

**SISTEM PENGHITUNG JARAK DAN KECEPATAN KERETA API  
MENGUNAKAN SENSOR *ACCELEROMETER* MMA7361 SEBAGAI SARANA  
INFORMASI BAGI PENUMPANG**

**PUBLIKASI JURNAL SKRIPSI**



Disusun Oleh:

**ABU ISMAIL PRIBADI  
NIM. 105060300111068 – 63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2014**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Jalan MT Haryono 167 Telp & Fax. 0341 554166 Malang 65145

**KODE  
PJ-01**

**PENGESAHAN**  
**PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**NAMA : ABU ISMAIL PRIBADI**  
**NIM : 105060300111068**  
**PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRONIKA**  
**JUDUL SKRIPSI : SISTEM PENGHITUNG JARAK DAN KECEPATAN KERETA**  
**API MENGGUNAKAN SENSOR ACCELEROMETER MMA7361**  
**SEBAGAI SARANA INFORMASI BAGI PENUMPANG**

**TELAH DI-*REVIEW* DAN DISETUJUI ISINYA OLEH:**

**Pembimbing 1**

**Pembimbing 2**

**Nurussa'adah, Ir., MT.**  
**NIP. 19680706 199203 2 001**

**Akhmad Zainuri, ST., MT.**  
**NIP. 19840120 201212 1 003**

# SISTEM PENGHITUNG JARAK DAN KECEPATAN KERETA API MENGUNAKAN SENSOR ACCELEROMETER MMA7361 SEBAGAI SARANA INFORMASI BAGI PENUMPANG

Abu Ismail Pribadi.<sup>1</sup>, Nurussa'adah, Ir., MT.<sup>2</sup>, Akhmad Zainuri, ST., MT.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, <sup>2</sup>Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: [abu.ismail.23@gmail.com](mailto:abu.ismail.23@gmail.com)

**Abstrak**— Kereta api merupakan alat transportasi darat yang digemari masyarakat karena dapat dinikmati berbagai kalangan dari ekonomi rendah sampai tinggi. Banyak kasus barang tertinggal karena terburu – buru dan tertidur hingga melewati stasiun yang dituju oleh penumpang kereta api. Salah satu solusinya adalah penggunaan teknologi informasi transportasi kereta api baik tulisan maupun lisan tentang berapa jarak, dan kecepatan untuk menuju ke stasiun berikutnya. Penelitian ini menggunakan sensor *accelerometer* MMA7361 sebagai sensor utama untuk menghitung kecepatan dan jarak yang telah ditempuh kereta api dari stasiun awal. Data keluaran sensor berupa tegangan analog yang akan disambungkan dengan ADC (*Analog to Digital Converter*) pada mikrokontroler ATmega32. Informasi yang akan diterima penumpang ditampilkan melalui LCD (*Lyquid Crystal Display*) dan suara dikeluarkan melalui *speaker*. Metode konversi dari nilai percepatan menjadi kecepatan dan jarak menggunakan integral dengan metode *Runge-Kutta* dengan pendekatan trapezoid. Pengujian sensor untuk menghitung kecepatan didapatkan hasil pengujian error rata – rata sebesar 1,17% dengan error terbesar pada kecepatan 20 km/h sebesar 1,92%. Pengujian sensor untuk menghitung jarak didapatkan error rata – rata sebesar 3,07% dengan error terbesar pada jarak 50 cm sebesar 6,20%. Pengujian keseluruhan sistem didapatkan error rata – rata sebesar 3,21 % untuk pengujian kecepatan dan sistem mampu memberikan informasi tepat 1 km dari jarak yang terukur sebelum mencapai stasiun tujuan.

**Kata Kunci**—sensor *accelerometer* MMA7361, ATmega32, metode *Runge-Kutta*, jarak dan kecepatan Kereta Api.

## I. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan sebuah kebutuhan pokok manusia. Hal ini dikarenakan manusia bukan makhluk *stasioner* (menetap), mereka perlu melakukan perpindahan dari satu tempat ke tempat lain untuk memenuhi kebutuhan mereka. Berdasarkan hal tersebut diciptakanlah alat transportasi untuk mempermudah manusia untuk memenuhi kebutuhannya. Alat transportasi tersebut ada yang beroperasi di darat, laut, dan udara.

Salah satu contoh alat transportasi darat yaitu kereta api. Kereta api merupakan salah satu alat transportasi darat yang sangat dominan dan diandalkan di Indonesia. Hal ini dikarenakan kereta api memiliki banyak kelebihan dari angkutan lain terutama sebagai solusi dari masalah kemacetan yang terjadi di tanah air.

