0,15
4.	2,07				4,99	4,99	0,15
5.	3,03				4,99	4,99	4,99
6.	4,02				4,99	4,,99	4,99
7.	4,94				4,99	4,99	4,99

Dari hasil tabel 4.2 dapat di lihat bahwa ketika Vin yang diberikan berada di bawah tegangan referensi untuk semua level komparator, maka tegangan *output* yang dihasilkan adalah tegangan *low*, yaitu sebesar 0,15 V. Sedangkan ketika Vin yang diberikan melebihi tegangan referensi dari semua level komparator, maka tegangan *output* yang dihasilkan adalah tegangan *high*, yaitu sebesar 4,99 V. Hal ini menunjukkan bahwa rangkaian komparator yang di buat dapat bekerja dengan baik.

4.1.4 Pengujian program pencacah sinyal

Pogram yang dibuat harus sesuai dengan keadaan lingkungan. Artinya tidak hanya dapat bekerja dengan baik ketika dilakukan simulasi tetapi juga dapat bekerja denga baik ketika diterapkan di lapangan. Hasil kinerja program dapat dilihat dari hubungan antara data yang di kirim dengan data yang diterima. Data tersebut harus sama, jika berbeda minimal terdapat perbedaan yang kecil sehingga kesalahan yang terjadi masih dapat ditolelir.

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan sinyal generator dengan rangkaian *DT-AVR low cost micro system* dan juga komputer sebagai *display*. Pada kondisi ini sinyal generator digunakan sebagai sumber sinyal masukan yang akan dicacah oleh program yang telah dibuat selama waktu yang telah ditentukan. Hasil pencacahan dapat diamati secara langsung pada *display* komputer. Berikut merupakan sinyal masukan dari sinyal generator

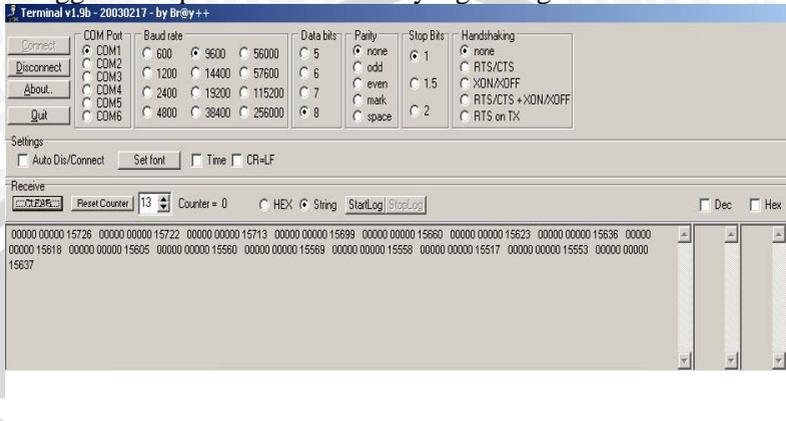


Gambar 4.3 Sinyal *input* dari sinyal generator

Pada gambar 4.3 sinyal generator diatur pada sinyal kotak dengan tegangan keluaran 5 volt. Hal ini dikarenakan sinyal yang dihasilkan pada komparator adalah sinyal 0 volt dan 5 volt dengan keluaran berbentuk kotak. Sehingga diharapkan ketika diaplikasikan dengan komparator didapatkan hasil yang sama. Pada gambar juga menunjukkan bahwa *time/div* yang digunakan adalah 1 sekond. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan dalam pengamatan hasil keluaran. Secara kasat mata jumlah sinyal yang dapat terekam pada gambar di atas adalah 9 sinyal.

Pada pengujian ini waktu kirim data diatur 10 sekond, artinya setiap 10 sekond akan terjadi pengiriman data hasil cacahan sinyal. Pengaturan tersebut dapat diubah pada program yang dibuat sesuai dengan kebutuhan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran. Berikut merupakan hasil cacahan pada pengujian yang dilakukan.

data yang ada dapat terekam pada penerimaan data yang dibuat. Sehingga diharapkan tidak ada data yang hilang.

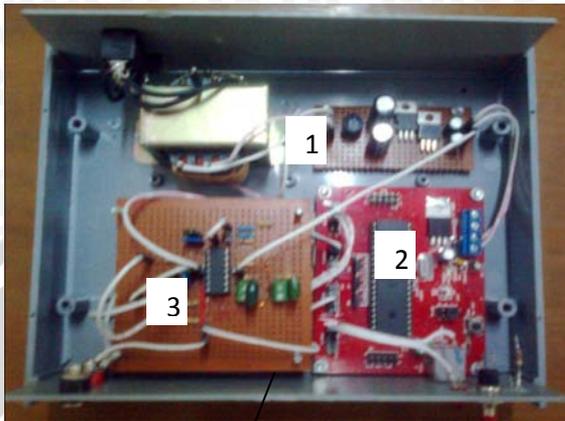


Gambar 4.6 Hasil pencacahan program

Dari hasil pencacahan gambar 4.6 terlihat bahwa terdapat perbedaan hasil cacahan antara penerimaan dengan pengiriman. Jika dilakukan analisa secara kasar, ketika waktu kirim diatur 10 sekon dengan frekuensi sinyal 1500 HZ maka sinyal yang dicacah seharusnya berjumlah 15000 sinyal. Tetapi pada penerimaan data jumlah sinyal yang dihasilkan mencapai 15000 lebih. Hal ini dikarenakan pada frekuensi tinggi cacahan yang dilakukan harus sangat cepat. Artinya peluang terjadinya kesalahan pencacahan sangat tinggi. Selain itu juga bisa dikarenakan program yang dibuat belum dapat bekerja dengan baik. Tetapi dari hasil pencacahan di atas dapat dikatakan program dapat digunakan di lapangan. Ini dikarenakan dalam waktu 10 sekon sangat tidak mungkin terdapat 15000 jumlah kendaraan yang lewat dalam satu area.

4.1.5 Pengujian secara keseluruhan

Pengujian secara keseluruhan dilakukan dengan menghubungkan semua alat yang digunakan dalam penelitian. Berikut merupakan gambar set alat yang di buat.



