

Makalah Seminar Tugas Akhir

APLIKASI SENSOR ACCELEROMETER UNTUK MENULIS DI UDARA

Sudirman Hamonangan Sihombing^[1], Iwan Setiawan, S.T., M.T.^[2], Achmad Hidayatno, S.T., M.T.^[2]

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

Abstrak

One application of accelerometer sensor is for detecting hand movements. It can be used to detect hand movements while writing in the air. The concept is to use sensors to measure acceleration that occurs when writing and from the acceleration data is used to find the distance and direction of movement performed.

In this thesis, discussed about the use of Hitachi H48C accelerometer sensor for detecting acceleration of movements performed double integral calculation of the acceleration to get the distance. The process of reading acceleration and integral calculation using a microcontroller ATMega 8535. Then the acceleration and distance data sent through serial communication with the computer. Distance data on the computer used to create images of written using a program with Visual C#. Net.

Testing has been done to produce writing with a pretty good view, with an average error distance in the X-axis positive direction is 4.348 cm and 4.111 cm in the negative direction. While the average error distance in the Z axis positive direction is 5.409 cm and 4.382 cm in the negative direction. To get good results takes time for stroke from start moving until the movement stops is approximately 0.5 to 1 second. At the time of writing there should be a pause between movement and no rotation occurs in the accelerometer.

Keywords: accelerometer sensor, acceleration, distance, writting

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sensor *accelerometer* adalah sensor yang dapat mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran (vibrasi), dan mengukur percepatan akibat gravitasi.

Salah satu aplikasi sensor *accelerometer* yang saat ini sedang dikembangkan adalah untuk mendeteksi gerakan, seperti gerakan kaki ketika berjalan sebagai alat navigasi dan juga gerakan tangan sebagai alat konsol game atau untuk pengontrolan lain. Pada saat mendeteksi gerakan tangan, sensor *accelerometer* ditempatkan pada tangan yang bergerak dan mendeteksi percepatan dari gerakan tersebut. Dari percepatan yang diukur tersebut dapat dicari jarak dan juga arah pada saat gerakan dilakukan.

Pada saat menulis, tangan digerakan untuk menghasilkan karakter yang diinginkan. Saat ini pulpen atau pensil digunakan sebagai alat tulis dan kertas digunakan untuk menampilkan hasil tulisan. Tapi saat ini juga telah banyak dikembangkan alat-alat lainnya yang dapat digunakan untuk menulis dan menampilkan hasil tulisan. Seperti alat tulis digital yang dapat menggunakan mouse, touch screen, dan umumnya komputer digunakan sebagai media untuk menampilkan hasilnya.

Aplikasi sensor *accelerometer* juga dapat digunakan sebagai salah satu alat untuk menulis. Konsepnya adalah dengan menempatkan sensor pada tangan yang akan menulis di udara dan mengukur percepatan dari gerakan yang terjadi.

Kemudian data dari percepatan ini diolah sehingga dapat mendeteksi karakter yang ditulis dan hasilnya ditampilkan di komputer.

1.2 Tujuan

Merancang dan membuat alat yang dapat mendeteksi gerakan tangan pada saat menulis di udara dengan menggunakan sensor *accelerometer* dan menampilkan hasilnya di komputer dengan menggunakan program *visual C#*.

II. DASAR TEORI

2.1 Pengukuran Jarak dari Hasil Percepatan dengan Integral

Persamaan umum percepatan sesaat dapat dilihat pada persamaan (2.1).

$$\hat{a} = \frac{d\hat{v}}{dt} \dots \dots \dots (2.1)$$

Persamaan kecepatan dapat dilihat pada persamaan (2.2).

$$\hat{v} = \frac{d\hat{s}}{dt} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dari kedua persamaan di atas, dapat dilihat bahwa percepatan sebagai fungsi jarak adalah penurunan kedua dari jarak.

$$\hat{a} = \frac{d(d\hat{s})}{dt^2} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dapat diperoleh jarak melalui nilai percepatan yaitu dengan menggunakan integral ganda terhadap percepatan. Rumusnya adalah sebagai berikut.