Peningkatan jumlah penumpang kereta api seperti ini belum diiringi dengan peningkatan pelayanan bagi pengguna transportasi kereta api. Sedikitnya informasi tentang keberadaan penumpang saat berada di dalam kereta api membuat banyak penumpang bingung stasiun mana yang akan dituju selanjutnya dan kira-kira membutuhkan jarak berapa kilometer lagi untuk mencapai stasiun tersebut. Apalagi untuk penumpang yang tidak biasa menggunakan kereta api sebagai alat transportasinya ataupun penumpang yang berasal dari kota atau provinsi yang lain. Informasi mengenai seberapa jauh stasiun yang akan dituju akan memudahkan penumpang untuk mengetahui apakah dia sudah waktunya turun dari kereta api atau belum. Sehingga apabila memang sudah waktunya untuk turun dari kereta api, penumpang tersebut bisa mempersiapkan terlebih dahulu barang bawaan mereka agar tidak tertinggal. Selama ini banyak sekali kasus-kasus barang bawaan yang tertinggal karena para penumpang tergesa-gesa keluar dari kereta api.

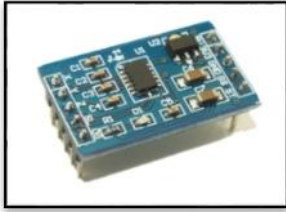
Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat pesat, sangat mungkin sekali untuk membuat sebuah alat yang dapat mengatasi masalah tersebut. Salah satunya dengan memanfaatkan sensor *accelerometer* MMA7361 untuk mengetahui kecepatan dan jarak kereta api. Jika sudah diketahui kecepatan dan jarak kereta api ke stasiun terdekat maka dapat diperkirakan berapa lama waktu yang ditempuh.

Berdasarkan hal tersebut, dalam penelitian ini akan dirancang dan dibuat suatu alat yang bisa membantu penumpang kereta api memperoleh informasi mengenai kecepatan dan jarak dari stasiun awal kereta api dan berapa lama waktu yang ditempuh ke stasiun terdekat.

## II. DASAR TEORI

### Sensor *Accelerometer*

Tegangan keluaran sensor *accelerometer* (mV/g) menunjukkan percepatan dari benda yang melekat padanya, dengan g adalah gravitasi bumi. *Accelerometer* tipe MMA7361 dapat digunakan untuk mengukur percepatan pada tiga sumbu pengukuran, yaitu terhadap sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. Gambar 1 merupakan bentuk fisik dari sensor *accelerometer* MMA7361.



Gambar 1. Bentuk Fisik MMA7361 [1]

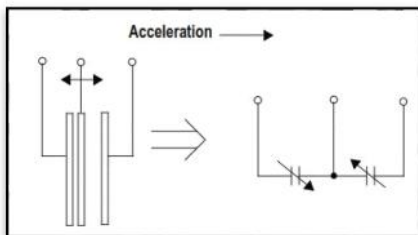
Sensor *accelerometer* MMA7361 dapat digunakan untuk mengukur percepatan positif maupun percepatan negatif. Ketika sensor dalam keadaan diam, keluaran sensor pada sumbu x akan menghasilkan tegangan *offset* yang besarnya setengah dari tegangan masukan sensor ( $V_{dd}$ ). Tegangan *offset accelerometer* dipengaruhi oleh orientasi sensor dan percepatan statis tiap sumbu akibat gaya gravitasi bumi. Untuk percepatan positif maka tegangan keluaran akan meningkat di atas tegangan *offset*, sedangkan untuk percepatan negatif tegangan keluaran akan semakin menurun di bawah tegangan *offset*. Dengan mode *g-range* 1,5 g, maka tegangan keluaran maksimal sensor dapat dihitung dengan Persamaan (1).

$$V_{o\ maks} = V_{offset} + (perc.maks \times sensitifitas)..... (1)$$

*Accelerometer* MMA7361 ini bekerja menggunakan prinsip konversi kapasitansi (C) ke tegangan. Alat ini terdiri dari dua permukaan sel mesin mikro yang bersifat kapasitif atau disebut juga *g-cell*. Struktur mekanik *g-cell* terbuat dari bahan semikonduktor (*polysilicon*) dan dapat dimodelkan sebagai sepasang sinar yang terpancarkan pada suatu benda yang bergerak diantara dua sumber sinar tetap. Benda tersebut akan bergerak ketika ada percepatan. Karena sinar terpancarkan pada benda yang bergerak, maka jarak antara benda dengan sumber sinar tetap pada satu sisi akan bertambah sejumlah berkurangnya jarak pada sisi yang lain. Hal ini menyebabkan berubahnya nilai masing – masing kapasitor yang dapat dirumuskan pada Persamaan (2).

$$C = (A/D) ..... (2)$$

A adalah luas bidang yang dipancarkan sinar, merupakan konstanta dielektrik, dan D adalah jarak antara sinar tetap dengan benda yang bergerak[1]. Gambar 2 merupakan model transduser *g-cell*.