Gambar 4.7 Set alat penelitian

Keterangan :

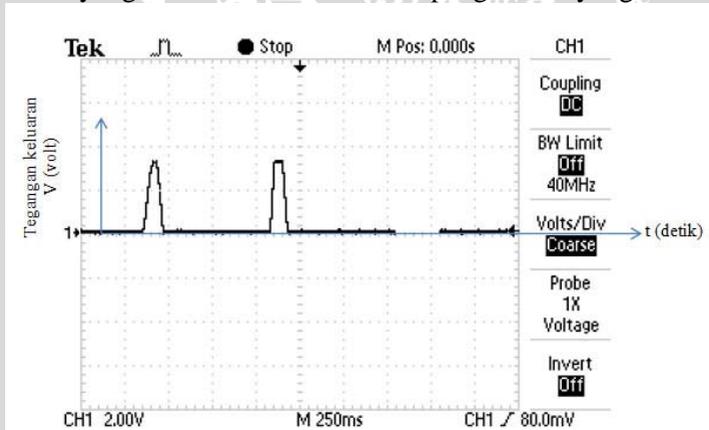
1. Rangkaian catu daya
2. *DT-AVR low cost micro system*
3. Rangkaian pangkondisi sinyal
4. Rangkaian komparator

Agar di dapatkan data lapangan maka dilakukan penyesetan alat seperti pada gambar 4.8 di bawah ini. Sensor piezoelektrik di lapangan dihubungkan dengan alat yang dibuat dan komputer untuk di monitoring hasil pengukuran yang terjadi. Selain itu, untuk mengetahui besar amplitudo yang dihasilkan dapat di amati dengan osiloskop digital yang dihubungkan dengan alat yang dibuat.



Gambar 4.8 Set alat pengambilan data

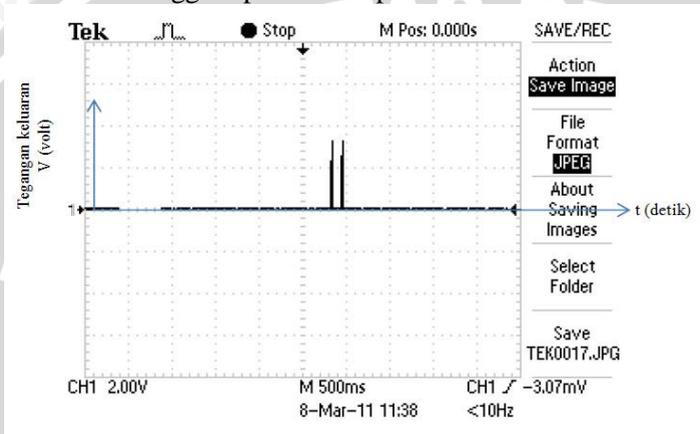
Pengambilan data dilakukan dengan melewati sensor piezoelektrik dengan kendaraan, seperti motor, mobil, truk, dan kendaraan sejenisnya. Sehingga akan didapatkan data amplitudo pada osiloskop dan layar komputer akan menampilkan jumlah kendaraan yang terdeteksi. Berikut hasil pengukuran yang dilakukan.



Gambar 4.9 Amplitudo untuk motor pada kecepatan rendah

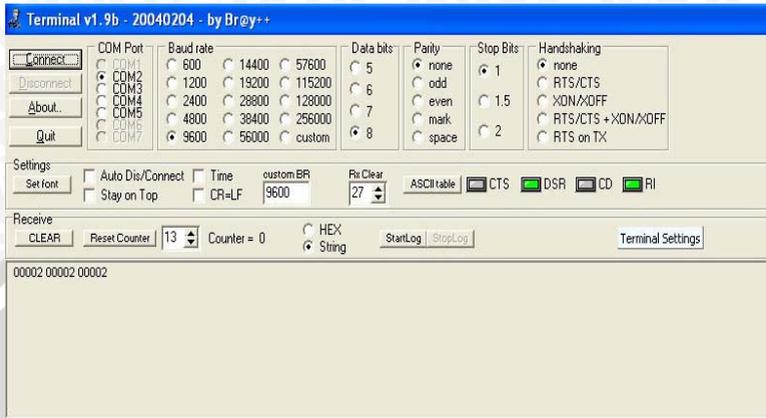
Pada hasil gambar 4.9 dapat di lihat bahwa ketika terdapat kendaraan yang melintas maka akan muncul 2 gelombang. Gelombang tersebut dihasilkan oleh tekanan pada ban depan dan ban

belakang kendaraan. Besarnya gelombang yang dihasilkan bergantung berat beban yang dilewatkan. Pergeseran pada sensor yang dibuat ketika dilakukan pengukuran juga mempengaruhi data hasil pengukuran. Oleh karena itu diperlukan desain mekanik yang baik untuk sensor yang digunakan untuk meminimalisir kesalahan yang terjadi. Hasil di atas untuk merupakan sinyal untuk frekuensi rendah, yaitu kendaraan dengan kecepatan 20 km/jam. Sedangkan untuk frekuensi tinggi dapat di lihat pada hasil di bawah ini.



Gambar 4.10 Amplitudo untuk motor pada kecepatan tinggi

Perbedaan pada hasil pengukuran sebelumnya adalah lebar gelombang yang dihasilkan. Pada frekuensi tinggi yaitu kecepatan kendaraan mencapai 60 km/jam diperoleh bentuk gelombang dengan lebar yang cukup sempit. Tetapi pada penelitian ini diprioritaskan pada amplitudo gelombang yang dihasilkan. Besarnya amplitudo dijadikan sebagai acuan pada program yang dibuat untuk menentukan jenis kendaraan yang terdeteksi. Sehingga dibutuhkan data amplitudo untuk membedakan jenis kendaraan yang akan di ukur.



Gambar 4.11 Hasil pencacahan sinyal

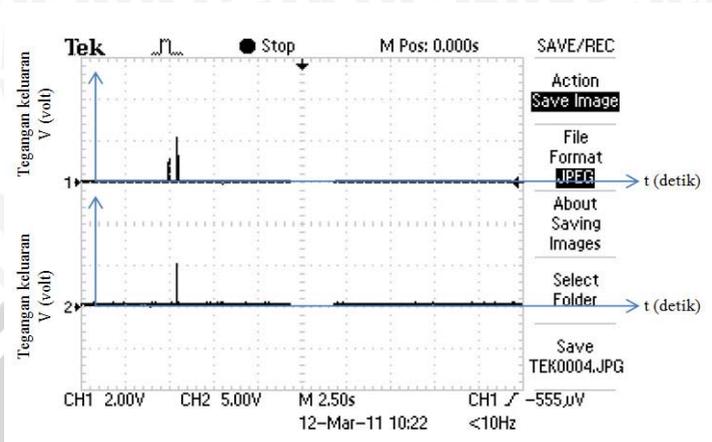
Dari hasil gambar 4.11 terlihat ketika sensor belum dilewati kendaraan maka tidak ada data yang dikirim yaitu ditunjukkan dengan nilai nol pada masing-masing level. Sedangkan ketika dilewati kendaraan maka terdapat data cacahan. Pada hasil di atas tercatat 00002 00001 00001. Artinya adalah pada hasil cacahan sinyal *high* untuk komparator level 1, level 2, dan level 3 masing-masing ada 2 data. Tetapi data cacahan yang dihasilkan tidak selamanya tepat. Ada beberapa kendala yang harus diperhatikan untuk didapatkan hasil pencacahan yang benar. Tetapi kendala yang paling penting adalah desain mekanik dari sensor yang digunakan.

4.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan untuk mengetahui besarnya berat yang dimiliki benda yang diukur yang ditunjukkan dengan nilai tegangan. Dalam hal ini benda yang diukur adalah sepeda, motor, dan mobil. Untuk setiap pengukurannya dapat dilihat pada pembahasan di bawah ini.

