

Karakterisasi Sensor Efek Hall UGN3503 Untuk Mengukur Kemiringan

A. Ro'uf dan Z. Saufy

Abstract— Telah dilakukan penelitian untuk memanfaatkan sensor Efek Hall UGN 3503 sebagai sensor kemiringan. Sensor Efek Hall UGN 3503 adalah sensor medan magnet, karena itu perlu dilakukan penelitian untuk menemukan karakteristik sensor tersebut untuk keperluan pengukuran kemiringan.

Karakterisasi yang dilakukan yaitu mencari pengaruh jarak sumber medan magnet terhadap sensor serta pengaruh polaritas sumber medan magnet terhadap tegangan keluaran sensor UGN 3503. Berdasarkan data sheet, jika tanpa pengaruh sumber medan magnet maka sensor UGN 3503 akan menghasilkan keluaran tegangan sebesar setengah dari supply tegangan. Dari hasil penelitian didapatkan keluaran sensor tidak sama dengan setengah supply tegangan saat tidak ada pengaruh sumber medan magnet, ini disebabkan pengaruh medan magnet bumi yang tidak bisa diabaikan, dari penelitian juga didapat bahwa sumber medan magnet dengan polaritas negatif menyebabkan keluaran sensor semakin kecil dengan jarak semakin dekat, dan sebaliknya.

Setelah ditemukan karakterisasi sensor UGN 3503 kemudian diimplementasikan untuk pengukuran sudut kemiringan bidang, sistem terdiri dari mikrokontroler sebagai prosesor, sensor UGN 3503, serta LCD sebagai penampil. formulasi konversi dari tegangan ke sudut didapat dengan menggunakan sebuah konstruksi balok berukuran 10cm x 12cm x 8cm, dimana sensor diletakan disalah satu sisi dan magnet digantungkan ditengah balok, kemiringan sudut tertentu menyebabkan sumber medan magnet mengalami perubahan jarak terhadap sensor yang akan menghasilkan tegangan, dimana tiap kemiringan menghasilkan tegangan keluaran sensor yang berbeda, karakterisasi ini dijadikan data untuk formulasi konversi. Purwarupa ini dapat mengukur sudut kemiringan dibatasi dari 1 derajat sudut sampai 20 derajat sudut.

Keywords— sensor efek hall, karakterisasi, alat ukur kemiringan.

Abdul Ro'uf, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Email: rrouf@ugm.ac.id

Zulfan Saufy, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

1. PENDAHULUAN

Dalam bidang teknik sipil ataupun arsitektur, besarnya sudut kemiringan merupakan suatu parameter yang sangat penting, dalam pembangunan suatu gedung bertingkat misalnya, sudut kemiringan pondasi merupakan hal yang sangat diperhitungkan, karena kesalahan perhitungan sampai satu derajat saja bisa menjadi masalah. Semakin miring suatu gedung maka tingkat ketahanan bangunan sangat rapuh namun apabila gedung yang dibuat memiliki konstruksi kemiringan yang sesuai dengan struktur bidang tanah, maka bangunan itu bisa bertahan lama bahkan sampai bertahun-tahun. Selain itu pengukuran kemiringan sangat penting pada pembuatan saluran air, pembuatan lantai dan laboratorium optik. Adanya kemiringan juga dapat dijadikan sebagai data untuk mencari lebih lanjut apakah kemiringan tersebut akibat dari adanya struktur bangunan yang sudah tidak sehat lagi, kemiringan juga dapat menjadi salah satu komponen monitoring struktur bangunan.

Perhitungan suatu sudut kemiringan dalam suatu proyek pembangunan saat ini masih banyak menggunakan alat yang masih bersifat manual, seperti menggunakan *theodolite*, *BTM*, dan *waterpass*. Biasanya alat alat ini hanya digunakan untuk mengukur kemiringan tanah ataupun lantai, sedangkan untuk pengukuran kemiringan pondasi masih menggunakan perhitungan dengan rumus dan dikerjakan oleh ahli yang tingkat keakuratannya masih belum begitu presisi. Kasus miringnya gedung DPR yang mencapai 8 derajat yang masih dipertanyakan kebenarannya dan menjadi polemik merupakan masalah yang timbul karena belum adanya alat untuk mengukur sudut kemiringan suatu bangunan yang akurat serta murah dan mudah digunakan. Sehingga diperlukan suatu alat atau instrumen yang bisa memberikan perhitungan yang lebih presisi dan valid serta mudah digunakan oleh orang awam sekalipun.

