

Hasil Uji Kalibrasi Sensor Accelerometer ADXL335

Iwan SETIAWAN^{#1}, Budi SETIYONO^{#2}, Tri Bagus SUSILO^{#3}

[#]Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
 Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia
^{#1}iwan.setiawan@undip.ac.id, ^{#2}budisty@gmail.com

Abstract- Accelerometer is a sensor that can measure acceleration of object. This sensor can be used for till sensing detection, 3D game interface, computer's mouse, and vehicle navigation system. Operating of this sensor need a good calibration to get parameters which determines the acceleration. This paper present result of calibration of 3 Axis ADXL335 accelerometer. Calibration of this sensor consist of 3 step testing on every axis of this sensor, sensor's natural characteristic testing, ZeroG voltage testing, and sensor's sensitivity testing. The result of testing ZeroG voltage and sensitivity must be compare with information from datasheet. From this testing can be concluded that the ADXL335 accelerometer has responsive output. Percentage of deviation standard is 0.257397% and the minimum is 0%. The value of ZeroG voltage from testing are 1,637390 volt for X axis, 1,638319 volt for Y axis, dan 1,736877 volt for Z axis. And the sensitivity are 0,3096 V/g for X axis, 0,3296925 V/g for Y axis, Z axis is 0,3103370 V/g.
Keywords - Accelerometer, accelereration, calibration, ZeroG voltage, sensitivity.

I. PENDAHULUAN

Accelerometer adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur percepatan linear yang disebabkan oleh gerak benda atau percepatan grafitasi bumi. Perangkat sederhana yang dapat digunakan untuk mengukur percepatan adalah sistem massa pegas. Dengan menggunakan hukum dasar gaya Newton ($F=ma$) dan hukum Hooke ($F=k.\Delta x$), percepatan yang dialami oleh sebuah massa dapat dihitung dengan mengukur perpindahan massa tersebut.

Makalah ini menyajikan hasil kalibrasi sensor MEMS Accelerometer ADXL335 yang terdiri dari 3 sumbu yaitu sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z. Dimana setiap sumbu atau axis tersebut saling tegak lurus. Dalam pemakaian sensor percepatan, kalibrasi harus selalu dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter penentu perubahan kecepatan. Nilai parameter uji kalibrasi ini sangat menentukan nilai perubahan kecepatan.

Pengujian sensor ADXL335 dilakukan untuk mengetahui respon alami keluaran sensor, pengujian tegangan ZeroG atau tegangan keluaran axis saat perubahan kecepatannya sama dengan 0g, serta

pengujian sensitivitas sensor yang merupakan nilai gain dari perubahan tegangan terhadap perubahan kecepatan.

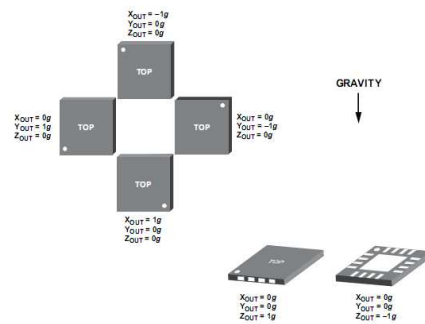
II. SENSOR PERCEPATAN ADXL335

Perubahan kecepatan yang mampu di deteksi oleh sensor percepatan salah satunya adalah percepatan gravitasi bumi. Dalam kondisi diam, setiap benda secara normal akan memperoleh gaya tarik bumi. Nilai percepatan yang dialami benda tersebut adalah senilai dengan percepatan gravitasi. Sensor ADXL335 mampu mengukur percepatan dengan range sebesar $\pm 3g$. Sensor ADXL335 mempunyai keluaran analog berupa tegangan. Secara matematis, dapat diformulakan sebagai berikut.

$$V_{out} = (a \times \mu) V_{0g} \dots \dots \dots (1)$$

dengan V_{out} = keluaran sensor (V), a = percepatan aktual (g), μ = sensitivitas sensor (V/g), V_{0g} = tegangan ZeroG (V)

