

## **RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN PERGESERAN TANAH MENGGUNAKAN SENSOR VARIABEL RESISTOR**

**Sugito<sup>1</sup>\*, Hartono<sup>1</sup> dan Ipung Permadi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknik, Unsoed

Jl. Dr. Soeparno No. 61 Karangwangkal Purwokerto 53123 Telp.(0281) 638793

\*Korespondensi penulis, Email: sugito@unsoed.ac.id

### **Abstract**

*The phenomenon of ground motion are things that need serious attention. The impact that can be caused by the ground motion can not be underestimated. The velocity of ground motion at each area has different characteristics. Monitoring of ground motion continuously is one way to be able to determine the policy relating to protection measures. Variable resistor is a component that can be used to detect the presence of such a shift. Variable resistor connected to the shear plane using a cord will be amended proportional with the shift in resistance value of shear plane. Variable resistor arranged with others resistor to form a Wheatstone bridge circuit. Thus the change in resistance on the variable resistor will produce a voltage change. Value of voltage changes were characterized to obtain the calibration equations, response time and stability of the sensor. Data acquisition is done by using a personal computer and the device interface DAQ NI USB6009. While programming created using LabView 7.1 software. Based on the results obtained by testing the sensor response time is very good sensor is equal to 0.47 seconds. Highly stable sensors to take measurements, look at the value of the average reading deviation of 1.14 %. The sensor has a measurement in the range of 0 to 17 cm.*

**Keywords :** variable resistor, sensor, Wheatstone bridge, characterization

### **Abstrak**

*Fenomena gerakan tanah merupakan hal yang perlu mendapatkan perhatian serius. Kecepatan gerakan tanah di setiap daerah mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Pemantauan gerakan tanah secara terus menerus merupakan salah satu cara untuk dapat menentukan kebijakan terkait dengan tindakan antisipasi. Variabel resistor merupakan salah satu komponen yang dapat difungsikan untuk mendeteksi adanya pergeseran tersebut. Variabel resistor yang dihubungkan dengan bidang geser menggunakan seutas tali akan mengalami perubahan nilai hambatan seiring dengan perubahan bidang geser. Variabel resistor disusun dengan resistor lain membentuk rangkaian jembatan Wheatstone, sehingga perubahan hambatan pada variabel resistor akan menghasilkan perubahan tegangan. Nilai perubahan tegangan dikarakterisasi untuk mendapatkan persamaan kalibrasi, waktu respon dan kestabilan sensor. Akuisisi data dilakukan dengan menggunakan personal komputer dan perangkat interface DAQ NI USB6009. Sedangkan pemrograman dibuat dengan menggunakan perangkat lunak LabView 7.1. Berdasarkan pengujian terhadap sensor diperoleh hasil waktu respon sensor sangat baik yaitu sebesar 0,47 detik. Sensor sangat stabil untuk melakukan pengukuran, terlihat dengan nilai penyimpangan pembacaan rata-rata hanya sebesar 1,14%. Sensor mempunyai jangkauan pengukuran pergeseran mulai 0 sampai 17 cm.*

**Kata Kunci :** variabel resistor, sensor, jembatan Wheatstone, karakterisasi

### **Pendahuluan**

Bencana alam merupakan fenomena alam yang terjadi dengan sendirinya yang disebabkan oleh

berbagai faktor. Wilayah pulau Jawa merupakan salah satu wilayah yang sangat rentan terhadap bencana alam, salah satunya adalah wilayah kabupaten

Banyumas yang sering terjadi tanah longsor. Hal ini karena beberapa daerah di wilayah kabupaten Banyumas merupakan perbukitan yang labil sehingga rawan longsor. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada tahun 2004, dikatakan bahwa sedikitnya di wilayah Kabupaten Banyumas telah terjadi tanah longsor di tujuh kecamatan. Di antara tujuh kecamatan tersebut dua kecamatan yaitu Kemranjen dan Somagede mengalami dampak terparah akibat bencana tanah longsor [1].