4.2.1 Pengukuran berat pada sepeda

Pengukuran berat sepeda dilakukan dengan melewati sepeda pada sensor piezoelektrik yang dibuat. Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan. Dari pengukuran tersebut didapatkan data yang sama. Berikut merupakan data hasil pengukuran yang dilakukan.

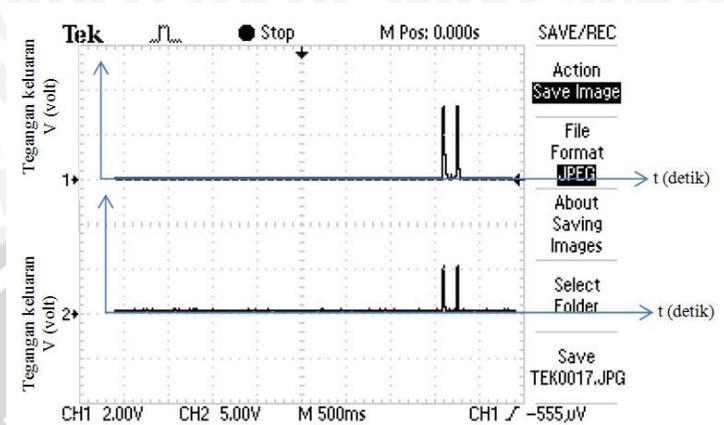


Gambar 4.12 Data hasil pengukuran untuk sepeda

Dari gambar 4.12 terlihat bahwa besarnya tegangan yang dihasilkan berkisar antara 1 volt sampai 2 volt. Untuk sinyal 1 volt merupakan tegangan yang dihasilkan pada ban depan sepeda. Dan untuk sinyal 2 volt merupakan tegangan pada ban belakang sepeda. Perbedaan besarnya tegangan yang dihasilkan dikarenakan berat sepeda antara depan dengan belakang jauh berbeda. Pada hasil di atas juga terlihat adanya sinyal komparator. Sinyal komparator yang dihasilkan hanya berada pada sinyal kedua, yaitu ban belakang sepeda. Ini dikarenakan tegangan yang dihasilkan pada ban belakang lebih besar dari tegangan referensi komparator level pertama (1,23 volt).

4.2.2 Pengukuran berat pada motor

Pengukuran berat pada motor prinsipnya sama dengan pengukuran berat pada sepeda, yaitu dengan melewati motor pada sensor piezoelektrik yang di buat. Pengukuran juga dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan dan didapatkan hasil yang sama. Berikut merupakan data hasil pengukuran yang diperoleh.



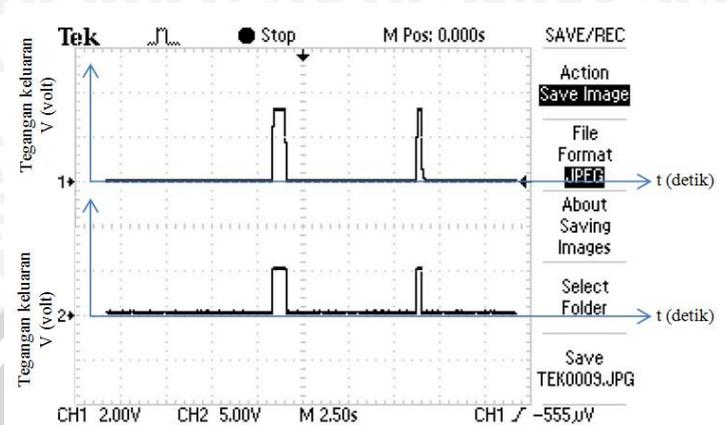
Gambar 4.13 Data hasil pengukuran untuk motor

Dari gambar 4.13 terlihat bahwa besarnya tegangan yang dihasilkan untuk ban depan dan ban belakang motor adalah sama yaitu diperkirakan mencapai 3 volt. Kesamaan ini disebabkan oleh kecepatan dan desain motor yang digunakan. Jika kecepatan motor sangat rendah maka sinyal yang dihasilkan akan sama dengan sinyal pada sepeda. Untuk desain motor juga mempengaruhi sinyal yang dihasilkan. Ini dikarenakan ada motor yang memiliki berat depan sangat berbeda dengan berat belakang. Untuk itu dalam pengambilan data harus diperhatikan cara pengambilan yang tepat dan sesuai dengan yang diinginkan.

Besarnya tegangan yang dihasilkan mencapai 3 volt. Artinya besarnya tegangan ini melebihi tegangan referensi komparator level kedua (2,25 volt). Sehingga pada sinyal komparator dihasilkan dua sinyal *high* yang terlihat pada gambar 4.13 di atas.

4.2.3 Pengukuran berat pada mobil

Pengukuran berat pada mobil juga sama dengan pengukuran berat pada sepeda dan motor, yaitu dengan melewati mobil pada sensor piezoelektrik yang dibuat. Pengukuran juga dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan dan didapatkan hasil pengukuran yang sama. Berikut merupakan data hasil pengukuran yang dilakukan.

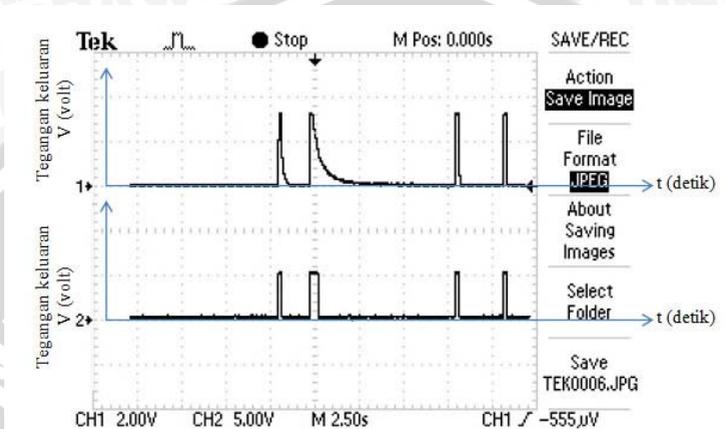


Gambar 4.14 Data hasil pengukuran untuk mobil

Dari gambar 4.14 terlihat bahwa besarnya tegangan yang dihasilkan untuk mobil mengalami *cut off*. Artinya tegangan yang dihasilkan lebih besar dari V_{cc} yang dimiliki oleh pengkondisi sinyal. Sehingga tegangan yang seharusnya diperkirakan mencapai 5 volt terpotong sampai 4 volt. Untuk sinyal yang pertama mobil berjalan lambat sehingga lebar gelombang yang dihasilkan besar. Sedangkan untuk sinyal yang kedua mobil dipercepat sehingga sinyal yang dihasilkan memiliki lebar yang lebih sempit. Tetapi yang terpenting adalah amplitudo gelombang yang dihasilkan sama yaitu diperkirakan mencapai 4 volt. Dan karena tegangan sinyal yang dihasilkan lebih besar dari tegangan referensi komparator level 3 (3,25 volt) maka dihasilkan komparator yang terlihat pada gambar 4.14. Dari hasil tersebut terdapat perbedaan lebar pada komparator yang dihasilkan. Ini dikarenakan lebar sinyal yang dihasilkan juga berbeda. Artinya sinyal komparator akan *high* selama tegangan yang dihasilkan pada sensor berada di atas tegangan referensi komparator. Dan ketika tegangan yang dihasilkan sensor sudah berada di bawah tegangan referensi komparator maka sinyal komparator akan *low*. Sehingga semakin lebar sinyal yang dihasilkan oleh sensor maka semakin lebar pula sinyal komparator yang dihasilkan.