Dari permasalahan di atas, maka dilakukan penelitian tentang sensor UGN 3503 dalam aplikasinya untuk pengukuran sudut kemiringan. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi yang nyata untuk peranan dengan

bidang-bidang yang terkait per-kembangan teknologi di bidang elektronika saat ini sangat pesat, dengan memanfaatkan sensor dan mikrokontroler diharapkan memberi solusi bagi permasalahan tersebut. menggunakan sensor UGN 3503 sebagai masukan kemudian diolah oleh mikrokontroler sebagai prosesor untuk menghasilkan perhitungan sudut kemiringan yang kemudian akan ditampilkan pada penampil dalam hal ini LCD.

Kuat medan magnet merupakan salah satu besaran fisika yang sangat penting, untuk mengukur kuat medan magnet diperlukan sensor magnetik. Pada saat ini sensor magnetik berkembang pesat seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Berbagai jenis sensor magnetik telah banyak dikembangkan, misalnya menggunakan koil dengan metode induksi yang diaplikasikan pada pengukuran jarak, pengukuran kuat medan magnet, komputerisasi pencacah sampel menggunakan sensor efek Hall, pengukuran daya listrik lampu pijar, menggunakan magnetogalvanik, menggunakan Efek Hall atau memanfaatkan efek magnetoresistans. Pada perkembangannya, sensor magnetik diaplikasikan dalam berbagai bidang antara lain industri, rumah tangga, kesehatan, pendidikan dan masih banyak lagi bidang aplikasi yang lain. Hal ini disebabkan adanya kecenderungan penggunaan sensor magnetik yang mempunyai banyak kelebihan antara lain: linieritas dan kestabilan yang tinggi, tidak merusak (non destruktif), sensitivitas terhadap arah yang tinggi, reliable, relatif sederhana dan biaya operasi yang murah, sehingga ada tendensi dari manusia untuk menggunakan sensor tersebut [1].

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya diperoleh beberapa karakteristik sensor UGN 3503 terhadap medan magnet diantaranya : tegangan keluaran sensor adalah 0,5 dari Vcc (5 volt) pada saat $B = 0$ gauss. Berdasarkan referensi nilai sebenarnya adalah 2,5 volt, Hasil pengukuran ini berbeda 2,16% dari datasheet, karena sensor tidak benar-benar bebas dari medan magnet [1]. Dari penelitian itu juga menunjukkan bahwa sumber magnet permanen menghasilkan medan magnet yang lebih stabil, sehingga hasil pengukuran tegangan sensor juga lebih stabil. Hal ini disebabkan polaritas (kutub) pada magnet permanen lebih teratur [1]

Menurut Ching-Hua Ting, etc [2], jika sensor dipengaruhi medan magnet berpolaritas negatif maka akan didapatkan hasil pembacaan negatif dalam artian tegangan keluaran akan lebih kecil

dari tegangan normal sedangkan jika sensor dipengaruhi medan magnet dengan polaritas positif maka tegangan keluaran akan lebih besar dari tegangan normal.

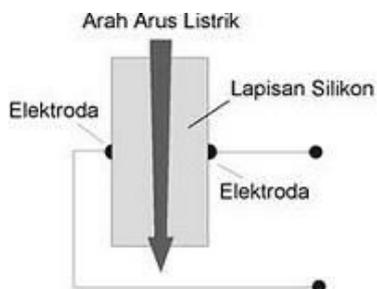
Dari penelitian diatas tentang karakteristik sensor medan magnet, dapat dijadikan acuan untuk merancang suatu sistem untuk mengukur sudut kemiringan menggunakan sensor medan magnet. Tentu saja dengan memikirkan formulasi yang tepat untuk konversi antara tegangan dengan derajat.

Selain sensor medan magnet ini, ada juga sensor lain yang digunakan untuk pengukuran sudut kemiringan diantaranya *accelerometer* type LIS3L06AL untuk mengukur kemiringan *air-bearing*. Mereka mendapatkan hasil pengamatan terhadap *accelerometer* yang menunjukkan bahwa *accelerometer* tersebut lebih sensitif untuk mengukur sudut pada $0^\circ - 45^\circ$, sudut lebih dari 45° kurang sensitif [3], tipe lain *accelerometer* yaitu H48C dengan kepekaan 1 g atau $9,8 \text{ m/s}^2$ per 333 mV memiliki ketelitian sampai $1,2^\circ$. *Accelerometer* ini mempunyai kesalahan pembacaan tingkat kemiringan sekitar $1,2^\circ$ oleh pengaruh temperatur pada siang dan malam hari [4].