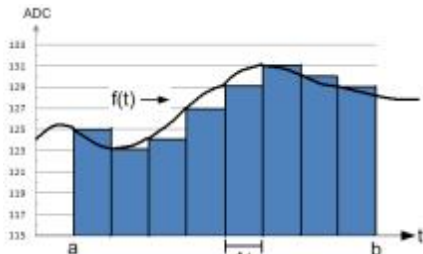
$$\hat{s} = \int(\hat{v}) dt \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\hat{s} = \int(\int(\hat{a}) dt) dt \dots \dots \dots (2.5)$$

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNDIP
2) Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro UNDIP

Pada proses penghitungan ini, waktu cuplik data sangat berpengaruh. Jeda waktu cuplik data (dt) harus selalu konstan dan dibuat sekecil mungkin.

Integral merupakan luas daerah di bawah suatu sinyal selama rentang waktu tertentu, yakni proses integrasi adalah penjumlahan dari area yang memiliki lebar rentang data hampir nol. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



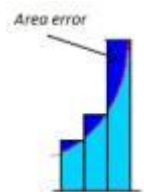
Gambar 1 Pengintegralan sederhana terhadap suatu sinyal.

$$\int_a^b f(t)dt = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(t_i)\Delta t \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\Delta t = \frac{b-a}{n} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

Dari Gambar 1 didapatkan luas yang dibuat dari antara dua cuplikan. Waktu cuplik merupakan lebar jarak pada luasan, sedangkan nilai cuplik adalah tingginya. Jadi integral adalah penjumlahan dari semua luasan.

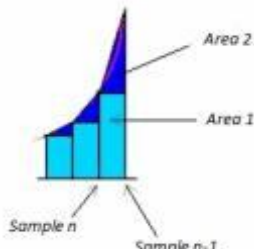
Dalam situasi nyata ada kesalahan yang terjadi, hal ini dapat dilihat pada Gambar 2. Kesalahan ini terus dijumlahkan selama waktu proses integral berlangsung.



Gambar 2 Kesalahan selama pengintegralan

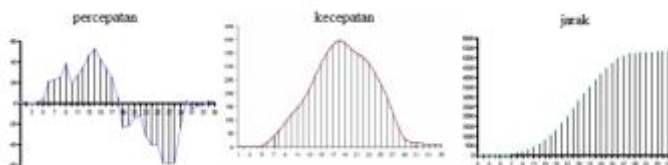
Untuk mengurangi kesalahan yang terjadi bisa digunakan metode pengintegralan dengan pendekatan *trapezoidal* seperti pada persamaan (2.8). Sedangkan untuk lebih memahaminya dapat dilihat pada Gambar 3.

$$x_k = x_{k-1} + \frac{h}{2} [f(x_k, t_k) + f(x_{k-1}, t_{k-1})] \dots\dots\dots (2.8)$$



Gambar 3 Metode pengintegralan *trapezoidal*

Untuk lebih memahaminya dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini. Dimana proses integral dari percepatan menghasilkan kecepatan dan proses integral dari kecepatan menghasilkan jarak.



Gambar 4 Double integral dari percepatan untuk menghasilkan jarak

2.2 Sensor Accelerometer Hitachi H48C



Gambar 5 Sensor *accelerometer* Hitachi H48C

Modul sensor *accelerometer* Hitachi H48C dapat mengukur gaya gravitasi dalam tiga buah sumbu angular (X, Y, dan Z). Range pengukuran sensor ini adalah $\pm 3g$.

Data dari ketiga axis bisa didapatkan dengan cara melihat channel pada ADC internal yang digunakan untuk menyimpan data tegangan masing-masing sumbu (axis). Selain ketiga sumbu tersebut pada modul ini juga terdapat data tegangan referensi (V_{ref}), yang digunakan sebagai perbandingan oleh masing-masing sumbu untuk mendapatkan nilai G.

Dari data sumbu (axis) dan V_{ref} tadi bisa didapatkan besar nilai G dengan menggunakan persamaan (2.9).