Tanah longsor merupakan perpindahan material pembentuk suatu lereng. Material pembentuk lereng terdiri dari komposisi batuan yang beraneka ragam. Pergerakan material batuan dapat terjadi secara spontan ataupun perlahan. Faktor yang mempengaruhi terjadinya tanah longsor antara lain kemiringan lereng, struktur batuan, adanya bidang geser atau bidang gelincir, curah hujan dan vegetasi di daerah tersebut [2]. Secara umum apabila material batuan pembentuk lereng berada di atas suatu batuan yang kedap air, maka material di atasnya mudah bergeser. Lapisan batuan yang kedap air sering disebut dengan bidang gelincir. Oleh karena itu salah satu pemicu terjadinya tanah longsor adalah curah hujan. Air hujan yang meresap ke dalam lapisan batuan akan mengganggu stabilitas material batuan itu sendiri [3]. Air yang meresap dalam material batuan akan menambah berat dari batuan tersebut. Ketika air tidak dapat menembus bidang gelincir maka air justru akan mempermudah lapisan batuan di atas bidang gelincir bergeser ke bawah. Apabila hal ini terjadi maka tanah longsor tidak dapat dihindari lagi.

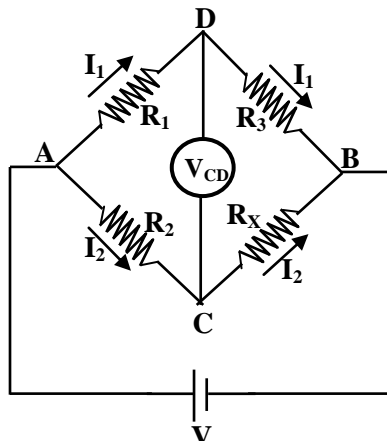
Musibah tanah longsor secara alami memang tidak dapat dihindari, namun demikian untuk menekan jatuhnya korban jiwa dapat dilakukan pemantauan atau deteksi dini. Beberapa cara melakukan deteksi dini tanah longsor telah dilakukan, seperti yang

dilakukan dalam deteksi, monitoring dan prediksi tanah longsor di Jepang [4]. Sistem deteksi tanah longsor berbasis GPS secara *online* juga merupakan solusi untuk menekan jatuhnya korban jiwa. Selain itu pergerakan tanah setiap saat juga dapat dipantau [5]. Gejala awal tanah longsor yang berupa getaran pada lapisan batuan permukaan juga dapat dideteksi menggunakan sensor getaran [6]. Setiap sistem pemantau ataupun deteksi tanah longsor masing-masing mempunyai karakter dan kelebihan sendiri-sendiri.

Sistem pemantauan gerakan tanah pada suatu wilayah yang diindikasikan rawan longsor merupakan kunci dalam melakukan mitigasi tanah longsor. Sistem pemantau gerakan tanah yang sederhana namun mempunyai daya guna dan akurasi yang tinggi merupakan salah satu jalan keluar yang terbaik. Masih banyak daerah yang terindikasi rawan longsor tetapi masih belum tersentuh oleh sistem deteksi dini yang paling sederhana sekalipun. Tergugah dari hal ini maka sangat dibutuhkan suatu sistem yang dapat memantau setiap pergerakan tanah yang sederhana sehingga dapat dengan mudah dilakukan produksi masal. Sistem yang akan dibangun memanfaatkan variabel resistor sebagai sensor pendeteksi gerakan tanah. Ketika lapisan tanah mengalami pergeseran maka akan terdeteksi oleh variabel resistor yang selanjutnya akan menghasilkan perubahan tegangan keluaran. Perubahan tegangan keluaran inilah yang nantinya dikalibrasi menjadi pergeseran tanah.

Jenis sensor yang dikembangkan pada penelitian ini menggunakan variabel resistor sebagai pendeteksi pergeseran lapisan tanah. Variabel resistor yang dimodifikasi akan berputar seiring dengan terjadinya pergeseran. Sebagaimana diketahui bahwa variabel resistor menghasilkan perubahan hambatan, sementara untuk akuisisi data dibutuhkan perubahan nilai tegangan.

Guna keperluan akuisisi data lebih lanjut, variabel resistor harus dirangkai menjadi sebuah rangkaian yang dapat memenuhi tuntutan tersebut. Salah satu rangkaian yang dapat digunakan untuk menjawab kebutuhan tersebut adalah rangkaian Jembatan Wheatstone [7]. Rangkaian jembatan Wheatstone merupakan salah satu rangkaian pembagi tegangan. Salah satu kelebihan pada rangkaian ini adalah dapat memberikan tegangan keluaran nol volt. Perubahan nilai hambatan pada salah satu hambatan akan memberikan respon perubahan tegangan keluaran. Apabila salah satu hambatan tersebut adalah variabel resistor yang difungsikan sebagai sensor pergeseran tanah, maka setiap terjadi pergeseran tanah akan menghasilkan perubahan tegangan keluaran pada rangkaian jembatan Wheatstone. Perubahan tegangan inilah yang nantinya dapat diolah lebih lanjut sehingga dapat menggambarkan pergeseran lapisan tanah.