Sensor efek hall merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi medan magnet. Sensor efek hall akan menghasilkan sebuah tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang diterima oleh sensor tersebut. Pendeteksian perubahan kekuatan medan magnet cukup mudah dan tidak memerlukan apapun selain sebuah induktor yang berfungsi sebagai sensornya. Kelemahan dari detektor dengan menggunakan induktor adalah kekuatan medan magnet yang statis (kekuatan medan magnetnya tidak berubah) tidak dapat dideteksi. Oleh sebab itu diperlukan cara yang lain untuk mendeteksinya yaitu dengan sensor yang dinamakan dengan sensor efek hall. Sensor ini terdiri dari sebuah lapisan silikon yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik. Konstruksi sensor ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Menurut Ramsden [5], sensor efek hall ini hanya terdiri dari sebuah lapisan silikon dan dua buah elektroda pada masing-masing sisi silikon. Hal ini akan menghasilkan perbedaan tegangan pada outputnya ketika lapisan silikon ini dialiri oleh arus listrik. Tanpa adanya pengaruh dari medan magnet maka arus yang mengalir pada silikon tersebut akan tepat ditengah-tengah silikon dan menghasilkan tegangan yang sama antara elektrode sebelah kiri dan elektrode

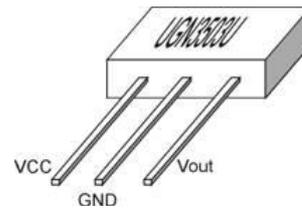
sebelah kanan sehingga menghasilkan tegangan beda tegangan 0 volt pada outputnya. Ketika terdapat medan magnet mempengaruhi sensor ini maka arus yang mengalir akan berbelok mendekati/menjauhi sisi yang dipengaruhi oleh medan magnet. Ketika arus yang melalui lapisan silikon tersebut mendekati sisi silikon sebelah kiri maka terjadi ketidak seimbangan tegangan output dan hal ini akan menghasilkan sebuah beda tegangan di outputnya. Semakin besar kekuatan medan magnet yang mempengaruhi sensor ini akan menyebabkan pembelokan arus di dalam lapisan silikon ini akan semakin besar dan semakin besar pula ketidakseimbangan tegangan antara kedua sisi lapisan silikon pada sensor. Semakin besar ketidakseimbangan tegangan ini akan menghasilkan beda tegangan yang semakin besar pada output sensor ini. Arah pembelokan arah arus pada lapisan silikon ini dapat digunakan untuk mengetahui polaritas kutub medan sensor efek hall ini. Sensor efek hall ini dapat bekerja jika hanya salah satu sisi yang dipengaruhi oleh medan magnet. Jika kedua sisi silikon dipengaruhi oleh medan magnet maka arah arus tidak akan dipengaruhi oleh medan magnet itu. Oleh sebab itu jika kedua sisi silikon dipengaruhi oleh medan magnet yang mempengaruhi magnet maka tegangan outputnya tidak akan berubah



Gambar 1. Konstruksi sensor efek hall

Sensor yang digunakan di dalam penelitian ini adalah sensor efek hall UGN 3503. Sensor ini akan menghasilkan tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang dideteksi oleh sensor ini. Selain itu komponen ini dipilih karena relatif murah, mudah digunakan dan mempunyai performa yang cukup baik. Sensor UGN3503 ini mempunyai 3 pin (Gambar 2):

- pin 1 : VCC, pin tegangan suplai
- pin 2 : GND, pin ground
- pin 3 : Vout, pin tegangan output.

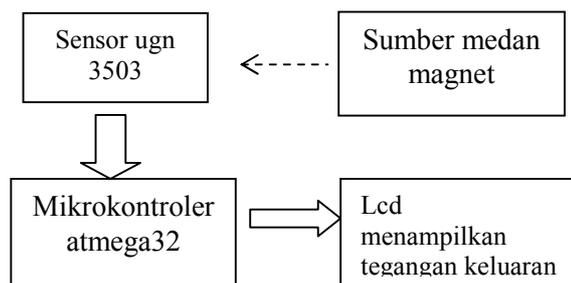


Gambar 2. Sensor efek hall UGN3503

IC ini memiliki komponen internal yang terdiri dari elemen sensor efek Hall, amplifier dan buffer, semuanya dalam satu chip. Sensor ini memberikan tegangan keluaran yang sebanding dengan densitas medan magnet. Sensor ini dapat merespon perubahan kekuatan medan magnet mulai kekuatan medan magnet yang statis maupun kekuatan medan magnet yang berubah-ubah dengan frekuensi sampai 20KHz

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dirancannng dan dibuat alat untuk mencari karakteristik sensor. Blok diagram alat yang dirancang seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram alat

Alat yang dibuat terdiri dari 3 unit: unit sensor, unit pemroses dan unit penampil. Unit sensor berupa modul yang berisi sensor UGN3503 dan sumber medan magnet permanen. Unit pemroses berupa rangkaian minimum sistem mikrokontroler Atmega32. Sedangkan unit penampil berupa modul LCD 16 x 2 baris.