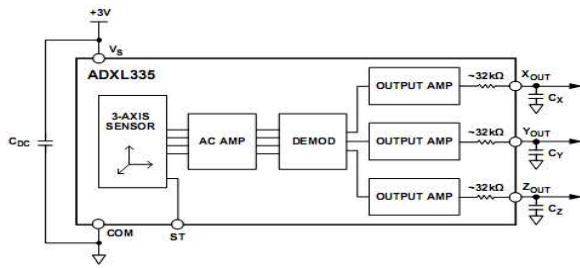
Percepatan gravitasi yang dideteksi oleh sensor Percepatan ini bisa dimanfaatkan sebagai informasi sudut orientasi benda. Sistem kerja sensor ini bisa dimisalkan seperti pada gambar berikut.



Gambar 1 Respon keluaran vs orientasi gravitasi

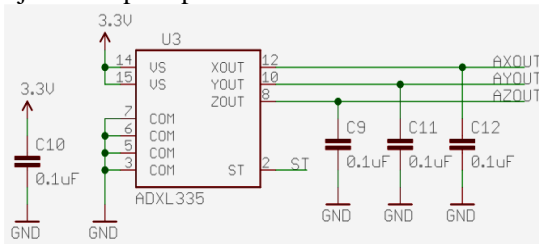
Sensor ADXL335 beroperasi pada tegangan 1,8V sampai 3,6 V dengan tegangan tipikal 3,3 V. Sensitivitas dari sensor ini adalah antara 270 mV/g

sampai 330 mV/g dengan tipikal 300 mV/g pada kondisi tegangan masukan 3 V.



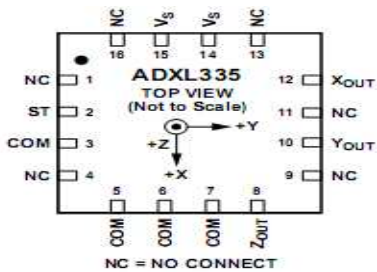
Gambar 2 Blok diagram fungsional ADXL335

Adapun skematik rangkaian dari sensor ADXL335 ditunjukkan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Skematik rangkaian ADXL335

Sensor percepatan ADXL335 memiliki 16 pin seperti terlihat pada gambar 4.



Gambar 4 Konfigurasi pin ADXL335

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS

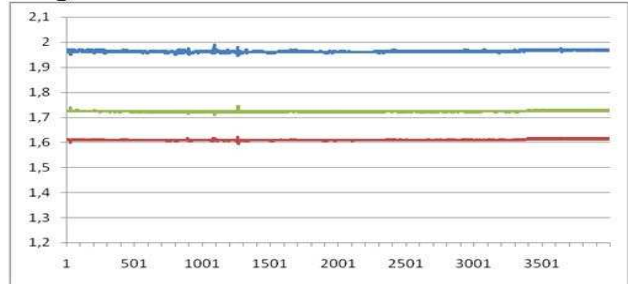
A. Karakteristik Sensor Percepatan ADXL335

Pengujian karakteristik sensor ADXL335 dilakukan dengan pengukuran tegangan keluaran pada kombinasi 3 axis X, Y, Z. yaitu pada X+ (axis X mendapatkan percepatan gravitasi positif 1 g), X- X- (axis X mendapatkan percepatan gravitasi negatif 1 g), Y+, Y-, Z+, dan Z-.

Data yang dikumpulkan adalah sebanyak 100 data pada masing-masing kondisi. Grafik dari setiap kondisi ditunjukkan pada grafik berikut. Setiap grafik yang ditampilkan, axis X diwakili dengan warna biru, axis Y dengan warna merah, dan hijau mewakili axis Z.

B. Pengujian pada Axis X

Pertama adalah kondisi X+ ditunjukkan dengan Gambar 5.