Gambar 1. Rangkaian jembatan Wheatstone

Gambar 1 merupakan rangkaian jembatan Wheatstone dengan  $R_x$  adalah hambatan sensor. Ketika tegangan masukan diberikan pada titik A dan B pada rangkaian maka arus akan mengalir melewati  $R_1$  sebesar  $I_1$  dan melewati  $R_2$  sebesar  $I_2$ . Besarnya arus  $I_1$  dan  $I_2$  masing-masing adalah :

$$I_1 = \frac{V_{AB}}{(R_1 + R_3)} \quad \text{dan} \quad I_2 = \frac{V_{AB}}{(R_2 + R_x)} \quad (1)$$

Akibat arus  $I_1$  dan  $I_2$  yang mengalir akan menghasilkan beda potensial pada titik C dan D sebagai tegangan keluaran sebesar :

$$V_{CD} = V_{CB} - V_{DB} \quad (2)$$

dimana

$$V_{CB} = I_2 \times R_x \quad \text{dan} \quad V_{DB} = I_1 \times R_3 \quad (3)$$

Apabila persamaan (3) disubstitusikan ke persamaan (2) akan diperoleh:

$$V_{CB} = \frac{V_{AB}}{(R_2 + R_x)} \times R_x$$

$$\text{dan} \quad V_{DB} = \frac{V_{AB}}{(R_1 + R_3)} \times R_3 \quad (4)$$

Sehingga tegangan keluaran pada titik C dan D adalah:

$$V_{CD} = \left( \frac{R_x}{(R_2 + R_x)} - \frac{R_3}{(R_1 + R_3)} \right) V_{AB} \quad (5)$$

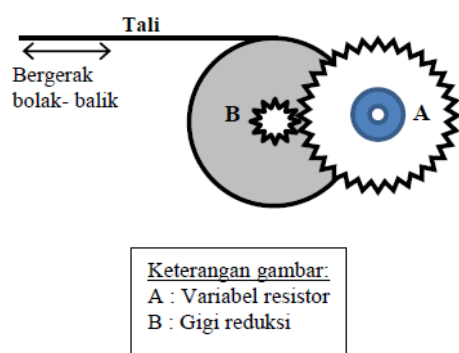
Penggunaan variabel resistor sebagai sensor dapat digunakan untuk menggantikan peran dari  $R_x$ . Berdasarkan persamaan (5) dapat dinyatakan bahwa ketika hambatan sensor ( $R_x$ ) berubah maka tegangan keluaran rangkaian juga akan berubah. Respon perubahan tegangan keluaran setiap terjadi pergeseran lapisan tanah dapat dikalibrasi. Dengan demikian sistem sensor dapat menunjukkan nilai pergeseran.

### Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika Instrumentasi dan Geofisika Program Studi Fisika MIPA Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto menggunakan metode eksperimen. Penelitian dilakukan melalui tiga tahap, yaitu: tahap rancangan dan pembuatan sensor, tahap pemrograman dan tahap karakterisasi sensor.

Tahapan pertama yang dilakukan adalah pembuatan rancangan sensor dan pengumpulan alat dan bahan. Sensor yang akan digunakan adalah variabel resistor sistem putar. Supaya variabel resistor dapat merespon pergeseran yang cukup panjang maka variabel resistor dihubungkan menggunakan roda gigi

dengan roda lain yang mempunyai perbandingan jumlah gigi tertentu. Ketentuan yang digunakan dalam rancangan ini adalah roda dengan jumlah gigi yang lebih banyak dihubungkan seporos dengan variabel resistor. Sementara roda dengan jumlah gigi sedikit dihubungkan dengan seutas tali untuk mengkonversi dari gerak rotasi menjadi gerak translasi. Rancangan sensor pergeseran dari variabel resistor lengkap dengan sistem gigi reduksi seperti ditunjukkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Sistem sensor dengan variabel resistor