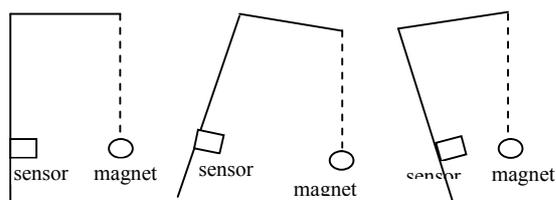
Untuk menemukan formulasi yang tepat antara tegangan dan sudut, yang pertama kali dilakukan adalah mencari hubungan besarnya tegangan dari keluaran sensor UGN 3503 dengan jarak sumber medan magnet, hal ini diperlukan untuk menemukan karakteristik sensor, yang akan menjadi acuan untuk mendapatkan formulasi yang tepat.

Selain variasi jarak, untuk mendapatkan karakteristik sensor juga divariasikan kutub sumber medan magnet untuk mengetahui

pengaruh polaritas sumber medan magnet terhadap sensor UGN 3503.

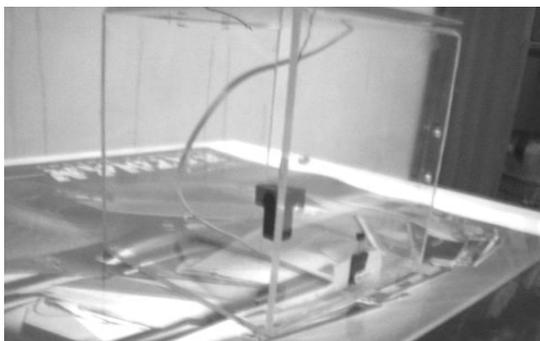
Untuk mendeteksi kemiringan digunakan metode bandul. Sebuah magnet permanen digantungkan pada satu titik tumpu yang tegak lurus dengan bidang tegak, sensor medan magnet ditempatkan pada bidang tegak dengan jarak tertentu dan sejajar dengan magnet tetap yang digantungkan, seperti terlihat pada Gambar 4. Jika terjadi kemiringan pada bidang tegak maka jarak sensor terhadap magnet akan berubah. Perubahan jarak menghasilkan perubahan keluaran pada sensor. Perubahan keluaran sensor dapat diolah lebih lanjut untuk menentukan terjadinya kemiringan.

Jika digunakan lebih dari satu sensor maka dapat diketahui arah kemiringan sesuai arah mata-angin. Pada Gambar 4 ditunjukkan bagaimana mengetahui kemiringan menggunakan 1 buah sensor sehingga dapat diketahui arah kemiringan apakah miring ke kanan ataukah sebaliknya. Pada penelitian ini dibatasi hanya menggunakan 1 buah sensor.



Gambar 4. Metode sensing kemiringan

Untuk merealisasikan metode sensing, dibuat modul sensor dalam bentuk balok. Konstruksi balok ini dibuat dari bahan *acrylic* dengan panjang 10 cm lebar 8 cm dan tinggi 12 cm, dengan jarak awalan antara sensor dan sumber medan magnet 2,3 cm dan panjang kawat untuk menggantung magnet 7,5 cm. Kuat medan magnet yang digunakan sebesar 600 gauss. Gambar 5 adalah konstruksi modul sensor yang dibuat.