Pengukuran berikutnya adalah pengukuran pada mobil dengan perlakuan mobil digerakkan ke depan dan ke belakang

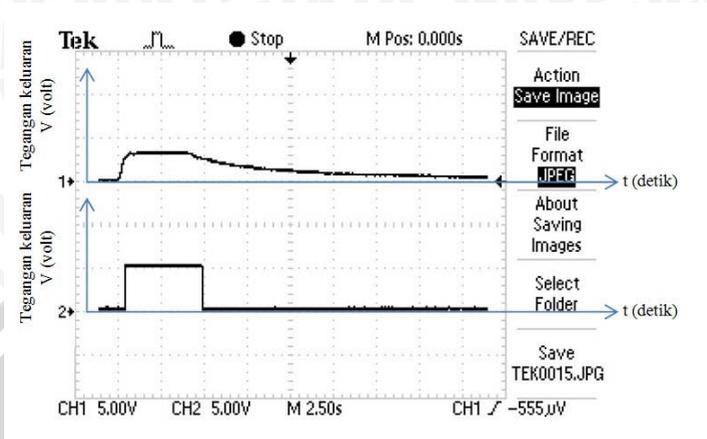
dengan kecepatan yang sama. Berikut merupakan data hasil pengukuran yang dihasilkan.



Gambar 4.15 Data hasil pengukuran untuk mobil

Dari hasil gambar 4.15 terlihat bahwa besarnya tegangan yang dihasilkan untuk semua sinyal adalah sama, yaitu diperkirakan mencapai 4 volt dengan lebar sinyal yang sama. Dan karena tegangan yang dihasilkan melebihi besarnya tegangan referensi untuk komparator level 3 maka pada setiap sinyal dihasilkan sinyal komparator. Adapun maksud pengujian ini adalah untuk mengetahui respon sensor terhadap mobil yang melintas berkali-kali. Artinya jika terdapat dua mobil yang melintas bergantian maka sensor dapat mengukur tegangan yang dihasilkan.

Pengukuran yang terakhir adalah pengukuran berat mobil dengan perlakuan mobil dilewatkan sensor piezoelektrik yang dibuat. Dan ketika ban mobil tepat di atas sensor maka mobil berhenti. Berikut merupakan data hasil pengukuran yang diperoleh.



Gambar 4.16 Data hasil pengukuran untuk mobil

Dari gambar 4.16 terlihat bahwa ketika mobil mulai melewati sensor maka tegangan akan mulai naik. Dan ketika tepat di atas sensor mobil berhenti dan sinyal yang dihasilkan sensor akan mulai turun dengan perlahan. Besarnya kemiringan sinyal ini bergantung dari lebar sensor piezoelektrik yang digunakan. Artinya semakin lebar desain sensor yang digunakan maka semakin lama proses penurunan sinyal sensor. Hal ini dikarenakan sifat sensor piezoelektrik yang dinamis sehingga ketika terdapat beban yang tepat berada di atas sensor maka sinyal yang dihasilkan akan turun secara perlahan. Proses ini dinamakan *loading effect sensor*.

Dari hasil tersebut juga terlihat bahwa sinyal komparator yang dihasilkan sesuai dengan pergerakan sinyal sensor. Artinya ketika tegangan sinyal sensor melebihi tegangan referensi komparator maka sinyal komparator akan transisi naik. Dan sinyal ini akan terus konstan selama sinyal sensor masih lebih besar dari tegangan referensi komparator yang digunakan. Tetapi ketika tegangan sinyal sensor sudah berada di bawah tegangan referensi komparator maka sinyal akan transisi turun.

Dari keseluruhan data hasil pengukuran yang dilakukan terdapat perbedaan besarnya tegangan untuk masing-masing kendaraan yang digunakan. Untuk itu, dalam menentukan jenis kendaraan yang melintas data tegangan yang terukur tersebut dapat dijadikan sebagai tegangan referensi pada komparator.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dihasilkan pengkondisi sinyal untuk sensor piezoelektrik yang terdiri dari *charge amplifier*, penguat *inverting*, *low pass filter* dengan meloloskan frekuensi di bawah 2 KHz, dan *half wave rectifier*. Selain itu, dihasilkan juga komparator tiga level yang dapat membedakan jenis kendaraan yang melintas dengan mengatur tegangan referensi yang digunakan. Pada penelitian ini tegangan referensi untuk komparator level 1, level 2, dan level 3 masing-masing diatur sebesar 1,23 volt, 2,25 volt, dan 3, 25 volt.

Besarnya tegangan yang dihasilkan dari hasil pengukuran menggunakan sensor piezoelektrik untuk sepeda, motor, dan mobil masing-masing diperkirakan mencapai 2 volt, 3 volt, dan 4 volt.

5.2 Saran

Agar didapatkan hasil pengukuran yang lebih baik sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang desain sensor piezoelektrik untuk diterapkan di lapangan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Jayadin. 2007. *Ilmu Elektronika*. Erlangga : Jakarta.
- Anonymous^a. *Charge Amplifier*.
http://en.wikipedia.org/wiki/Charge_amplifier. Diakses tanggal 22 Oktober 2010.
- Anonymous^b. 2001. *3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator*.
www.fairchildsemi.com. Diakses tanggal 22 Oktober 2010.
- Anonymous^c. 2009. *Prinsip Kerja Catu Daya Linear*.
www.electroniclab.com. Diakses tanggal 22 Oktober 2010.
- Anonymous^d. 2009. *The Principles Piezoelectric*.
www.sensormag.com. Diakses tanggal 19 November 2010.
- Bentley, John P. 1995. *Principles Of Measurement Systems*. Pearson Education Asia (Pte) Ltd : Singapore.
- Dewi, Ratna Sari. 2009. *Penyearah Dioda*.
<http://ratnasarl.wordpress.com/penyearah-dioda>. Diakses tanggal 28 Desember 2010.
- Fairchild. 2001. *LM311 Single Comparator*. www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM311.pdf. Diakses tanggal 1 November 2010.
- Hamamatsu. 2001. *Characteristic and Use Of charge Amplifier*.
http://sales.hamamatsu.com/assets/applications/SSD/charge_amp_kacc9001e01.pdf. Diakses tanggal 15 November 2010.
- James, Karki. 1999. *Analysis of Sallen Key Architecture*. Texas Instrument.
- National^a. 2000. *LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers*.
<http://www.national.com/ds/LM/LM324.pdf>. Diakses tanggal 1 November 2010.
- National^b. 2010. *LM117/LM317A/LM317 3-Terminal Adjustable Regulator*.
<http://www.national.com/ds/LM/LM317.pdf>. Diakses tanggal 22 Oktober 2010.
- Piezocryst. 2005. *Introduction to Piezoelectric Sensors*.
www.piezocryst.com/downloads/Piezoelectric_Sensors_01.pdf. Diakses tanggal 28 Desember 2010.