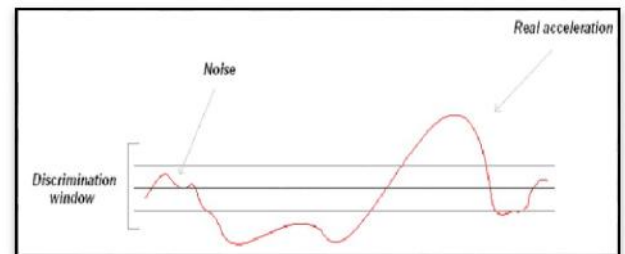
Gambar 2. Model Transduser *g-cell* [1]

Data kecepatan dan jarak bisa didapatkan dari hasil integral dari percepatan. Salah satu metode untuk integral adalah metode Runge-Kutta seperti ditunjukkan dalam Persamaan (3).

$$x_k = x_{k-1} + h/2[f(x_k, t_k) + f(x_{k-1}, t_{k-1})]..... (3)$$

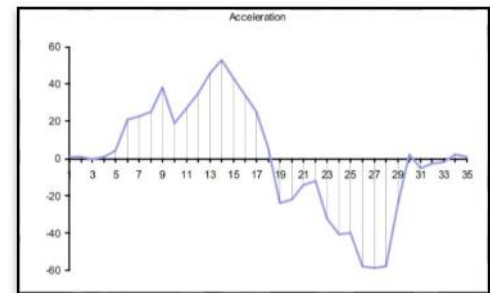
Berdasarkan Persamaan (3) dapat diketahui bahwa hasil integral saat ini ( $X_k$ ) dipengaruhi oleh hasil integral sebelumnya ( $X_{k-1}$ ), masukan saat ini ( $f(x_k, t_k)$ ), dan masukan sebelumnya, serta waktu cuplik antar data masukan ( $h$ ). Proses penghitungan ini dipengaruhi oleh waktu cuplik data, sehingga jeda waktu cuplik data ( $h$ ) harus selalu konstan dan dibuat sekecil mungkin untuk menghindari kesalahan perhitungan. Meskipun sudah ada filter internal dari, data dari sensor *accelerometer* masih terdapat kemungkinan mengandung *error* akibat derau mekanik. Derau mekanik ini terjadi pada *micromachine*, yang antara lain disebabkan oleh vibrasi mekanik dan pergerakan *electron*. Ketika sensor dalam kondisi tidak bergerak sejumlah *error* tersebut akan terjumlahkan. Pada kondisi ideal, ketika sensor tidak bergerak maka sinyal keluaran akan konstan pada tegangan *offset*. Oleh karena itu dibutuhkan metode yang dapat mengasumsikan sejumlah *error* kecil tadi sebagai tegangan *offset* yang konstan. Metode tersebut disebut dengan *discrimination window*. Dengan adanya metode ini maka daerah yang terletak antara data yang valid dengan data yang tidak valid akan mendapatkan perlakuan khusus [2].

Data yang berada dalam *discrimination window* akan dianggap sebagai derau. Percepatan yang sebenarnya adalah data di luar *discrimination window*. Tegangan derau inilah yang akan menjadi acuan dalam menentukan batas atas dan batas bawah dari metode *discrimination window*. Gambar 3 merupakan penerapan metode *discrimination window*



Gambar 3. Metode *Discrimination Window* [3]

Saat sensor digerakkan respon tegangan keluaran dari *accelerometer* berbentuk sinusoida seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Tegangan Keluaran *Accelerometer* [3]

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran di atas tegangan *offset* merupakan percepatan yang bernilai positif, kemudian mengalami perlambatan sampai kembali ke titik nol[3].

### III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

#### A. Penentuan Spesifikasi Alat

Penentuan spesifikasi alat ini, bertujuan agar dapat dibuat alat yang sesuai dengan yang direncanakan dan dapat bekerja dengan efektif serta efisien. Alat yang dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Alat yang akan dibuat berbahan dasar mika.
- 2) Dimensi alat berukuran 20cm x 15cm x 5cm.
- 3) Mikrokontroler yang digunakan ATmega 32 sebagai pengolah data dari sensor.
- 4) Modul sensor yang digunakan adalah MMA7316.
- 5) Data yang diolah berupa tegangan analog yang masuk ke ADC mikrokontroler.
- 6) Suara yang akan dikeluarkan sudah tersimpan pada modul MP3 player melalui *speaker*.
- 7) LCD digunakan untuk menampilkan nama stasiun tujuan beserta jarak dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapainya.
- 8) Alat akan mengeluarkan suara jika jarak kurang dari 1Km sebelum sampai di stasiun terdekat.

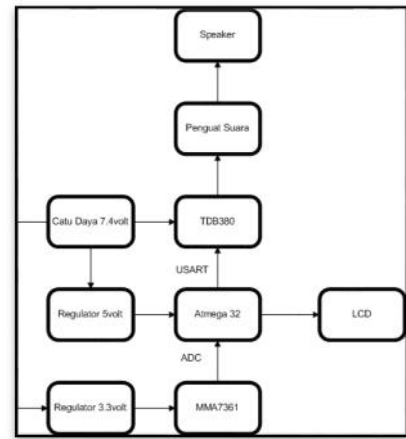
Berdasarkan spesifikasi yang dibutuhkan, dibuatlah perancangan sistem. Gambar 5 menunjukkan desain alat perhitungan kecepatan dan jarak pada kereta api.