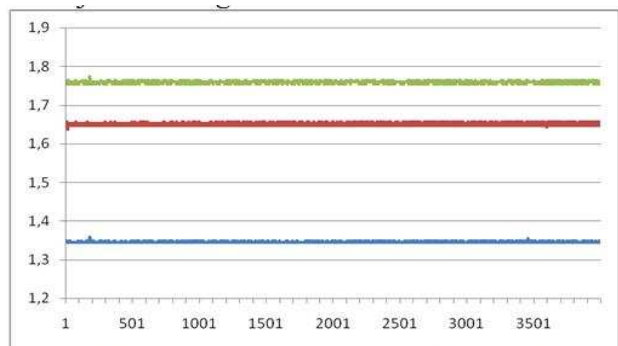


Gambar 5 Tegangan keluaran ADC pada kondisi X+

TABEL 1
TEGANGAN KELUARAN PADA KONDISI X+ (10 DATA)

No	Axis X (V)	Axis Y (V)	Axis Z (V)
1	1,9599218	1,6080156	1,7253177
2	1,969697	1,6080156	1,7253177
3	1,9599218	1,6080156	1,7253177
4	1,9648094	1,6080156	1,7253177
5	1,9648094	1,6080156	1,7253177
6	1,9648094	1,6080156	1,7253177
7	1,9599218	1,6129032	1,7253177
8	1,9599218	1,6129032	1,7253177
9	1,969697	1,6080156	1,7253177
10	1,9599218	1,6129032	1,7253177

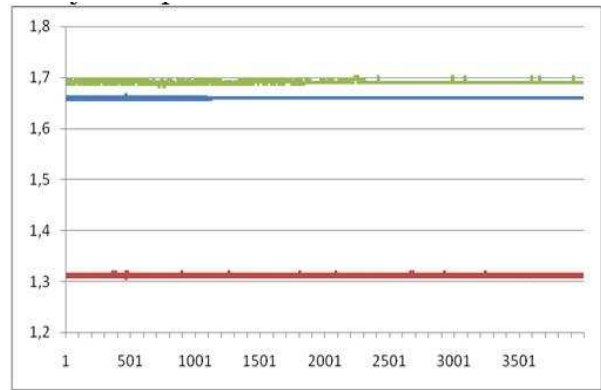
Kondisi yang kedua adalah kondisi X-. Ditunjukkan dengan Gambar 6.



Gambar 6 Tegangan keluaran pada kondisi X-

TABEL 2
TEGANGAN KELUARAN PADA KONDISI X- (10 DATA)

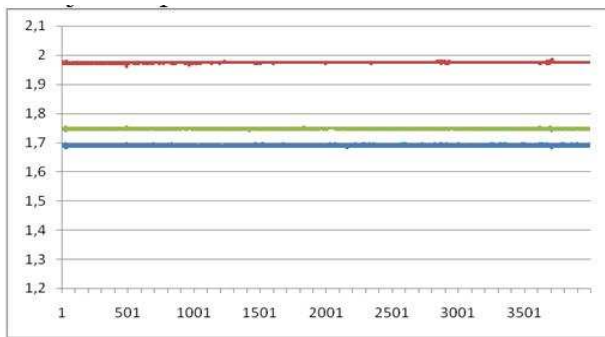
No	Axis X (V)	Axis Y (V)	Axis Z (V)
1	1,344086022	1,65200391	1,759530792
2	1,344086022	1,647116325	1,759530792
3	1,344086022	1,647116325	1,759530792
4	1,344086022	1,65200391	1,759530792
5	1,344086022	1,65200391	1,759530792
6	1,348973607	1,656891496	1,759530792
7	1,348973607	1,656891496	1,759530792
8	1,344086022	1,647116325	1,759530792
9	1,344086022	1,647116325	1,759530792
10	1,344086022	1,647116325	1,759530792



Gambar 8 Tegangan keluaran pada kondisi Y-

C. Pengujian Axis Y

Kondisi ketiga adalah kondisi Y+ yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Tegangan keluaran pada kondisi Y+

TABEL 3
TEGANGAN KELUARAN PADA KONDISI Y+ (10 DATA)