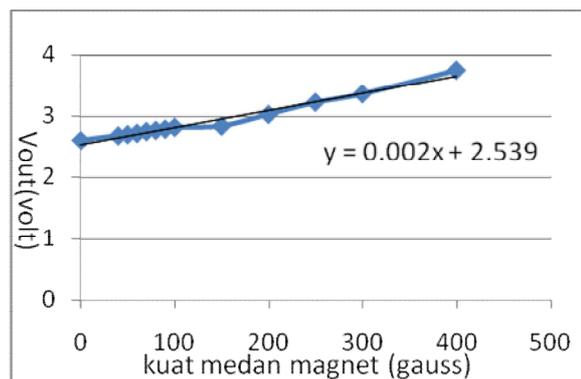
Gambar 5. Konstruksi modul sensor

3.. HASIL PENGUJIAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Sensor

Sensor ugn3503 akan mengeluarkan tegangan setengah dari *supply* yang diberikan jika tidak ada pengaruh sumber medan magnet, hal dapat dibaca pada datasheet. Pada penelitian ini menggunakan *supply* 5 volt, keluaran yang dihasilkan oleh sensor tanpa pengaruh medan magnet sebesar 2,60 volt, hal ini berbeda 0,1 dari data sheet yang seharusnya adalah 2,50 volt. Hal ini disebabkan sensor tidak benar benar bebas dari sumber medan magnet, masih ada medan magnet bumi yang mempengaruhi.

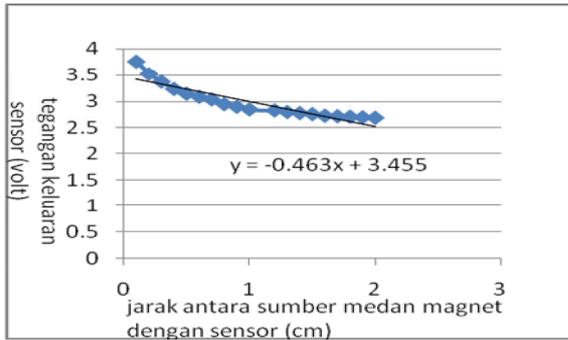
Pengaruh kuat medan magnet terhadap tegangan keluaran sensor, juga diuji coba dengan tujuan untuk mencari kuat medan magnet yang paling tepat. Pengujian dilakukan dengan memvariasi kuat medan dengan jarak tetap. Hasil pengujian disajikan pada gambar 6.



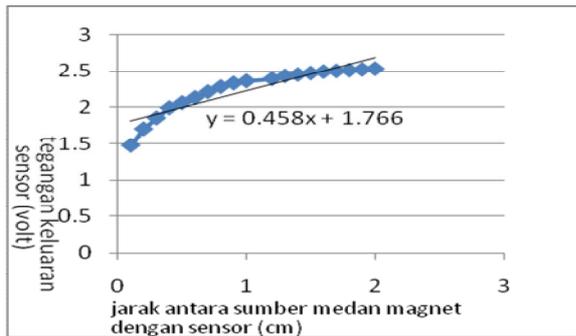
Gambar 6. Grafik pengaruh kuat medan magnet

Pada gambar 6 terlihat bahwa semakin besar kuat medan magnet maka tegangan keluaran juga semakin besar.

Pengujian selanjutnya, menggunakan kuat medan magnet tetap, yaitu sebesar 600 gauss, dengan memvariasi jarak dan polaritas kutub utara dan selatan. Hasil pengujian disajikan pada gambar 7 dan gambar 8. Dari hasil pengujian pada gambar 7 tersebut terlihat bahwa jarak semakin dekat maka keluaran tegangan sensor juga akan semakin besar untuk yang berhadapan dengan kutub selatan. Sedangkan jika kutub utara yang digunakan maka akan sebaliknya, seperti terlihat pada gambar 8.



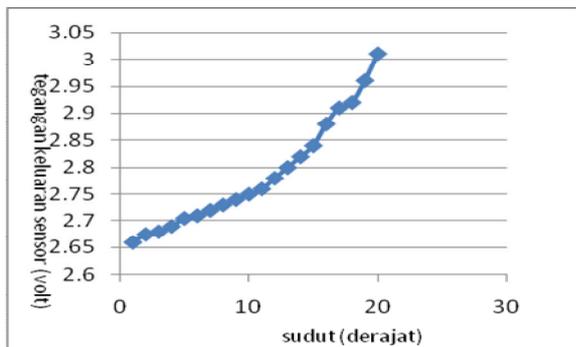
Gambar 7. Grafik keluaran tegangan vs jarak untuk sumber magnet kutub selatan



Gambar 8. Grafik keluaran tegangan vs jarak untuk sumber magnet kutub selatan

3.2. Pengujian Untuk Pengukuran Kemiringan

Pengujian dilakukan dengan melihat keluaran tegangan dengan variasi sudut, variasi sudut yang diuji dari 1 derajat sampai dengan 20 derajat. Dilakukan pengambilan data sebanyak 3 kali, hal ini bertujuan agar data benar benar valid, agar hasil pengukuran sudut oleh sistem benar benar presisi. Hasil pengukuran diperlihatkan dalam bentuk grafik pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik keluaran sensor vs sudut kemiringan

Dari bentuk grafik, maka model yang tepat adalah model regresi cubic (berbentuk kurva

dengan lebih dari satu titik puncak). Dengan menggunakan SPSS diperoleh persamaan:

$$Y = 2,6514 + X(0,0012) - X^2(0,0006) + X^3(0,0006) \quad (1)$$

Persamaan (1) akan digunakan sebagai formulasi konversi pada program yang dibuat untuk menampilkan keluaran yang berupa sudut kemiringan dalam derajat.