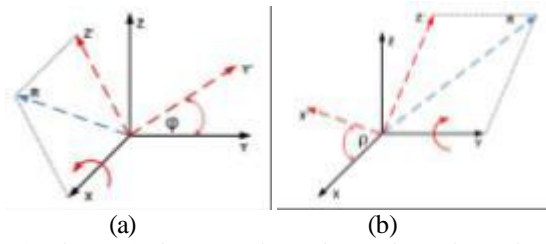
$$G = ((axis - V_{ref}) / 4095) \times (3,3 / 0,3663) \dots (2.9)$$

Dimana nilai axis dan V_{ref} didapatkan dari pembacaan data ADC, 4095 merupakan output maksimal dari 12 bit ADC, 3,3 adalah tegangan supply H48C, dan 0,3663 adalah output tegangan untuk 1G (ketika beroperasi pada tegangan 3,3V). Persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi persamaan (2.10).

$$G = (axis - V_{ref}) \times 0,0022 \dots\dots\dots (2.10)$$

2.3 Aturan Tangensial

Aturan ini digunakan untuk mengubah besaran percepatan gravitasi yang dideteksi oleh sensor percepatan menjadi besaran sudut. Dalam hal ini sudut kemiringan dibagi menjadi 2 yaitu sudut angguk (ρ) diartikan sebagai sudut antara axis Y relatif terhadap *ground* (bumi), sedangkan sudut gulung (ϕ) diartikan sebagai sudut antara axis X relatif terhadap *ground* (bumi).



Gambar 6 Sudut angguk (a) dan sudut gulung (b)

Pada saat perputaran terhadap sumbu X, R senilai dengan $\sqrt{[Ay^2 + Az^2]}$ dan begitu sebaliknya pada saat perputaran terhadap sumbu Y. Sehingga diperoleh formula ρ dan ϕ .

$$\rho = \tan^{-1} \left(\frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}} \right) \dots \dots \dots (2.11)$$

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}} \right) \dots \dots \dots (2.12)$$

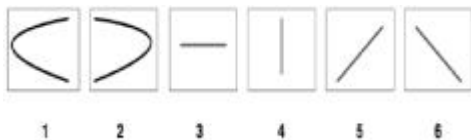
dengan,

ρ = Sudut angguk (sudut antara axis Y relatif terhadap *ground*)

ϕ = Sudut gulung (sudut antara axis X relatif terhadap *ground*)

2.4 Penulisan Karakter

Karakter itu dapat dilihat sebagai urutan dari gerakan-gerakan dasar. Pada huruf kapital dan sebagian besar karakter lainnya, gerakan dasar itu dapat dibagi menjadi 6 bagian seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 Gerakan dasar pada karakter

Tabel 1. Urutan gerakan dasar pada huruf kapital

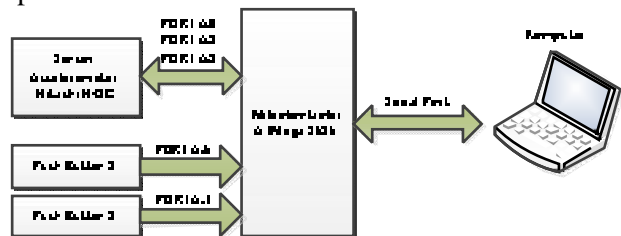
HURUF	GERAKAN			
	1	2	3	4
A	/	\	→	
B	↓	⤵	⤵	
C	↻			
D	↓	⤵		
E	↓	→	→	→
F	↓	→	→	→
G	↻	→	↓	
H	↓	→	↓	
I	↓			
J	↓	↶	\	
K	↓	↻	\	
L	↓	→	/	
M	↓	\	/	↓

N	↓	\	↑	
O	↻	⤵		
P	↓	⤵		
Q	↻	⤵		
R		⤵	\	
S	↻	⤵		
T	→	↓	→	
U	↓	→	↓	
V	\	/		
W	\	/	\	/
X	\	/		
Y	\	/		
Z	→	/	→	

III. PERANCANGAN ALAT

3.1 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat kerasnya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Diagram blok perancangan Tugas Akhir