Sistem sensor tersebut selanjutnya dihubungkan dengan resistor lain sehingga membentuk rangkaian jembatan Wheatstone. Variabel resistor yang difungsikan sebagai sensor pergeseran menggunakan variabel resistor 10 k $\Omega$ . Sementara yang lain menggunakan hambatan tetap sebesar 1 k $\Omega$ . Rangkaian jembatan Wheatstone membutuhkan tegangan (V) yang dapat diperoleh dari sumber di luar rangkaian. Pada rancangan ini tegangan dibuat tetap sebesar 5 V dengan memanfaatkan IC regulator 7805. Hal ini digunakan untuk menjaga apabila pasokan arus listrik dari sumber arus mulai menurun tegangan yang masuk pada rangkaian jembatan Wheatstone tetap terjaga. Dengan menjaga tegangan sumber yang tetap ini akan membuat respon sensor juga lebih stabil.

Selain pembuatan sistem sensor, agar sistem dapat memberikan informasi kepada pengguna maka sensor digabungkan dengan perangkat lain sebagai pengolah data. Tegangan keluaran sensor merupakan sinyal analog, sementara untuk proses pengolahan lebih lanjut dibutuhkan sinyal digital. Konversi dari sinyal analog menjadi sinyal digital dilakukan dengan menggunakan *interface* DAQ NI USB 6009, yang didalamnya sudah terdapat ADC maupun DAC (*digital to analog converter*). Tegangan keluaran sensor dikirim ke komputer melalui *interface* DAQ guna pengolahan data lebih lanjut.

Komputer sebagai media pengolah data dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan apabila sudah diprogram. Pemrograman pada penelitian ini bertujuan agar komputer dapat menampilkan hasil pembacaan sensor dalam bentuk besaran jarak. Selain itu, program juga dibuat agar sistem memberikan peringatan (*warning*) apabila pergeseran sudah melampaui batas aman yang telah ditentukan. Komputer juga diatur agar dapat melakukan perekaman data dengan interval waktu yang dapat ditentukan. Pemrograman dibuat menggunakan *software* LabView 7.1.

Tahapan terakhir adalah melakukan karakterisasi terhadap sistem sensor. Karakterisasi pertama adalah menentukan respon sensor terhadap setiap pergeseran. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur respon tegangan keluaran sensor setiap diberikan perubahan jarak. Perubahan jarak dilakukan dengan cara menarik tali yang telah dipasang pada sistem konversi dari sistem sensor. Data respon sensor selanjutnya digunakan untuk menentukan persamaan kalibrasi tegangan terhadap nilai pergeseran.

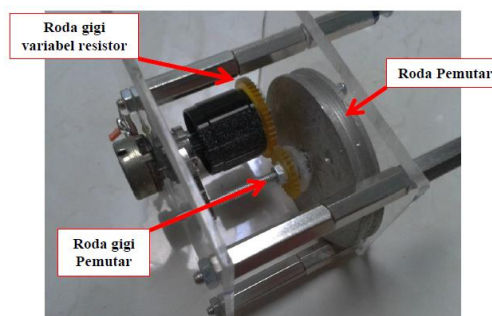
Karakterisasi berikutnya adalah menentukan waktu respon sensor. Waktu respon merupakan ukuran

kecepatan sensor dalam merespon setiap terjadinya perubahan jarak. Waktu respon sensor ditentukan dengan cara memberikan perubahan jarak secara spontan dari nilai minimum tertentu sampai nilai maksimum. Waktu respon sensor diperoleh dengan menentukan 90% waktu yang dibutuhkan sensor untuk merespon perubahan yang spontan tersebut. Penentuan waktu respon sensor dapat dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas perekaman data yang terdapat di dalam program.

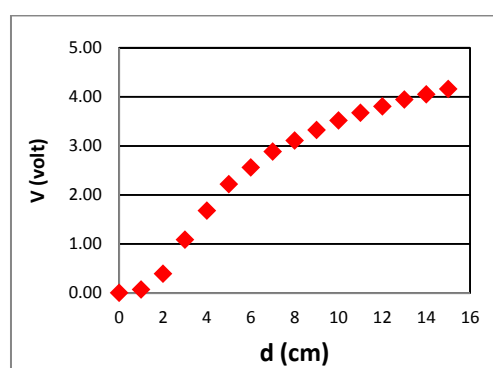
Kestabilan sensor merupakan suatu besaran yang digunakan untuk menentukan tingkat kestabilan sensor. Kestabilan sensor dapat ditentukan dengan cara melakukan pengukuran satu nilai tertentu dalam kurun waktu tertentu. Penentuan kestabilan sensor dalam penelitian ini juga dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas perekaman data yang ada. Data hasil perekaman selanjutnya dianalisa untuk melihat kestabilan datanya.