- Prananto, Dwi. 2010. *Karakterisasi Smart Material Polyvinylidene Fluoride (PVDF) Sebagai Transduser Piezoelektrik*. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-10588-Paper.pdf>. Diakses tanggal 12 Januari 2011.
- Sunarno. 2005. *Implementasi Piezoelektrik Sebagai Sensor Identifikasi Kendaraan yang Melintasi Jembatan*. <http://i-lib.ugm.ac.id>. Diakses tanggal 12 Januari 2011.
- Wasito. 1994. *Data Sheet Book 1, Data IC Linear, TTL dan CMOS*. Elex Media. Gramedia : Jakarta.
- Yudianti, Rike dkk. 1996. *Pengaruh Tegangan dan Waktu Poling Terhadap Konstanta Piezoelektrik dari Film PVDF yang Ditarik*. www.lipi.go.id. Diakses tanggal 14 Januari 2011.



Lampiran

Lampiran 1. Desain sensor piezoelektrik

1. Gambar sensor piezoelektrik yang siap digunakan



2. Gambar sensor piezoelektrik tampak dari atas sebelum dilapisi karet

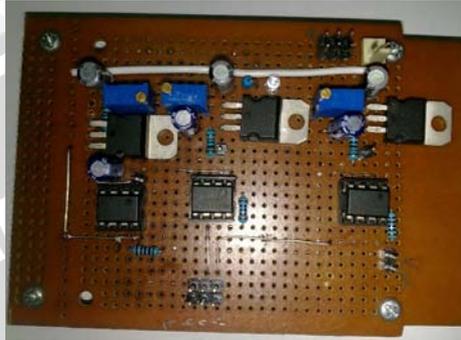


3. Gambar sensor piezoelektrik



Lampiran 2. Gambar alat dan pengujian alat

1. Gambar rangkaian komparator



2. Gambar DT-AVR low cost micro system



3. Gambar keseluruhan alat



4. Gambar alat yang sudah dikemas dalam box



5. Gambar pengujian rangkaian komparator

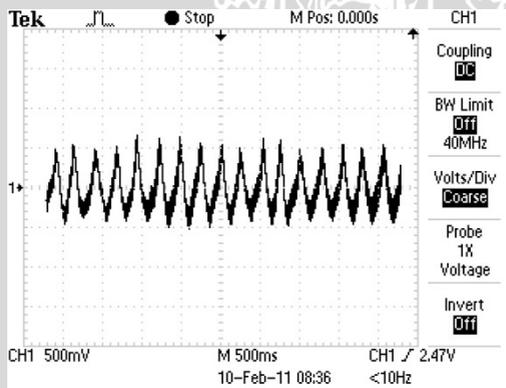
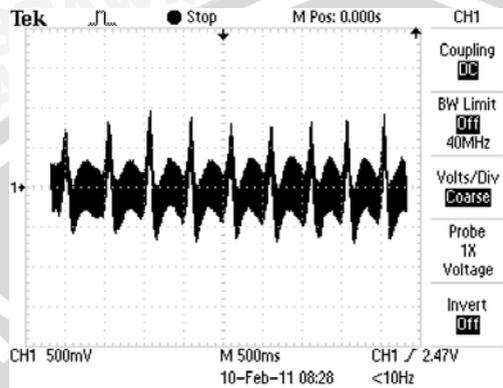


6. Gambar set alat pengambilan data di lapangan

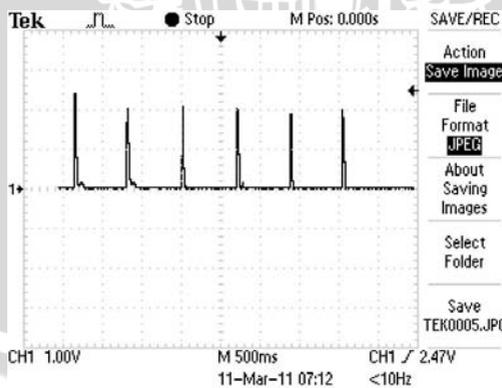
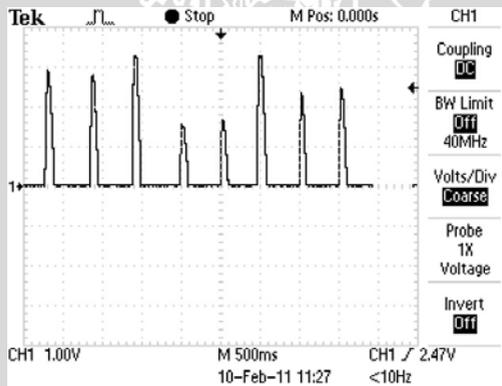
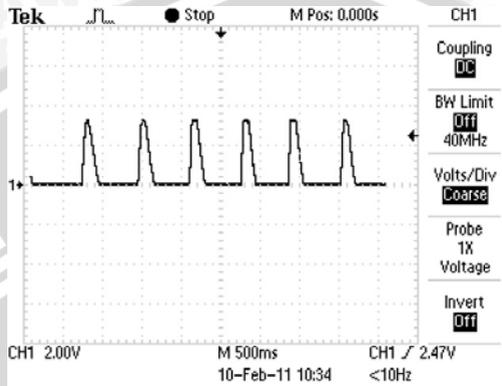