Gambar 5. Alat Penghitung Kecepatan dan Jarak

#### B. Perancangan Sistem

Alat ini dilengkapi dengan tampilan LCD dan *speaker* untuk informasi kepada pengguna. Catu daya sebesar 7.4 volt dengan baterai LiPo(Litium polimer) 2 cell dihubungkan dengan *regulator* tegangan 5 volt dan *regulator* tegangan 3,3 volt. Mikrokontroler yang digunakan dari keluarga AVR yaitu ATmega32. Sensor *accelerometer* yang digunakan yaitu MMA7361. Modul MP3 yang digunakan yaitu TDB380 dengan *microSD* sebesar 2GB. *Regulator* 5 volt berfungsi sebagai catu daya mikrokontroler sedangkan *regulator* 3,3 volt sebagai catu daya sensor *accelerometer*. Sensor *accelerometer* terhubung dengan pin ADC pada mikrokontroler. Modul MP3 TDB380 menggunakan komunikasi USART untuk menerima perintah dari mikrokontroler. Sedangkan *PORT C* pada mikrokontroler digunakan untuk LCD. Gambar 6 menunjukkan diagram blok perancangan sistem perhitungan kecepatan dan jarak pada kereta api.

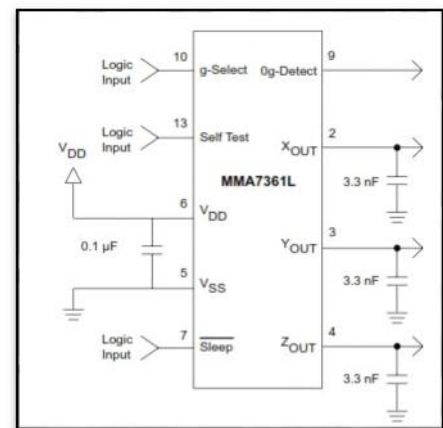


Gambar 6. Diagram Blok Sistem

#### C. Perancangan Rangkaian Sensor *Accelerometer* MMA7361

Sensor *accelerometer* MMA7361 digunakan untuk mengukur percepatan suatu benda yang bergerak yang kemudian dikonversi menjadi kecepatan dan jarak. Sensor *accelerometer* beroperasi pada tegangan 2,2 – 3,6 volt dengan tegangan tipikal sebesar 3,3 volt. Keluaran sensor *accelerometer* MMA7361 berupa tegangan analog yang merepresentasikan data percepatan dalam satuan gravitasi (g).

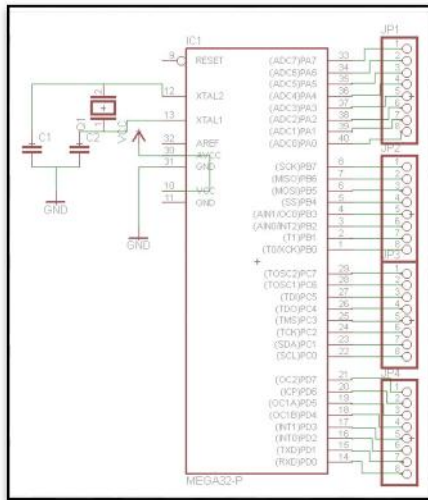
Sensor *accelerometer* MMA7361 memiliki tingkat sensitifitas yang dapat dipilih yaitu 1.5g dan 6g. Tingkat sensitifitas dapat dipilih dengan pin *g-select*. Pemasangan kapasitor sebesar 0.1uF pada catu daya sensor bertujuan untuk meredam *noise* yang diakibatkan oleh rangkaian lainnya. Sedangkan pemasangan kapasitor 3.3nF pada pin keluaran sensor bertujuan untuk meminimalkan *clock noise*(dari pergantian rangkaian filter kapasitor). Pin keluaran sensor dalam sistem ini disambungkan ke pin ADC(Analog to Digital Converter) pada mikrokontroler. Gambar 7 menunjukkan skematik sensor *accelerometer* MMA7361.



Gambar 7. Skematik sensor MMA7361

#### D. Perancangan Rangkaian Mikrokontroler

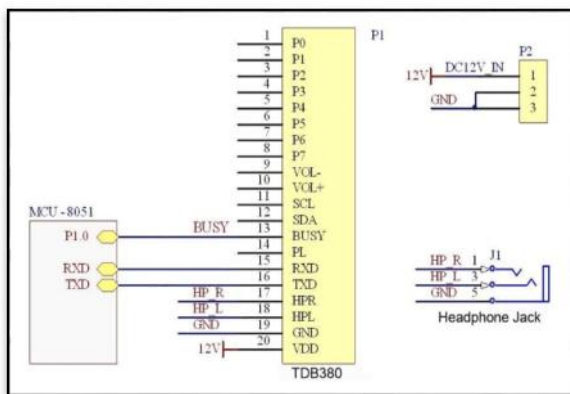
Mikrokontroler yang digunakan untuk mengolah data dari sensor *accelerometer* yaitu ATmega32. Mikrokontroler ATmega32 beroperasi pada tegangan sebesar 5 volt. Rangkaian minimum sistem ATmega 32 menggunakan *crystal* sebesar 16MHz. Gambar 8 menunjukkan skematik minimum sistem ATmega 32.