### Hasil dan Pembahasan

Sensor pergeseran dibuat menggunakan sebuah variabel resistor 10 k $\Omega$  yang dibangun membentuk rangkaian Jembatan Wheatstone. Sensor yang telah berhasil dibuat seperti ditunjukkan pada **Gambar 3**. Perbandingan roda gigi antara variabel resistor dan roda pemutar yang digunakan adalah 28:46. Ukuran diameter roda pemutar adalah 4,6 cm. Putaran maksimum dari variabel resistor yang digunakan adalah 0,75 dari putaran penuh, yaitu  $\frac{3}{4} \times 360^{\circ}$  atau  $\frac{3}{4} \times 2\pi$ . Dengan demikian berdasarkan perbandingan roda gigi tersebut sistem ini dapat merespon pergeseran maksimum sejauh 17,02 cm. Roda pemutar dihubungkan dengan pengait menggunakan tali senar yang kuat untuk selanjutnya dikaitkan dengan media pergeseran.



**Gambar 3.** Sensor pergeseran dari variabel resistor

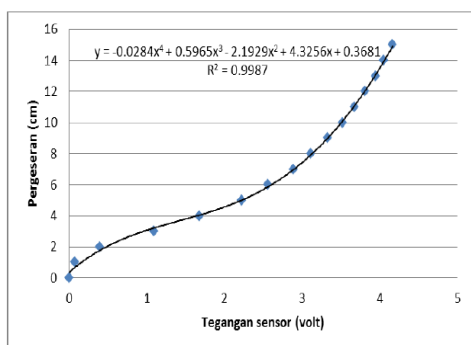


**Gambar 4.** Respon sensor pergeseran tanah skala laboratorium

Sensor pergeseran yang telah berhasil dibuat untuk selanjutnya dilakukan pengujian dan akuisisi data. Pengujian sensor dilakukan dengan memberikan variasi pergeseran pada tali pengikatnya dan mengukur respon tegangan (V) yang dihasilkan. Variasi dilakukan dengan menarik tali pengait sensor. Variasi jarak pergeseran (d) dilakukan setiap 1 cm. Hasil pengujian respon sensor seperti terlihat pada **Gambar 4**.

Pemrograman pada penelitian ini dimaksudkan untuk melakukan akuisisi data sehingga pada akhirnya dapat menampilkan nilai pergeseran sebagaimana yang terjadi dan dapat memberikan peringatan ketika pergeseran sudah melampaui batas yang ditentukan. Sebelum dilakukan pemrograman maka langkah yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah

melakukan konversi agar tegangan respon dapat mencerminkan nilai pergeseran yang sesuai. Hal ini dilakukan dengan membuat fungsi konversi atau fungsi kalibrasi sensor menggunakan *Microsoft Excel* seperti yang terlihat pada **Gambar 5**.



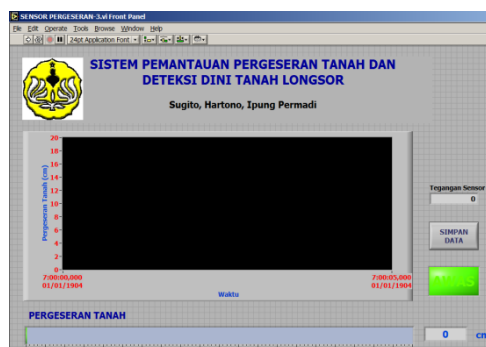
**Gambar 5.** Fungsi kalibrasi sensor pergeseran

Berdasarkan data respon sensor diperoleh fungsi kalibrasi sensor sebagai berikut:

$$d = -0,0284 V^4 + 0,5965 V^3 - 2,1929 V^2 + 4,3256 V + 0,3681$$

dengan  $d$  menyatakan pergeseran dalam cm dan  $V$  menyatakan tegangan sensor dalam volt. Fungsi kalibrasi ini diperlukan ketika membuat pemrograman akuisisi data, sehingga keluaran yang dihasilkan berupa nilai pergeseran yang sesuai.