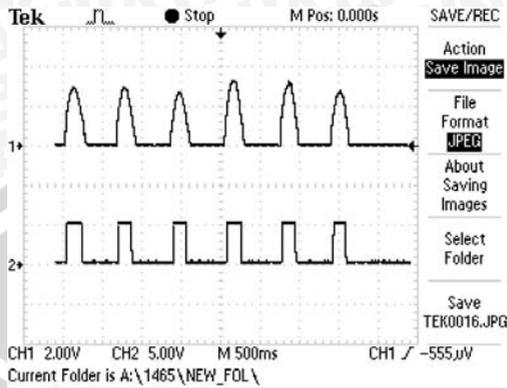
Lampiran 3. Data hasil pengujian

1. Gambar sinyal *output* sensor piezoelektrik

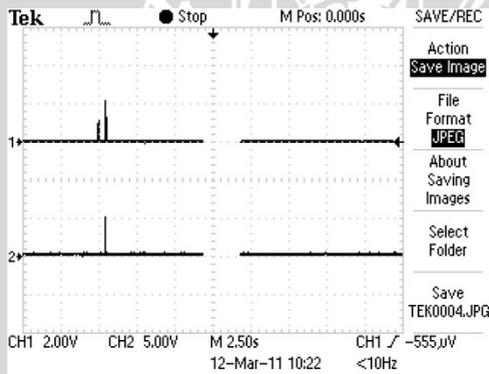


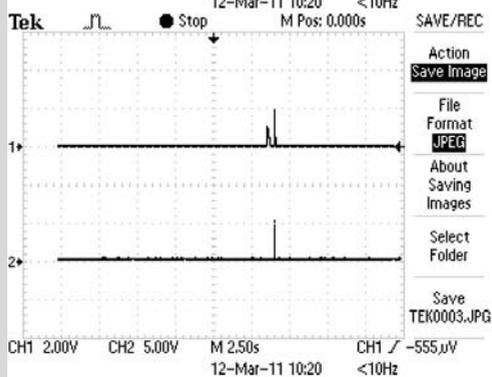
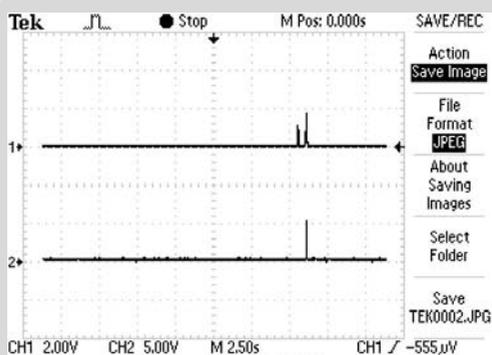
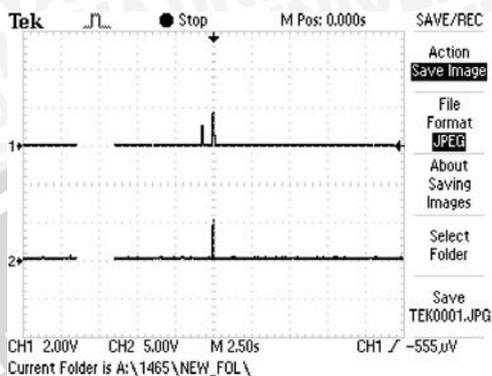
2. Gambar sinyal *output* sensor piezoelektrik dan sinyal komparator setelah dilakukan pengondisi sinyal

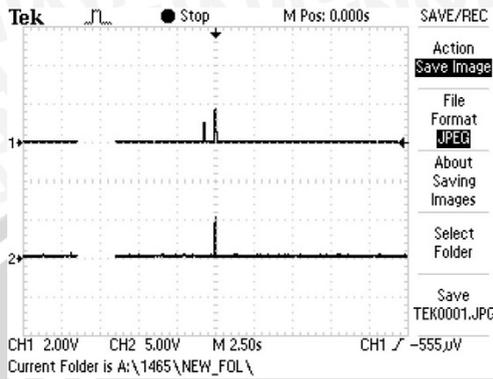




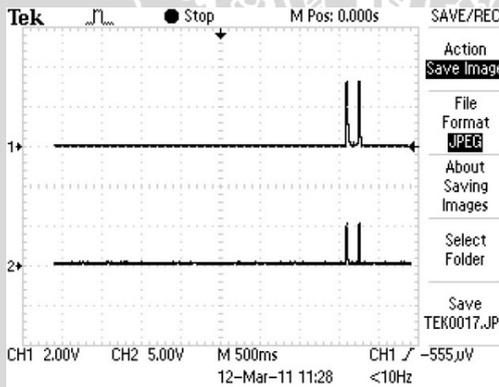
3. Gambar sinyal *ouput* pengujian sepeda dan sinyal komparator yang dihasilkan

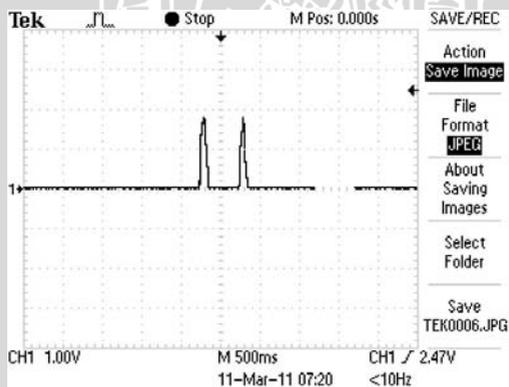
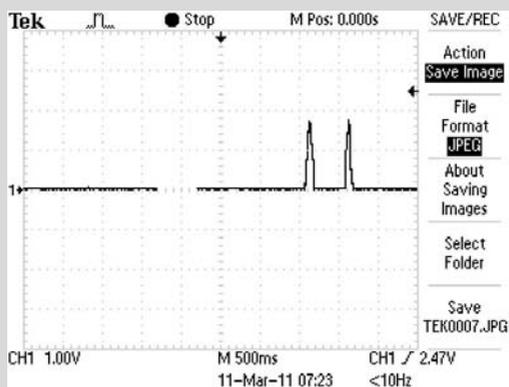
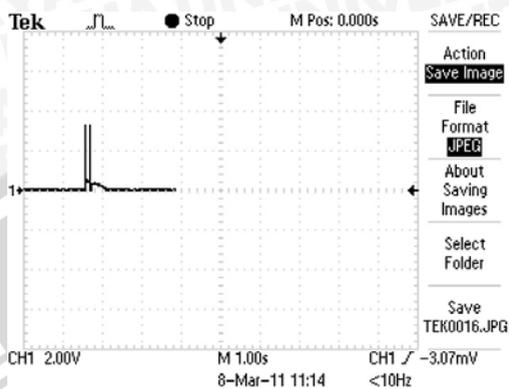


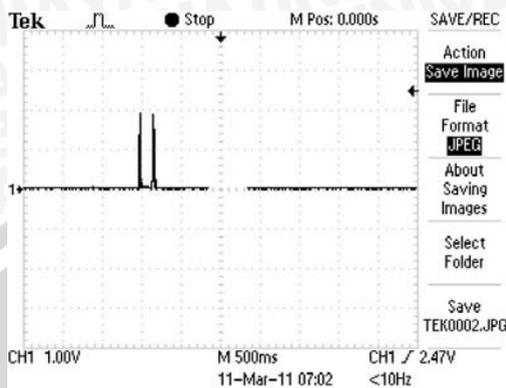




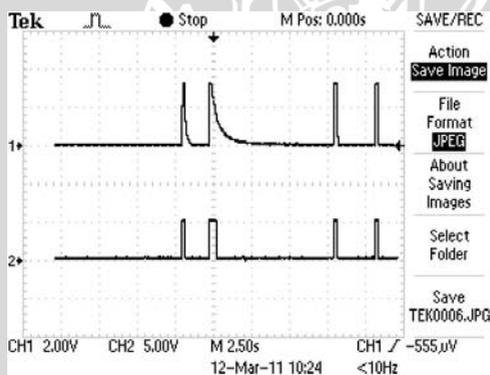
4. Gambar sinyal *ouput* pengujian motor dan sinyal komparator yang dihasilkan