No	Axis X (V)	Axis Y (V)	Axis Z (V)
1	1,68621701	1,97947214	1,74975562
2	1,68621701	1,96969697	1,74975562
3	1,68621701	1,96969697	1,74975562
4	1,68621701	1,96969697	1,74975562
5	1,68621701	1,97458456	1,74486804
6	1,69110459	1,97458456	1,74975562
7	1,68621701	1,96969697	1,74486804
8	1,68621701	1,96969697	1,74486804
9	1,68621701	1,96969697	1,74975562
10	1,68621701	1,96969697	1,74975562

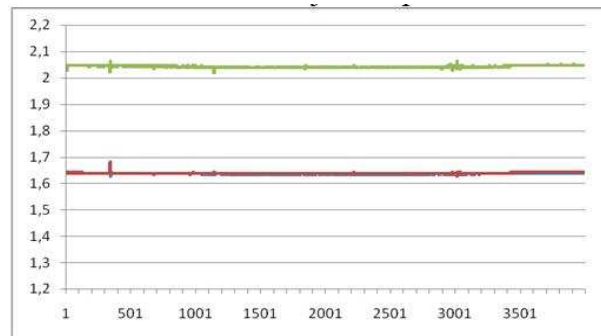
Kondisi keempat adalah kondisi Y- yang ditunjukkan pada Gambar 8.

TABEL 4
TEGANGAN KELUARAN PADA KONDISI Y- (10 DATA)

No	Axis X (V)	Axis Y (V)	Axis Z (V)
1	1,6617791	1,3098729	1,686217
2	1,6617791	1,3147605	1,6911046
3	1,6617791	1,3147605	1,6911046
4	1,6568915	1,3098729	1,6911046
5	1,6617791	1,3147605	1,6911046
6	1,6617791	1,3098729	1,6911046
7	1,6617791	1,3098729	1,6911046
8	1,6617791	1,3147605	1,6911046
9	1,6617791	1,3147605	1,6911046
10	1,6568915	1,3147605	1,6911046

D. Pengujian pada Axis Z

Kondisi Z+ ditunjukkan pada Gambar 9.

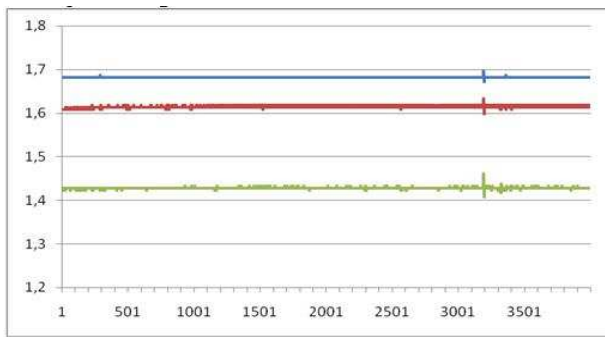


Gambar 9 Tegangan keluaran pada kondisi Z+

TABEL 5
TEGANGAN KELUARAN PADA KONDISI Z+ (10 DATA)

No	Axis X (V)	Axis Y (V)	Axis Z (V)
1	1,63734115	1,64222874	2,04789834
2	1,63734115	1,64222874	2,04789834
3	1,63734115	1,63734115	2,04789834
4	1,63734115	1,63734115	2,04789834
5	1,63734115	1,64222874	2,04789834
6	1,63734115	1,64222874	2,04789834
7	1,63734115	1,64222874	2,04789834
8	1,63734115	1,63734115	2,03323558
9	1,63734115	1,63734115	2,03323558
10	1,63734115	1,64222874	2,02834800

Kondisi terakhir adalah kondisi Z- yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Tegangan keluaran pada kondisi Z-

TABEL 6
TEGANGAN KELUARAN PADA KONDISI Z- (10 DATA)

No	Axis X (V)	Axis Y (V)	Axis Z (V)
1	1,681329423	1,60801564	1,42717498
2	1,681329423	1,60801564	1,42717498
3	1,681329423	1,60801564	1,42717498
4	1,681329423	1,60801564	1,42717498
5	1,681329423	1,60801564	1,42717498
6	1,681329423	1,60801564	1,42717498
7	1,681329423	1,60801564	1,42717498
8	1,681329423	1,60801564	1,42228739
9	1,681329423	1,60801564	1,42717498
10	1,681329423	1,60801564	1,42717498

E. Pengujian Tegangan ZeroG

Dalam perancangan ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu tegangan ZeroG untuk axis X dan Y serta tegangan ZeroG untuk axis Z.