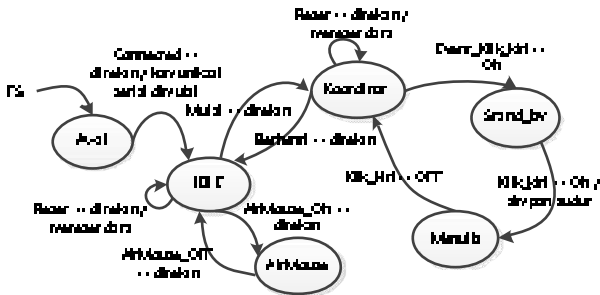
1. Sensor *accelerometer* Hitachi H48C digunakan untuk mengetahui besarnya percepatan yang kemudian akan dikirim ke mikrokontroler.
2. Mikrokontroler ATmega 8535 digunakan untuk menerima data dari sensor, memproses data secara digital dan melakukan komunikasi serial antar mikrokontroler dan komputer.
3. Komputer digunakan menampilkan data percepatan, kecepatan, posisi dan juga tampilan gambar dengan menggunakan *visual C#*.
4. Push Button digunakan sebagai alat bantu pada alat pada saat ingin menulis di udara. Push button ini adalah sebagai masukan pada mikrokontroler.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dibagi menjadi dua, yaitu perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler yang diprogram pada mikrokontroler ATmega 8535 dan perancangan perangkat lunak pada komputer dengan menggunakan Visual Studio C#. Net.

Perancangan pada mikrokontroler adalah membuat program untuk dapat mengakses sensor *accelerometer* untuk dapat membaca percepatan yang terjadi. Kemudian data percepatan itu diolah menggunakan *double integral* untuk mendapatkan data jarak dan arah. Kemudian data ini dikirim ke komputer dengan komunikasi serial.

Perancangan pada komputer adalah membuat program untuk dapat menerima data dari mikrokontroler dan membuat gambar karakter berdasarkan data jarak dan arah yang diterima dari mikrokontroler.

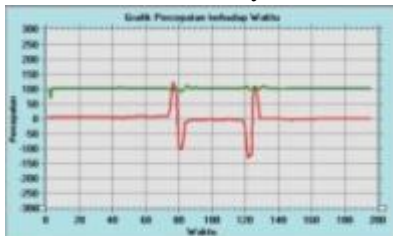


Gambar 9 Diagram keadaan alat secara abstrak

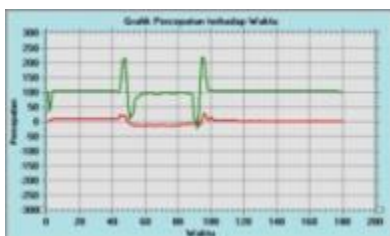
IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Pengaksesan Sensor Accelerometer

Pada pengujian ini dilakukan dengan cara menggerakkan accelerometer pada sumbu X dan sumbu Z, untuk melihat hasilnya.



Gambar 10 Saat digerakkan pada sumbu X



Gambar 11 Saat digerakkan pada sumbu Z

Dilihat dari hasil pengujian di atas, sensor accelerometer sudah dapat mendeteksi adanya percepatan yang terjadi pada sumbu X dan sumbu Z.

4.2 Pengujian Jarak Hasil Double Integral

4.2.1 Sumbu X



Gambar 12 Arah positif dan negatif sumbu X

Tabel 2 Pengujian jarak sumbu X untuk arah positif

Per-cobaan	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak Pengukuran (cm)	Waktu (detik)	Kesalahan (cm)
1	15	25,88	0,5 - 1	10,88
2	15	12,62	0,5 - 1	-2,38
3	15	17,19	0,5 - 1	2,19
4	15	21,74	0,5 - 1	6,74
5	15	15,05	0,5 - 1	0,05
6	30	32,35	0,5 - 1	2,35
7	30	41,62	0,5 - 1	11,62
8	30	34,67	0,5 - 1	4,67
9	30	27,99	0,5 - 1	-2,01
10	30	29,41	0,5 - 1	-0,59
Rata - rata Kesalahan				4,348

Tabel 3 Pengujian jarak sumbu X untuk arah negatif

Per-cobaan	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak Pengukuran (cm)	Waktu (detik)	Kesalahan (cm)
1	15	12,07	0,5 - 1	-2,93
2	15	15,67	0,5 - 1	0,67
3	15	23,23	0,5 - 1	8,23
4	15	17	0,5 - 1	2
5	15	14,05	0,5 - 1	-0,95
6	30	38,29	0,5 - 1	8,29
7	30	32,66	0,5 - 1	2,66
8	30	40,74	0,5 - 1	10,74
9	30	33,22	0,5 - 1	3,22
10	30	31,42	0,5 - 1	1,42
Rata - rata Kesalahan				4,111

Dari tabel dapat dilihat bahwa rata-rata kesalahan data pada sumbu X untuk arah positif adalah sekitar 4,348 dan untuk arah negatif adalah sekitar 4,111.