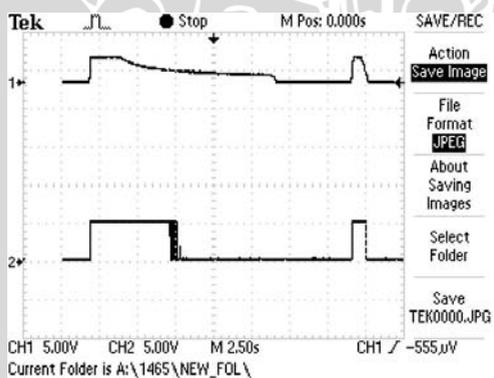
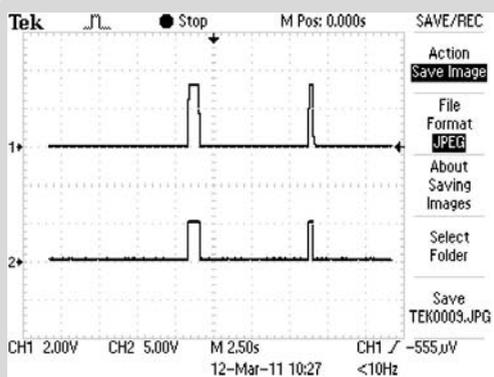
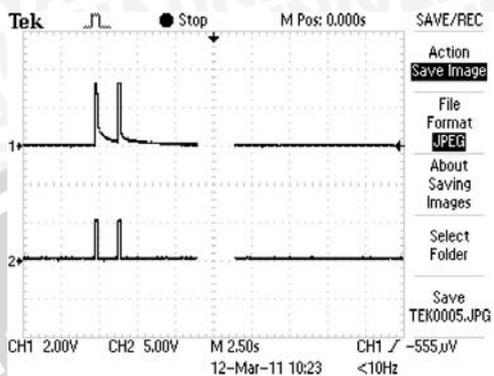


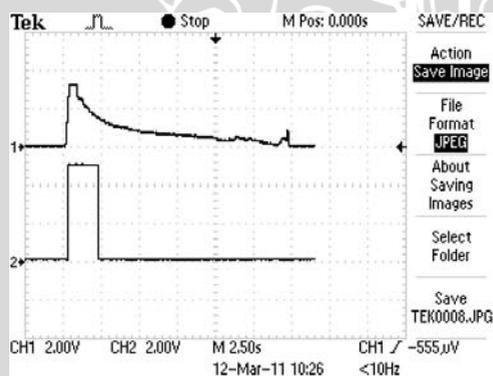
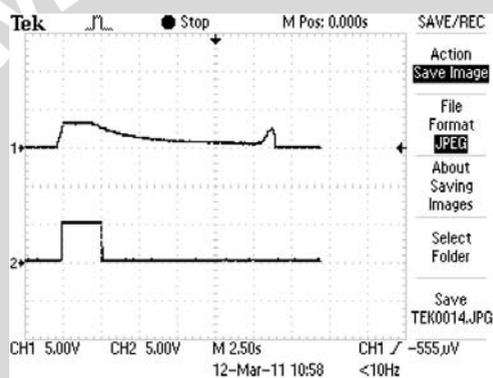
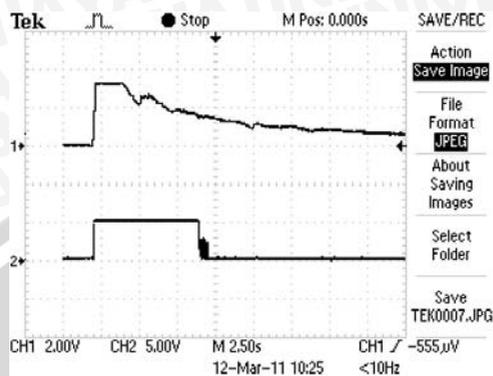


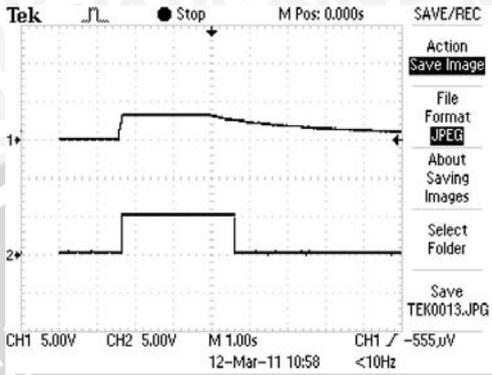


5. Gambar sinyal *ouput* pengujian mobil dan sinyal komparator yang dihasilkan

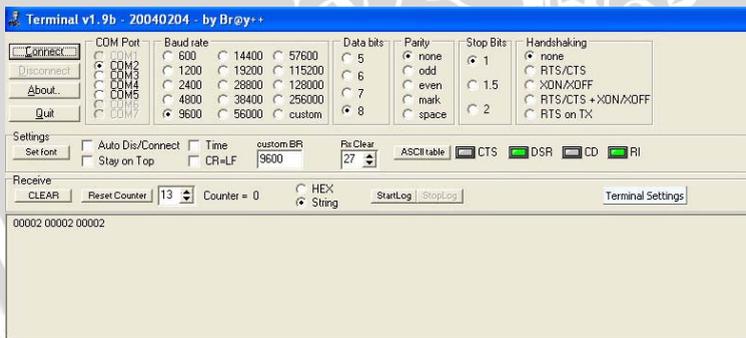
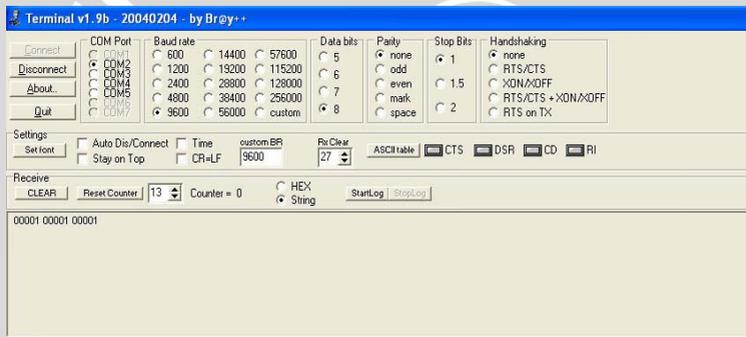
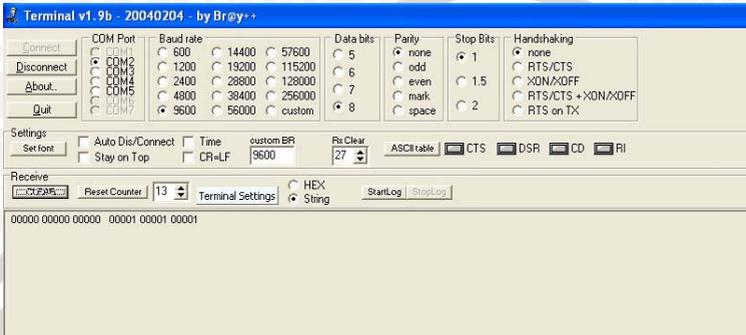