Pemrograman pada penelitian ini dibuat menggunakan *software LabView 7.1*. Program ini dibuat dengan tujuan agar komputer dapat menterjemahkan nilai perubahan tegangan yang dihasilkan oleh sensor menjadi nilai perubahan pergeseran pada layar monitor. Selain menampilkan hasil, program juga dibuat agar komputer dapat memberikan peringatan ketika pergeseran sudah melampaui batas yang telah ditentukan dan dapat menyimpan data perubahan pergeseran. Tampilan dari program (*front panel*) yang telah dibuat seperti terlihat pada **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Tampilan (*front panel*) sistem pemantau pergeseran tanah.

Pengujian terhadap sensor telah dilakukan dan mendapatkan hasil berupa respon sensor. Program juga telah dilakukan pengujian dan dapat menterjemahkan masukan yang berupa perubahan tegangan. Langkah berikutnya adalah menentukan waktu respon dan kestabilan. Penentuan waktu respon sensor dilakukan dengan menarik tali pengait secara spontan dari keadaan awal (posisi nol) sampai dengan jarak 12 cm. Data perubahan tersebut direkam menggunakan fasilitas perekaman data yang terdapat pada program. Berdasarkan data tersebut ditentukan waktu respon yaitu dengan menentukan waktu untuk merespon dari keadaan awal sampai 90% keadaan akhirnya. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh waktu respon sensor sebesar 0,47 detik yang berarti sensor mempunyai waktu respon yang baik.

Karakterisasi berikutnya adalah menentukan kestabilan sensor dalam merespon satu nilai tertentu. Hal ini dilakukan dengan menarik tali pengait pada jarak 5 cm dan mempertahankan posisi tersebut sambil merekam data. Berdasarkan pada hasil pengolahan data diperoleh nilai penyimpangan pembacaan sebesar 0,83%. Sementara kestabilan rata-rata untuk seluruh data adalah 1,14%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor stabil dalam hal mempertahankan pembacaan pada satu nilai tertentu.

**Kesimpulan**

1. Sistem sensor pergeseran menggunakan variabel resistor telah berhasil dibuat dan dapat digunakan untuk merespon pergeseran dengan interval 1 cm.
2. Karakterisasi terhadap sensor diperoleh hasil bahwa waktu respon sensor sangat baik yaitu sebesar 0,47 detik dan sensor sangat stabil dengan nilai penyimpangan rata-rata sebesar 1,14%. Sensor mempunyai jangkauan pengukuran maksimum 17 cm.

**Daftar Pustaka**

- [1] Sugito, Zaroh Irayani dan Indra Permanajati, 2010, Investigasi Bidang Gelincir Tanah Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di Desa Kebarongan Kec. Kemranjen Kab. Banyumas, *Jurnal Berkala Fisika*, Vol. 13 No. 2 April 2010, hal. 48-54.
- [2] Diandong, R, R. Fu, L.M. Leslie, and R.E. Dickinson, 2011, Predicting Storm-triggered Landslides. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 92, 129-139
- [3] Soenarmo, S.H, I. A. Sadisun, dan E. Saptohartono, 2008, Kajian Awal Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Pendugaan Potensi Tanah Longsor Berbasis Spasial di Kabupaten Bandung, Jawa Barat, *Jurnal Geoaplika*, Volume 3, Nomor 3, hal. 133 – 141.
- [4] Fujisawa, K, K. Higuchi, A. Koda and T. Harada, 2004, Landslides Detection, Monitoring, Prediction, Emergency Measures and Technical Instruction in a Busy City, Atami, Japan, *Research Report*, Public Works Research Institute, Japan.
- [5] Karnawati, D, T.F, Fathani, A. Trias, dan Suharyanto, 2009, Pengembangan Sistem *online* Sensor Tanah Longsor Berbasis GPS di Desa Tengkluk Kecamatan Tawangmangu Kabupaten Karanganyar Jawa Tengah. *Laporan Penelitian Hibah Riset Unggulan*, UGM.
- [6] Hartono dan F. Abdullatif, 2011, Rancang Bangun Sistem Deteksi Dini Tanah Longsor Menggunakan Sensor Getaran Berbasis Induksi Elektromagnetik, *Laporan Penelitian*, Hibah Penelitian Pemula, Unsoed.
- [7] Tooley. M, 2003, *Rangkaian Elektronik Prinsip dan Aplikasi*, Jakarta: Erlangga.