4.2.2 Sumbu Z



Gambar 13 Arah positif dan negatif sumbu X

Tabel 4 Pengujian jarak sumbu Z untuk arah positif

Per-cobaan	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak Pengukuran (cm)	Waktu (detik)	Kesalahan (cm)
1	15	17,24	0,5 - 1	2,24
2	15	15,72	0,5 - 1	0,72
3	15	9,71	0,5 - 1	-5,29
4	15	16,74	0,5 - 1	1,74
5	15	17,35	0,5 - 1	2,35

6	30	26,9	0,5 - 1	-3,1
7	30	36,72	0,5 - 1	6,72
8	30	39,21	0,5 - 1	9,21
9	30	43,56	0,5 - 1	13,56
10	30	39,16	0,5 - 1	9,16
Rata – rata Kesalahan				5,409

Tabel 5 Pengujian jarak sumbu Z untuk arah negatif

Per-cobaan	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak Pengukuran (cm)	Waktu (detik)	Kesalahan (cm)
1	15	7,14	0,5 - 1	-7,86
2	15	11,05	0,5 - 1	-3,95
3	15	17,37	0,5 - 1	2,37
4	15	12	0,5 - 1	-3
5	15	10,09	0,5 - 1	-4,91
6	30	27,25	0,5 - 1	-2,75
7	30	19,71	0,5 - 1	-10,29
8	30	30,77	0,5 - 1	0,77
9	30	23,82	0,5 - 1	-6,18
10	30	28,26	0,5 - 1	-1,74
Rata – rata Kesalahan				4,382

Dari tabel dapat dilihat bahwa rata-rata kesalahan data pada sumbu Z untuk arah positif adalah sekitar 5,409 dan arah negatif adalah sekitar 4,382.

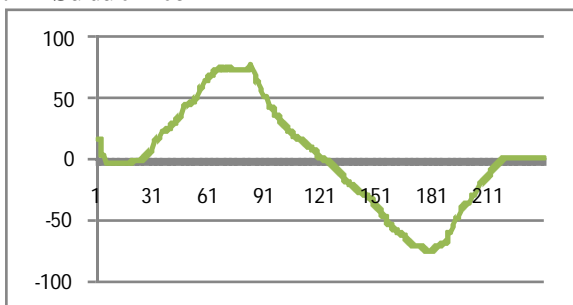
Pada pengujian jarak diasumsikan bahwa waktu yang dibutuhkan pada saat mulai bergerak hingga berhenti adalah sekitar 0,5 – 1 detik. Hal ini dikarenakan perbedaan kecepatan saat bergerak juga mempengaruhi hasil jarak pengukuran, sehingga data pengukuran jarak bisa berbeda walaupun dengan jarak yang sama.

Dari dua percobaan pada sumbu X dan sumbu Z dapat dilihat bahwa alat sudah dapat mengukur jarak dan arah dengan baik. Walaupun masih ada kesalahan yang terjadi dalam penentuan jarak dengan jarak yang sebenarnya.

4.3 Pengujian Data Sudut Kemiringan Accelerometer

4.3.1 Pengujian Perhitungan Data Sudut

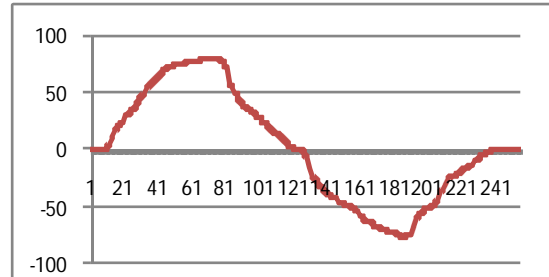
A. Sudut Pitch



Gambar 14 Respon keluaran sudut *pitch*

Dari grafik dapat dilihat bahwa alat sudah dapat mendeteksi adanya sudut antara sumbu Y dan permukaan tanah.

B. Sudut Roll



Gambar 15 Respon keluaran sudut *roll*

Dari grafik dapat dilihat bahwa alat sudah dapat mendeteksi adanya sudut antara sumbu X dan permukaan tanah.