Hasil ujicoba pengukuran kemiringan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kemiringan

Besar sudut yang diukur (derajat)	Besar sudut terbaca (derajat)
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	17
17	18
18	18
19	19
20	20

Dari hasil pengukuran terlihat bahwa nilai sudut kemiringan yang terbaca sesuai dengan kemiringan yang seharusnya mulai dari 1 derajat sampai dengan 15 derajat. Pada kemiringan 16 dan 17 derajat terjadi anomali yaitu nilai yang terbaca berbeda dengan yang seharusnya yaitu lebih 1 derajat. Dan pada kemiringan 18 sampai dengan 20 derajat, kembali terbaca benar sesuai kemiringan yang ditentukan.

4. KESIMPULAN

Dari ujicoba yang telah dilakukan untuk mendapatkan karakteristik sensor UGN3503 yang diperlukan untuk keperluan pengukuran kemiringan, dapat disimpulkan :

1. Hubungan antara pemberian sumber medan magnet kutub selatan dengan tegangan keluaran sensor memenuhi persamaan:
 $y = -0.463x + 3.455$, dengan y adalah keluaran tegangan sensor dalam satuan volt dan x adalah jarak antara sumber medan magnet dengan sensor dalam satuan sentimeter.
2. Hubungan antara pemberian sumber medan magnet kutub utara dengan tegangan keluaran sensor memenuhi persamaan:
 $y = 0.458x + 1.766$, dengan y adalah keluaran tegangan sensor dalam satuan volt dan x adalah jarak antara sumber medan magnet dengan sensor dalam satuan sentimeter.
3. Hubungan antara sudut dengan tegangan keluaran sensor memenuhi persamaan:
 $Y = 2,6514 + X(0,0012) - X^2(0,0006) + X^3(0,0006)$, dengan Y adalah keluaran tegangan sensor dalam satuan volt dan X adalah sudut yang diukur dalam satuan derajat.
4. Hasil pembacaan sudut kemiringan sesuai dengan yang seharusnya, kecuali terjadi kesalahan pada kemiringan 17 dan 18 derajat.

5. SARAN

Dengan konstruksi sensor berupa balok dengan magnet permanen yang digantungkan dengan tali, ternyata keluaran tegangan yang dihasilkan oleh ADC kurang stabil sangat sensitif terhadap guncangan. Karena itu perlu dikembangkan lagi model konstruksi sensor yang lebih stabil dan dengan ukuran yang lebih kecil. Disamping itu dari hasil pengukuran kemiringan terjadi anomali hasil pembacaan pada sudut 16 dan 17 derajat, untuk ini perlu dicari lebih lanjut penyebab dari anomali tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suryono, Agus Riyanti, Jatmiko Endro Suseno., Karakterisasi Sensor Magnetik Efek Hall UGN3503 Terhadap Sumber Magnet dan Implementasinya pada Pengukuran Massa, *Berkala Fisika*, No.1, Vol.12, 2009.
- [2] Ching-Hua Ting, Jing-Yi Huang, Hung, S. Chan-Hua Kao., On the development of a two-dimensional inclination sensor based on magnetic field distribution, *International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*, Singapore, 2009.
- [3] Haryanti, M., Kusumaningrum., N., Aplikasi Accelerometer 3 Axis Untuk Mengukur Sudut Kemiringan (Tilt) Engineering Model Satelit Di Atas Air Bearing, *Jurnal TESLA*, No.2, Vol 10, Halaman 55-58., 2008.
- [4] Prakosa, J., Prototipe Sensor Kemiringan Berbasis Accelerometer Untuk Aplikasi Pada Tambang Batu Bara, *Skripsi*, Program studi S1-Elins FMIPA UGM, Yogyakarta, 2009.
- [5] Ramsden, Ed., *Hall-effect sensors: theory and applications*, Elsevier, Singapore, 2006.