Gambar 8. Skematik Minimum Sistem ATmega32

#### E. Perancangan Rangkaian MP3 TDB380

Rangkaian Modul MP3 TDB380 beroperasi pada tegangan 6 – 24 volt dengan tegangan tipikal 12 volt. Modul TDB380 ini menggunakan komunikasi USART(Universal Serial Asynchronous Receiver Transmitter). MikroSD 2GB sebagai penyimpanan suara yang akan menjadi informasi bagi penumpang. Gambar 9 menunjukkan gambar konfigurasi pin dari modul MP3 TDB380.

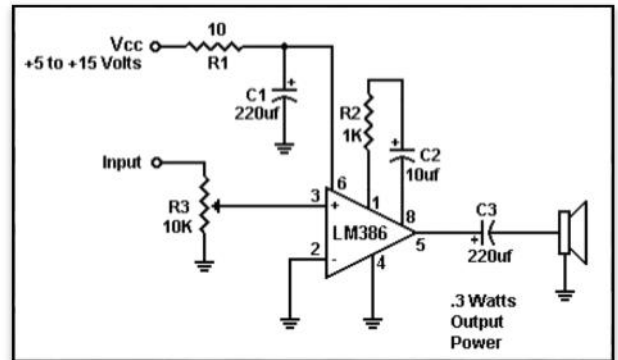


Gambar 9. Konfigurasi Pin TDB380 [4]

#### F. Perancangan Rangkaian Penguat Suara

Rangkaian penguat suara digunakan untuk menguatkan sinyal audio dari modul MP3 TDB380 ke *speaker*. Rangkaian penguat suara ini menggunakan ic *op-amp*(operational amplifier) LM386 dengan penguatan sebesar 50 kali. *Op-amp* LM386 beroperasi pada tegangan 5 – 18 volt dengan penguatan tegangan 20 – 200 kali.

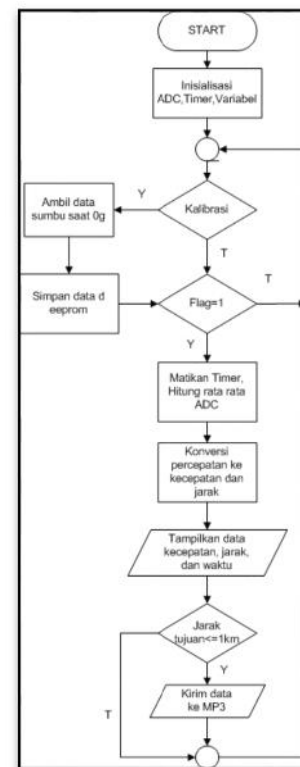
Rangkaian ini menggunakan kapasitor sebesar 220uF sebelum *speaker* bertujuan untuk melewati sinyal informasi saja. Sehingga ketika keluaran *op-amp* berupa tegangan DC maka kapasitor akan open circuit dan tidak akan tersambung dengan *speaker*. Gambar 10 menunjukkan skematik rangkaian penguat suara menggunakan LM386.



Gambar 10. Skematik Penguat Suara LM386

#### G. Perancangan Perangkat Lunak

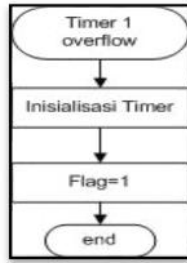
Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan membuat diagram alir program terlebih dahulu sebelum kemudian menuliskan dengan menggunakan bahasa C dalam program kompilator CVAVR 2.05. Gambar 11 merupakan gambar diagram alir program.



Gambar 11. Diagram Alir Program Utama

Program dimulai dengan inisialisasi register *timer*, ADC, dan variabel yang dibutuhkan. Langkah selanjutnya dengan kalibrasi sensor untuk mengambil data disaat posisi sensor dalam keadaan 0g atau diam. Data kalibrasi sensor disimpan pada *EEPROM* internal mikrokontroler supaya ketika alat digunakan di tempat yang sama tidak diperlukan kalibrasi kembali. Ketika program dimulai maka register *timer* akan mencacah sampai terjadi *overflow* kemudian program akan melompat ke fungsi *timer overflow*. Pada fungsi *timer* terdapat variabel *flag* yang diset sama dengan satu. Gambar 12 merupakan gambar diagram alir untuk *timer*.