TABEL 7
RATA-RATA TEGANGAN KELUARAN PENGUJIAN KARAKTERISTIK SETIAP KONDISI

	Kondisi					
	X+	X-	Y+	Y-	Z+	Z-
Rata-rata Tegangan Keluaran (volt)						
X	1,9637	1,3445	1,6874	1,6599	1,6374	1,6813
Y	1,6093	1,6493	1,9719	1,3125	1,6383	1,6092
Z	1,7262	1,7586	1,7482	1,6920	2,0472	1,4266
Range Tegangan Keluaran (volt)						
X	0,0196	0,0049	0,0147	0,0049	0,0049	0
Y	0,0147	0,0098	0,0098	0,0049	0,0049	0,0049
Z	0,0147	0,0098	0,0147	0,0098	0,0196	0,0049
σ atau Standard Deviasi (volt)						
X	0,0051	0,0013	0,0026	0,0024	0,0005	0
Y	0,0030	0,0032	0,0026	0,0024	0,0020	0,0021
Z	0,0028	0,0027	0,0025	0,0029	0,0032	0,0017
Prosentase σ terhadap Nilai Rata-rata Perhitungan (%)						
X	0,2574	0,0986	0,1525	0,1429	0,0297	0
Y	0,1852	0,1936	0,1327	0,1858	0,1192	0,1277
Z	0,1603	0,1505	0,1419	0,1718	0,1547	0,1151

F. Tegangan ZeroG pada Axis X dan Axis Y

Pengujian tegangan ZeroG pada axis X dan axis Y ini dilakukan dengan kondisi Z+, karena pada kondisi Z+, axis X dan axis Y mendapatkan percepatan alami gravitasi bumi sebesar 0g.

Kondisi ini diperoleh nilai rata-rata nilai tegangan pada axis Z adalah **2,047214** volt. Untuk axis X adalah **1,63739** volt, dan untuk axis Y sebesar **1,638319** volt. Nilai tegangan ZeroG untuk axis X dan axis Y diambilkan dari nilai rata-rata keluaran pengujian kondisi Z+.

G. Tegangan ZeroG pada Axis Z

Tegangan ZeroG pada axis Z ditentukan dengan metode nilai tengah dari rata-rata pengukuran nilai maksimum (+1g) dan nilai minimum (-1g).

Dari pengujian nilai maksimum dan minimum digunakan untuk mencari nilai tegangan ZeroG dengan formula berikut.

$$V_{0g} \text{ axis Z} = \frac{V_Z \text{ maks} + V_Z \text{ min}}{2} \dots\dots\dots(2)$$

$$V_{0g} \text{ axis Z} = \frac{2,047214 + 1,426540}{2}$$

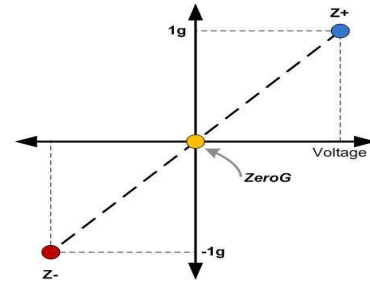
$$V_{0g} \text{ axis Z} = 1,736877 \text{ volt}$$

TABEL 8
PERBANDINGAN TEGANGAN ZEROG DARI DATASHEET DAN PENGUJIAN

	V_{0g} dari datasheet*			Pengujian**
	Min	Typical	Max	V_{0g}
X	1,35	1,5	1,65	1,637390
Y	1,35	1,5	1,65	1,638319
Z	1,20	1,5	1,80	1,736877