Lampiran 4. Gambar penerimaan data pada komputer



Lampiran 5. Source code program mikrokontroler

/******
This program was produced by the
CodeWizardAVR V1.24.7d Evaluation
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2005 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>
e-mail:office@hpinfotech.com

Project : Afrodit Project
Version : 07012011
Date : 01/07/2011
Author : Ali Muchson
Company : UB
Comments : Alhamdulillah
Chip type : ATmega8535
Program type : Application
Clock frequency : 4.000000 MHz
Memory model : Small
External SRAM size : 0
Data Stack size : 128

#include <mega8535.h>
#include <delay.h>
#include <stdlib.h>
void buat_format1(unsigned int data1);
void buat_format2(unsigned int data2);
void buat_format3(unsigned int data3);
unsigned char satuan1,puluhan1,ratusan1,ribuan1,puluh1;
unsigned char satuan2,puluhan2,ratusan2,ribuan2,puluh2;
unsigned char satuan3,puluhan3,ratusan3,ribuan3,puluh3;
unsigned int data1=0;
unsigned int data2=0;

```
unsigned int data3=0;
unsigned int cacah=0;
// External Interrupt 0 service routine
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
// Place your code here
data1++;
}

// External Interrupt 1 service routine
interrupt [EXT_INT1] void ext_int1_isr(void)
{
// Place your code here
data2++;
}

// External Interrupt 2 service routine
interrupt [EXT_INT2] void ext_int2_isr(void)
{
// Place your code here
data3++;
}

// Standard Input/Output functions
#include <stdio.h>

// Timer 0 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
// Reinitialize Timer 0 value
TCNT0=0xDA;
cacah++;
// Place your code here

if(cacah==1205)
{
data1=0;
data2=0;
```

```

data3=0;
cacah=0;
}
}

// Declare your global variables here
void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x00;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In

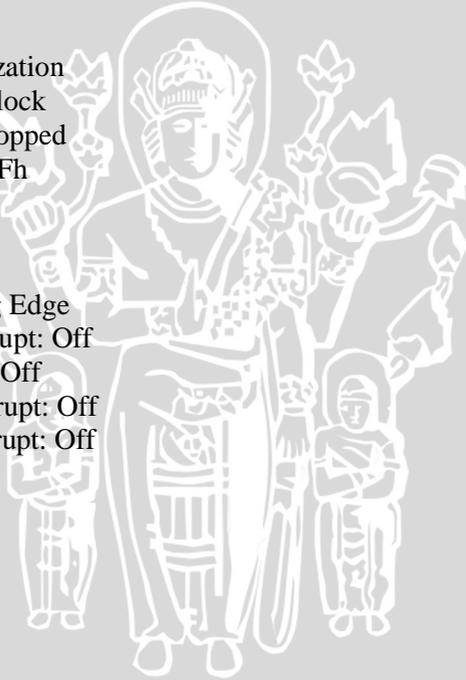
```

```
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T  
State1=T State0=T  
PORTD=0x00;  
DDRD=0x00;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: 3.906 kHz  
// Mode: Normal top=FFh  
// OC0 output: Disconnected  
TCCR0=0x05;  
TCNT0=0xDA;  
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: Timer 1 Stopped  
// Mode: Normal top=FFFFh  
// OC1A output: Discon.  
// OC1B output: Discon.  
// Noise Canceler: Off  
// Input Capture on Falling Edge  
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off  
// Input Capture Interrupt: Off  
// Compare A Match Interrupt: Off  
// Compare B Match Interrupt: Off  
TCCR1A=0x00;  
TCCR1B=0x00;  
TCNT1H=0x00;  
TCNT1L=0x00;  
ICR1H=0x00;  
ICR1L=0x00;  
OCR1AH=0x00;  
OCR1AL=0x00;  
OCR1BH=0x00;  
OCR1BL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization
```



```
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: On
// INT0 Mode: Rising Edge
// INT1: On
// INT1 Mode: Rising Edge
// INT2: On
// INT2 Mode: Rising Edge
GICR|=0xE0;
MCUCR=0x0F;
MCUCSR=0x40;
GIFR=0xE0;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x01;

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x18;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x19;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
```

```
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
```

```
ACSR=0x80;
```

```
SFIOR=0x00;
```

```
// Global enable interrupts
```

```
#asm("sei")
```

```
//Syntax Tes
```

```
printf("COBA!!!");
```

```
while (1)
```

```
{
```

```
    // Place your code here
```

```
    //Syntax Kirim Data
```

```
    if(cacah==1000)
```

```
    {
```

```
        putchar(' ');
```

```
        buat_format1(data1);
```

```
        putchar(' ');
```

```
        buat_format2(data2);
```

```
        putchar(' ');
```

```
        buat_format3(data3);
```

```
        putchar(' ');
```

```
        putchar(' ');
```

```
    }
```

```
};
```

```
}
```

```
//Syntax Membuat Format Data Kirim SMS untuk Motor, Mobil  
Sedang, dan Mobil berat
```

```
void buat_format1(unsigned int data1)
```

```
{
```

```
    unsigned int data_f;
```

```
    data_f=data1;
```

```
    satuan1=data_f%10;
```

```
    putchar(puluh1+'0');
```

```
    data_f/=10;
```

```
    puluhan1=data_f%10;
```

```
putchar(ribuan1+'0');
data_f/=10;
ratusan1=data_f%10;
putchar(ratusan1+'0');
data_f/=10;
ribuan1=data_f%10;
putchar(puluhan1+'0');
data_f/=10;
puluh1=data_f%10;
putchar(satuan1+'0');
}
```

```
void buat_format2(unsigned int data2)
```

```
{
    unsigned int data_f;
    data_f=data2;
    satuan2=data_f%10;
    putchar(puluh2+'0');
    data_f/=10;
    puluhan2=data_f%10;
    putchar(ribuan2+'0');
    data_f/=10;
    ratusan2=data_f%10;
    putchar(ratusan2+'0');
    data_f/=10;
    ribuan2=data_f%10;
    putchar(puluhan2+'0');
    data_f/=10;
    puluh2=data_f%10;
    putchar(satuan2+'0');
}
```

```
void buat_format3(unsigned int data3)
```

```
{
    unsigned int data_f;
    data_f=data3;
    satuan3=data_f%10;
    putchar(puluh3+'0');
```

```
data_f/=10;
puluhan3=data_f%10;
putchar(ribuan3+'0');
data_f/=10;
ratusan3=data_f%10;
putchar(ratusan3+'0');
data_f/=10;
ribuan3=data_f%10;
putchar(puluhan3+'0');
data_f/=10;
puluh3=data_f%10;
putchar(satuan3+'0');
}
```

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