Gambar 12. Diagram Alir Timer 1 *interrupt overflow*

Variabel *flag* sama dengan satu maka mikrokontroler memulai untuk mengambil data ADC dari sensor yang kemudian diambil rata – rata. Sampling pengambilan data ADC dilakukan tiap 500us. Setelah data ADC selesai diambil dilanjutkan dengan mengkonversi data ADC menjadi percepatan. Percepatan itulah yang nantinya dikonversi menjadi kecepatan dan jarak. Berikut ini merupakan program untuk mengkonversi data dari *accelerometer*.

$$\begin{aligned}
 A_x &= (\text{float})(V_{ox} - g_{0x}) / (g_{1x} - g_{0x}); \\
 V_x &= V_x + (0.05/2.0) * (A_x + A_{x1}); \\
 A_{x1} &= A_x; \\
 S_x &= S_x + (0.05/2.0) * (V_x + V_{x1}); \\
 V_{x1} &= V_x;
 \end{aligned}$$

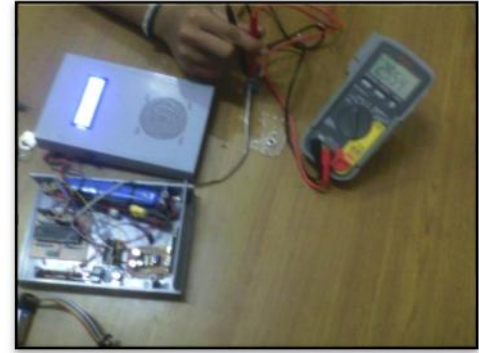
Program untuk menghitung percepatan pada sumbu x ( $A_x$ ) sama dengan hasil rata – rata ADC ( $V_{ox}$ ) dikurangi dengan hasil kalibrasi sumbu x saat keadaan 0g ( $g_{0x}$ ) dibagi selisih dari hasil kalibrasi saat keadaan 1g ( $g_{1x}$ ) dengan keadaan 0g ( $g_{0x}$ ). Setelah itu data kecepatan ( $V_x$ ), jarak ( $S_x$ ) dan waktu ditampilkan di LCD. Jika jarak stasiun tujuan kurang dari sama dengan 1 Km maka mikrokontroler mengirim data ke modul MP3 dan akan diinformasikan ke penumpang melalui *speaker*.

#### IV. Pengujian dan Analisis

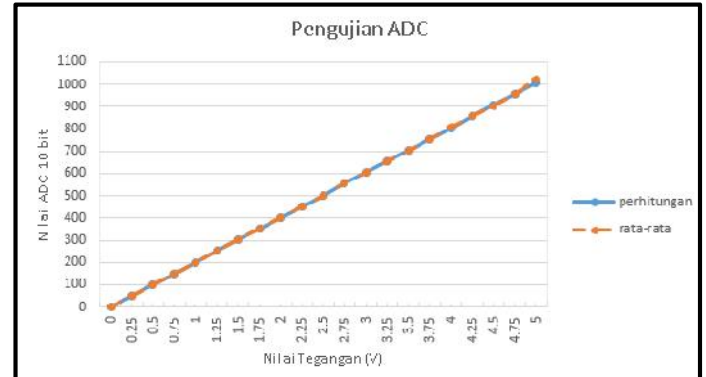
Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja sesuai perancangan.

##### A. Pengujian ADC Mikrokontroler

Pengujian ADC mikrokontroler bertujuan untuk mengetahui berapa besar *error* pembacaan mikrokontroler membaca tegangan dari sensor. Pengujian ini menggunakan *potensio* untuk mengubah nilai resistansi sehingga nilai tegangan yang masuk pada pin ADC mikrokontroler dapat diatur. ADC yang digunakan pada sistem dan pengujian ini menggunakan 10 bit. Gambar 13 merupakan cara pengujian dan Gambar 14 hasil dari pengujian ADC mikrokontroler.



Gambar 13. Pengujian ADC Mikrokontroler



Gambar 14. Grafik Hasil Pengujian ADC

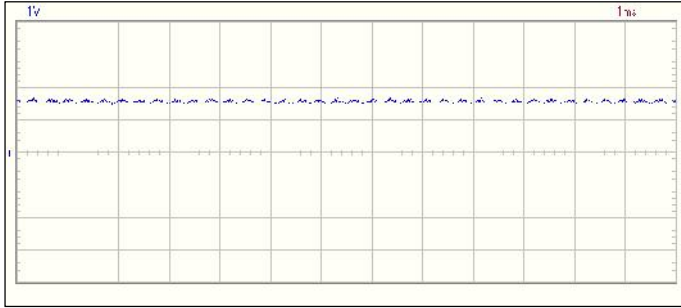
Gambar di atas menunjukkan bahwa hasil pengujian mendekati dengan hasil perhitungan. Pengujian dilakukan rentang tegangan 0 – 5 volt dengan selisih 0,25 volt. Hasil perhitungan didapatkan dari persamaan 4.

$$\text{Nilai ADC} = \left( \frac{V_{in}}{V_{ref}} \right) \times (2^n - 1) \dots\dots\dots (4)$$

Tegangan referensi ( $V_{ref}$ ) pada mikrokontroler sebesar 5.08 volt diukur dengan voltmeter. Dengan persamaan diatas didapatkan nilai ADC dari yang kemudian dibandingkan dengan nilai yang dibaca mikrokontroler. Dari pengujian ini didapatkan *error* rata – rata sebesar 0,5%.