* tegangan masukan ke sensor sebesar 3V

** tegangan masukan ke sensor sebesar 3,3V



Gambar 11 Metode perhitungan nilai tegangan ZeroG

G. Pengujian Sensitivitas Sensor

Dalam perancangan ini untuk memperoleh nilai sensitivitas sensor digunakan formula sebagai berikut.

$$\mu = \frac{V_{out(+1g)} - V_{out(-1g)}}{2g} \dots\dots\dots(3)$$

dengan,

μ = Sensitivitas sensor (V/g), $V_{out(+1g)}$ = Tegangan keluaran saat +1g (V), $V_{out(-1g)}$ = Tegangan keluaran saat -1g (V)

TABEL 9
SENSITIVITAS MASING-MASING AXIS DARI PENGUJIAN

	Tegangan (V)		μ (V/g)
	$V_{out(+1g)}$	$V_{out(-1g)}$	$\frac{V_{out(+1g)} - V_{out(-1g)}}{2g}$
X	1,963734	1,344477	0,3096285
Y	1,971848	1,312463	0,3296925
Z	2,047214	1,426540	0,3103370

TABEL 10
PERBANDINGAN SENSITIVITAS DATASHEET DAN PENGUJIAN

	μ (V/g) dari datasheet*			μ (V/g) dari pengujian**
	Min.	Typ.	Max.	$\frac{V_{out(+1g)} - V_{out(-1g)}}{2g}$
X	0,27	0,30	0,33	0,3096285
Y	0,27	0,30	0,33	0,3296925
Z	0,27	0,30	0,33	0,3103370

* tegangan masukan sensor sebesar 3V

** tegangan masukan sensor sebesar 3,3V

IV. PENTUTUP

Nilai standard deviasi terbaik pada saat pengujian Z- pada axis X dengan nilai standard deviasi sebesar **0 volt** sehingga dengan prosentase perbandingan terhadap nilai rata-rata sebesar **0%**. Dan sebaliknya nilai standard deviasi terbesar adalah **0,005055 volt** dengan prosentase perbandingan terhadap nilai rata-rata sebesar **0,257397%** pada pengujian kondisi X+ pada axis X.

Nilai tegangan ZeroG dari sensor percepatan pada pengujian ini adalah **1,637390 volt** untuk axis X, **1,638319 volt** untuk axis Y, dan **1,736877 volt** untuk axis Z. Ketiga axis, nilai tegangan ZeroG tidak sama dengan nilai typical dari datasheet tetapi masih masuk dalam range maksimumnya.

Sensitivitas sensor percepatan pada axis X adalah **0,3096 V/g**, axis Y adalah **0,3296925 V/g**, dan axis Z adalah **0,3103370 V/g**. Semua nilai sensitivitas dari masing-masing axis masih masuk ke dalam range sensitivitas dari datasheet. Selisih dengan nilai typical dari datasheet adalah sebesar **0,0096 V/g** untuk axis X, **0,0296925 V/g** untuk axis Y, serta **0,03103370 V/g** untuk axis Z.

Metode penentuan nilai tegangan ZeroG, sensitivitas dan karakteristik sensor dapat digunakan dengan metode yang lain dengan perangkat pengujian yang lebih terpercaya.

Pengujian lamanya waktu kerja sensor dapat ditambahkan untuk mempertimbangkan tingkat kepercayaan data.

Pengujian pengaruh temperatur sensor dapat dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur dalam kinerja sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Davidson, J.Hautamaki, Jussi Collin. *Using Low Cost MEMS 3D Accelerometer and One Gyro to Assist The GPS Based Car Navigation System*. Tampere University of Technology, Finland.
- [2] Tuck, Kimberly. *Tilt Sensor Using Linear Acceleometer*. Freescale Semiconductor.2007.
- [3] Yusuf,Arba'i. *Aplikasi Accelerometer 3 Axis Untuk Mengukur Sudut Kemiringan (Tilt) Engineering Model Satelit Di Atas Air Bearing*. 2008
- [4] -----, *ADXL335 Data Sheet*, <http://www.analog.com>, Desember 2010.
- [5] -----, *Tilt-Sensing with Kionix MEMS Accelerometers*, Kionix, 2007