4.3.2 Pengujian Titik Awal Penulisan

Tabel 4.5 Pengujian Titik Awal Penulisan

Percobaan	Keterangan	Foto Percobaan	Gambar pada Program
1	Sudut pitch dan roll = 0		
2	Sudut pitch > 0 & sudut roll = 0		
3	Sudut pitch < 0 & sudut roll = 0		
4	Sudut pitch = 0 & sudut roll > 0		
5	Sudut pitch = 0 & sudut roll < 0		

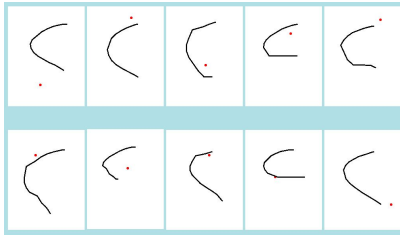
Dari hasil pengujian dapat dilihat, titik dapat bergerak dengan menyesuaikan sudut *pitch* dan sudut *roll* pada *air mouse*.

4.4 Pengujian Hasil Penulisan pada Komputer

4.4.1 Pengujian Penulisan Gerakan Dasar

Pada pengujian ini, Air mouse akan digerakkan sesuai dengan gerakan dasar seperti pada Gambar 8 dan melakukan pengamatan hasil pada komputer.

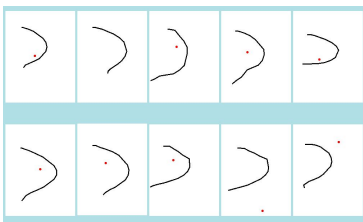
A. Gerakan Dasar 1 “<”



Gambar 16 Hasil pengujian untuk gerakan dasar 1 “<”

Alat dapat menghasilkan gambar gerakan yang sudah sesuai dengan harapan. Walaupun masih ada kesalahan yang terjadi, hal ini bisa dikarenakan kesalahan pada gerakan dan juga pembacaan pada accelerometer.

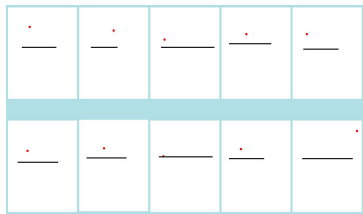
B. Gerakan Dasar 2 “>”



Gambar 17 Hasil pengujian untuk gerakan dasar 2 “>”

Dapat dilihat hasil gambar sudah dapat sesuai dengan harapan. Walaupun masih ada kesalahan, hal ini bisa dikarenakan kesalahan pada gerakan dan juga pembacaan accelerometer. Dari percobaan yang dilakukan gerakan melengkung seperti pada gerakan dasar 1 dan 2 memiliki kesulitan yang lebih besar dibanding yang lain. Hal ini dikarenakan adanya gerakan yang melengkung dan perubahan arah pada sumbu X.

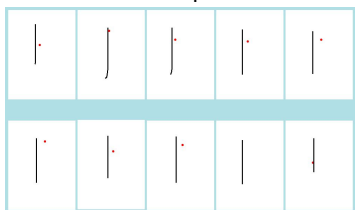
C. Gerakan Dasar 3 “-”



Gambar 18 Hasil pengujian untuk gerakan dasar 3 “-”

Dapat dilihat hasilnya sudah sesuai harapan. Gerakan dasar ini relatif lebih mudah, karena hanya berdasarkan satu sumbu, yaitu sumbu X.

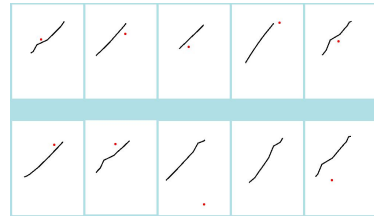
D. Gerakan Dasar 4 “|”



Gambar 19 Hasil pengujian untuk gerakan dasar 4 “|”

Dapat dilihat hasil gambar sudah dapat sesuai dengan harapan. Gerakan dasar ini relatif lebih mudah seperti gerakan dasar 3, karena hanya berdasarkan satu sumbu, yaitu sumbu Z.