##### B. Pengujian Sensor *Accelerometer* MMA7361

Pengujian sensor *accelerometer* ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sensor mulai dari keadaan diam maupun bergerak. Pengujian ini dilakukan hanya pada satu sumbu saja yaitu sumbu – x. Pengujian dilakukan dengan osiloskop PC lab 2000 SE dengan *time/div* sebesar 1ms dan *volt/div* sebesar 1 volt. Gambar 15 menunjukkan tegangan keluaran pada sensor pada saat diam.



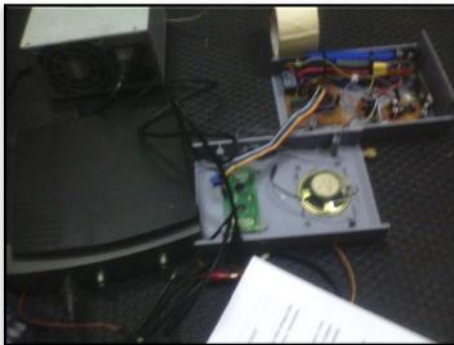
Gambar 15. Tegangan Keluaran Sensor saat diam

Gambar 15 menunjukkan bahwa tegangan keluaran sensor pada saat diam terdapat *noise*. Sehingga diperlukan metode *discrimination window* agar *noise* tidak dianggap sebagai percepatan pada sensor. Berikut ini merupakan program metode *discrimination window*.

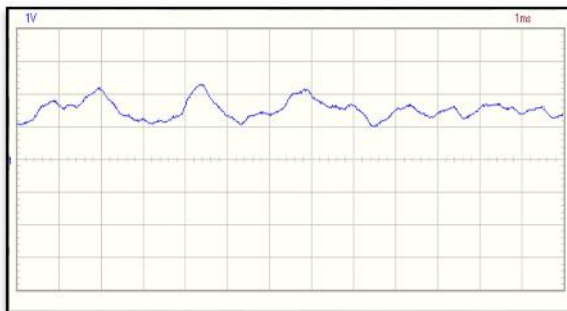
```
if(Vox>bts1 && Vox<bts2)
{
Vox=(float)g0x;
}
```

Metode ini menganggap *noise* yang terjadi pada saat sensor diam dianggap sama dengan hasil kalibrasi ketika sensor dalam keadaan 0g ( $g_{0x}$ ). Selisih *noise* dari tegangan *offset* ( $V_{dd}/2$ ) dijadikan sebagai batas bawah ( $bts_1$ ) dan batas atas ( $bts_2$ ).

Pengujian berikutnya yaitu pengujian pada saat sensor digerakkan searah dengan sumbu – x. pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan keluaran dari sensor saat digerakkan. Gambar 16 dan Gambar 17 merupakan pengambilan data serta hasil tegangan keluaran dari sensor saat digerakkan.



Gambar 16. Pengambilan data saat sensor digerakkan



Gambar 17. Tegangan Keluaran saat sensor bergerak

Gambar 17 menunjukan bahwa tegangan keluaran yang melebihi dari tegangan *offset* ( $V_{dd}/2$ ) merupakan percepatan dan yang dibawah tegangan *offset* merupakan perlambatan.

Setelah didapatkan data percepatan kemudian dilakukan pengujian untuk mendapatkan kecepatan. Pengujian kecepatan

dilakukan menggunakan motor dan mobil dengan kecepatan yang berbeda. Tabel 1 di bawah ini merupakan hasil pengujian kecepatan menggunakan sensor *accelerometer*.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kecepatan Sumbu - x.			
Pengujian Kecepatan			
Sumbu	Rata - rata	Kec. Yang ditampilkan Speedometer	Error
X	9.94	10	0.57%
	19.62	20	1.92%
	30.31	30	1.02%
Error Rata - rata			1.17%

Pengujian dilakukan dengan mengambil hasil rata – rata dari tiga kali pengujian dengan kecepatan yang berbeda – beda. Kecepatan yang diuji yaitu ketika kecepatan mencapai 10 – 30 Km/h. Dari hasil pengujian didapatkan *error* rata – rata sebesar 1,17%.

Pengujian jarak digunakan untuk mengetahui besarnya nilai *error* pada tiap jarak. Jarak yang diuji dari 0 – 200 cm dengan selisih 50 cm untuk tiap pengujian. Gambar 19 merupakan cara pengambilan data untuk jarak.



Gambar 18. Pengambilan data jarak

Pengujian jarak dilakukan sepuluh kali dan kemudian diambil rata – rata. Hasil dari pengujian jarak ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Jarak Sumbu – x			
Pengujian Jarak			
Sumbu	Rata - rata	Jarak Sebenarnya	Error
X	0.00	0	0.00%
	46.90	50	6.20%
	98.10	100	1.90%
	155.30	150	3.53%
	207.40	200	3.70%
Error rata-rata			3.07%

Hasil pengujian jarak pada sumbu – x didapatkan *error* rata – rata sebesar 3,07%. Hal ini dikarenakan pada saat konversi dari percepatan menjadi kecepatan terdapat *error* rata – rata sebesar 1,17%. Sehingga saat konversi dari kecepatan menjadi jarak terjadi penjumlahan pada nilai *error*.