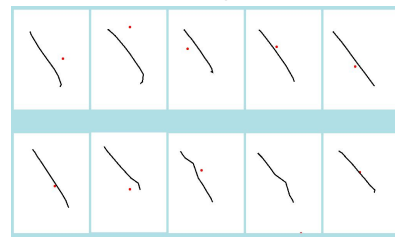
E. Gerakan Dasar 5 “/”



Gambar 20 Hasil pengujian untuk gerakan dasar 5 “/”

Dapat dilihat hasil gambar sudah dapat sesuai dengan harapan. Walaupun dari hasil gambar masih ada sedikit kesalahan, hal ini terjadi dikarenakan kesalahan pada melakukan gerakan dan juga ada kesalahan pembacaan pada sensor.

F. Gerakan Dasar 6 “\”



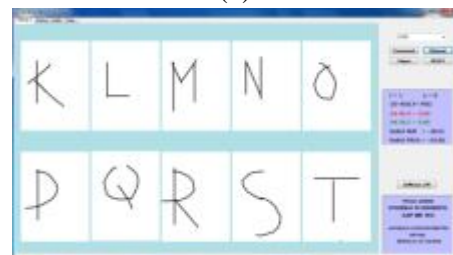
Gambar 21 Hasil pengujian untuk gerakan dasar 6 “\”

Dapat dilihat hasil gambar sudah dapat sesuai dengan harapan. Walaupun dari hasil gambar masih ada sedikit kesalahan, hal ini terjadi bisa dikarenakan kesalahan pada melakukan gerakan dan juga ada kesalahan pembacaan pada sensor.

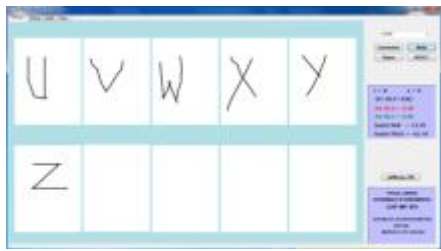
4.4.2 Pengujian Penulisan Karakter



(a)



(b)



(c)

Gambar 22 Hasil pengujian penulisan karakter

Pengujian ini memperlihatkan bahwa alat sudah dapat menuliskan semua huruf kapital. Walaupun dalam pengujian tidak selalu berhasil untuk menuliskan karakter dan ada kesalahan yang terjadi. Tetapi hal ini terjadi karena adanya kesalahan pembacaan pada sensor dan pada pemrosesan *double integral* untuk menghasilkan jarak.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Gerakan ke kiri *air mouse* menghasilkan percepatan sumbu X positif dan gerakan ke kanan menghasilkan percepatan sumbu X negatif. Sedangkan gerakan ke atas *air mouse* menghasilkan percepatan sumbu X positif dan gerakan ke bawah menghasilkan percepatan sumbu Z negatif.
2. Rata-rata kesalahan hasil pengukuran jarak sumbu X positif adalah 4,348 cm dan untuk negatif adalah 4,111 cm. Sedangkan rata-rata kesalahan hasil pengukuran jarak pada sumbu Z positif adalah 5,409 cm dan untuk negatif adalah 4,382 cm.
3. Waktu yang dibutuhkan pada saat mulai bergerak hingga berhenti untuk menghasilkan data jarak sumbu X dan Z yang bagus adalah sekitar 0,5 – 1 detik.
4. Grafik yang dihasilkan saat melakukan pengujian perputaran sudut pitch dan roll adalah berbentuk gelombang sinus dan maksimal sudut yang bisa didapat adalah sekitar 80°.
5. Posisi titik awal penulisan saat sudut pitch lebih besar dari nol berada di atas area panel dan saat sudut pitch lebih kecil dari nol berada di bawah area panel. Sedangkan saat sudut roll lebih besar dari nol posisi titik awal penulisan berada di kanan area panel dan saat sudut roll lebih kecil dari nol titik awal penulisan berada di kiri area panel.
6. Gerakan dasar 1 “ < “ dan gerakan dasar 2 “ > “ adalah gerakan yang paling sulit, karena gerakannya yang melengkung dan adanya perubahan arah pada sumbu X. Sedangkan

gerakan dasar 3 “ – “ dan gerakan dasar 4 “ | “ adalah gerakan yang paling mudah, karena gerakan ini hanya berdasarkan satu sumbu saja.

7. Alat dapat menulis karakter dengan baik, tetapi tidak bisa untuk penulisan dengan gerakan terus-menerus. Perlu jeda sebelum memulai untuk menulis kembali. Ketika menulis juga gerakan harus dengan kecepatan normal agar hasilnya lebih baik.