### C. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian dilakukan dengan kereta api Pandanwangi dengan rute Karangasem – Banyuwangi baru. Pengujian keseluruhan sistem bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem pada kereta api. Hasil pengujian kecepatan pada kereta api dibandingkan dengan menggunakan aplikasi sygic dari *handphone*. Aplikasi ini merupakan aplikasi untuk mencari jalan raya menggunakan GPS dengan tampilan map dan kecepatan. Jarak dari stasiun Karangasem menuju stasiun Banyuwangi baru sepanjang 11 km. Pengujian dilakukan naik kereta pulang – pergi sebanyak 2 kali dengan penempatan sistem pada kursi penumpang dan *handphone* terletak disamping sistem sebagai nilai pembanding atau alat ukur. Gambar 19 menunjukkan gambar aplikasi sygic pada *handphone*.



Gambar 19. Aplikasi sygic pada *handphone*

Gambar panah menunjukkan posisi kereta pada map dan jalur hitam putih merupakan rel kereta api. Tulisan *offroad* menunjukkan bahwa kereta tidak pada jalur jalan raya. Pada pojok kanan bawah tertera kecepatan sesaat kereta api. Hasil pengujian kecepatan kereta api didapatkan dari pengujian sebanyak 2 kali. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian kecepatan pada kereta api.

Tabel 3 Hasil Pengujian Kecepatan Pada Kereta Api

No	Kecepatan	Sygic	Error
1	43,82	42	4.33%
2	51,6	50	3.20%
3	53,18	55	3.31%
4	54,04	54	0.07%
5	57,80	62	6.77%
6	57,92	61	5.05%
7	61,55	61	0.90%
8	61,78	62	0.35%
9	66,70	63	5.87%
10	71,53	70	2.19%
Error Rata - rata			3.21%

Hasil pengujian kecepatan pada kereta api didapatkan *error* rata – rata sebesar 3,21%. Banyak pengaruh yang menyebabkan hasil pengujian kecepatan memiliki *error* rata – rata yang besar dibandingkan dengan hasil pengujian pada saat alat diuji dengan motor dan mobil. Pengaruhnya antara lain yaitu getaran pada saat kereta api bergerak dikarenakan sistem terletak di kursi penumpang. Pada datasheet MMA7361 tertulis salah satu penyebab gangguan kinerja dari sensor yaitu getaran mekanik. Hasil dari 2 kali pengujian dengan jarak tempuh 11 km alat dapat memberi informasi kepada penumpang pada jarak 10 km. Hal ini sesuai dengan perancangan awal dimana sistem diharapkan dapat memberi informasi 1 km sebelum mencapai stasiun tujuan.

## V. Kesimpulan dan Saran

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, sensor *accelerometer* terdapat *noise* meskipun dalam keadaan diam. Sehingga diperlukan metode *discriminating window* untuk data yang lebih akurat. Pengujian ADC pada mikrokontroler memiliki *error* sebesar 0,5%. Hal ini dapat disimpulkan untuk konversi tegangan output dari sensor ke nilai digital dianggap sesuai karena memiliki *error* yang sangat kecil. Metode konversi dari percepatan menjadi kecepatan dan jarak menggunakan metode Runge-Kutta didapatkan *error* terbesar 1,92% untuk kecepatan serta *error* terbesar 6,2% untuk jarak. Pengujian keseluruhan sistem didapatkan *error* rata – rata sebesar 3,21 % pada kecepatan kereta api disebabkan karena getaran pada saat kereta api bergerak dan sistem mampu memberikan informasi tepat 1 km dari jarak yang terukur sebelum mencapai stasiun tujuan.

### B. Saran

Beberapa saran yang diberikan untuk perbaikan skripsi ini antara lain:

- Solusi meredam *noise* pada tegangan keluaran sensor bisa menggunakan filter analog maupun digital.
- Perlu pengembangan lagi untuk metode konversi dari percepatan menjadi kecepatan dan jarak.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] MMA7361L Datasheet, Freescale Semiconductor, <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/.../MMA7361L.pdf> (2/5/2014 4.03 PM)
- [2] Wahyudi, 2009. Penentuan Faktor Kalibrasi Accelerometer MMQ 7260Q pada Ketiga Sumbu. Semarang.
- [3] AN3397 Implementing Positioning Algorithms Using Accelerometer, Freescale Semiconductor
- [4] TDB380 Datasheet, Tenda Electronics. [http://www.echelleinconnue.net/outils/mobio/composants/TDB380\\_0\\_datasheet\\_V2\\_\(Tenda\\_Electronics\).pdf](http://www.echelleinconnue.net/outils/mobio/composants/TDB380_0_datasheet_V2_(Tenda_Electronics).pdf) (9/25/2013 5.00 PM)