5.2 Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, maka ada beberapa saran sebagai berikut:

1. Penggunaan *gyroscope* untuk mengukur sudut kemiringan agar pembacaan percepatan dinamis pada alat dapat lebih akurat dan tidak terpengaruh dengan rotasi yang terjadi pada alat. Sehingga hasil penulisan lebih baik walaupun terjadi rotasi saat penulisan.
2. Penggunaan *wireless* untuk komunikasi data antara mikrokontroler dengan komputer, sehingga alat bisa digunakan lebih fleksibel dan penggunaannya dapat lebih jauh.
3. Untuk lebih menyederhanakan desain alat, dapat digunakan mikrokontroler yang berukuran lebih kecil dan ditempatkan bersamaan dengan sensor *accelerometer* di dalam *air mouse* sehingga alat lebih praktis.
4. Pengenalan pola untuk huruf yang ditulis, sehingga dapat langsung digunakan untuk menulis di dalam komputer untuk menggantikan keyboard. Sehingga penggunaan *air mouse* ini dapat menggantikan fungsi *mouse* dan *keyboard* secara bersamaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akrom, Isnan Fauzan, *Pemetaan Posisi dan Orientasi Kursi Roda Cerdas Berbasis Prinsip Dead Reckoning*, Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- [2] Hartanto, Budi, *Memahami Visual C# Secara Mudah*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2008.
- [3] Heryanto dan Wianu. *Pemrograman Bahasa C untuk mikrokontroler ATMEGA8535*. Penerbit Andi. Yogyakarta. 2008.
- [4] Kawuri, Laras Dwi, *Sistem Navigasi Personal Berbasis Sensor MEMS (Micro Electro-Mechanical System)*, Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [5] Riyadi, Muhammad, *Pendeteksi Posisi Menggunakan Sensor Accelerometer MMA7260Q Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 32*, Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [6] S. Agrawal, I. Constandache, S. Gaonkar, R.R. Choudhury, *Point Pen: Using Mobile Phones to Write in Air*, Duke University, Barcelona, 2009.

- [7] Seifert, Kurt dan Oscar Camacho, *Implementing Positioning Algorithms Using Accelerometer*, Freescale Semiconductor, 2007.
- [8] Setiawan, Iwan, *Perancangan Software Embedded System Berbasis FSM*, Semarang, 2006.
- [9] Susilo, Tri Bagus, *Pengukuran Sudut Kemiringan Benda dengan Sensor Percepatan*, Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [10] Wahyudi, A. Susanto, S.P. Hadi, W. Widada, *Penentuan Faktor Kalibrasi Accelerometer MMA7260Q Pada Ketiga Sumbu*, Transmisi, Jurnal Teknik Elektro Undip, Semarang, 2009.
- [11] -----, *Atmega8535 Data Sheet*, <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf164169/ATMEL/ATMEGA8535.html>
- [12] -----, *Bermain Dengan Timer 1 AVR*, <http://www.avrku.com>, 2009.
- [13] -----, *Komunikasi USART AVR*, <http://www.PayZtronics.blogspot.com>, Agustus 2009.
- [14] -----, *H48C Data Sheet – Parallax Home*, <http://www.parallax.com/dl/docs/prod/acc/H48CDatasheet.pdf>, Juli 2007.
- [15] -----, *MSDN Library*, <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/>, Oktober 2011
- [16] -----, *Menggunakan DKU-5 sebagai USB to RS232 Converter*, <http://www.gubukilmu.com>, Oktober, 2010.
- [17] -----, *Numerical Integration*, <http://www.wikipedia.com>, Juli, 2011.
- [18] -----, *Trapezoidal Rule*, <http://www.wikipedia.com>, Juli, 2011.

BIODATA PENULIS



Sudirman Hamonangan Sihombing (L2F007075), lahir di Tangerang, 28 Mei 1989. Menempuh pendidikan di SDN 3 Sudimara Barat, SMPN 3 Tangerang, SMAN 3 Tangerang dan pada tahun 2007 melanjutkan studi strata 1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, dan mengambil konsentrasi Teknik Kontrol.

Mengetahui dan mengesahkan,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Iwan Setiawan, S.T., M.T.
NIP. 197309262000121001
Tanggal: _____

Achmad Hidayatno, S.T., M.T.
NIP. 196912211995121001
Tanggal: _____