



## Rancang Bangun Peringatan Bahaya Longsor dan Monitoring Pergeseran Tanah Menggunakan Komunikasi Berbasis GSM

Joko Priyanto<sup>1</sup>, Heri Subagiyo<sup>2</sup> dan Putri Madona<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Caltex Riau, email: [jokoprianto77@yahoo.co.id](mailto:jokoprianto77@yahoo.co.id)

<sup>2</sup>National Taiwan University of Science and Technology, email: [d10407806@mail.ntust.edu.tw](mailto:d10407806@mail.ntust.edu.tw)

<sup>3</sup>Politeknik Caltex Riau, email: [dhona@pcr.ac.id](mailto:dhona@pcr.ac.id)

### Abstrak

Tanah longsor merupakan bencana yang sering terjadi di Indonesia sehingga perluantisipasi melalui monitoring daerah rawan dengan pengembangan sistem instrumentasi kebencanaan. Pergeseran tanah merupakan salah satu faktor terjadinya tanah longsor. Tujuan penelitian ini adalah merancang suatu alat telemetri pergeseran tanah dengan menggunakan sensor Linier Variable Differential Transformer (LVDT) secara digital yang berbasis mikrokontroler, dengan dilengkapi potensiometer yang terpasang pada setiap rentang lintasan area deteksi guna mengetahui titik mana yang mengalami pergeseran. LVDT mengubah posisi pergeseran menjadi tegangan selanjutnya dikonversi menjadi data digital menggunakan Analog to Digital Converter (ADC) 10-bit pada mikrokontroler ATmega8535. Sensor LVDT yang digunakan mampu mendeteksi pergeseran tanah dengan kesalahan pembacaan rata-rata sebesar  $\pm 0.2\text{mm}$ . Komunikasi telemetri via Global System for Mobile communication (GSM) dapat melakukan pengiriman data pergeseran dari lapangan menuju user tanpa adanya kehilangan (loss) data. Data ditampilkan dalam sebuah aplikasi Sistem Monitoring. Selain sebagai monitoring pergeseran, sistem juga berfungsi sebagai early warning system berupa aktifnya sirine peringatan ketika pergeseran telah mencapai kondisi bahaya longsor. Hasil dari pengujian alat dengan 10 kali percobaan diperoleh persentase keberhasilan sebesar 80% dimana terdapat dua kali percobaan yang gagal akibat keterbatasan potensiometer dalam melakukan pergeseran.

**Kata kunci:** Bahaya longsor, Pergeseran Tanah, Monitoring, GSM

### Abstract

Landslide is a disaster that occurs frequently in Indonesia and it is needed to be anticipated by development of monitoring system and disaster instrumentation. Soil or land displacement is a partly main factor of landslide disaster. The objective of this research is designing a telemetry device to measuring of land displacement using Linier Variable Differential Transformer (LVDT) sensor digitally using microcontroller. Including potentiometer on throughout of monitoring line from detection area as displacement location detector. Analog voltage output from LVDT convert to digital data using 10-bit ADC of microcontroller ATmega8535. LVDT sensor able to detect of land displacement with error processing average at  $\pm 0.2\text{mm}$ . Communication system by GSM as telemetry devices can transmitted displacement data from field surface to user point without missing. The data displayed on a Monitoring System application. Not only using as a visual display and monitoring interface, the system also use as

*an early warning system by activate a siren if danger landslide condition occurred. The final result of this research with 10 times trial and tested getting calculated of completed percentage is about 80%. Which is got 2 failure tested because the limited of potentiometers to performed on landslide simulation.*

**Keywords:** *Danger landslide, Land Displacement, Monitoring, GSM*

---

## 1. Pendahuluan

Kondisi tanah di sebagian wilayah Indonesia memang tergolong rawan longsor. Berdasarkan peta zona kerentanan bencana longsor menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) pada tahun 2013, setidaknya terdapat 918 lokasi rawan longsor di Indonesia [1]. Kondisi geografis yang umumnya merupakan daerah pegunungan dan memiliki lereng-lereng menjadikan tanah tidak stabil. Akibatnya, ketika terjadi pergerakan pun tanah mudah longsor. Pergeseran tanah dan kadar air yang berlebih merupakan penyebab utama dari bencana longsor. Peristiwa longsor juga dipicu karena adanya daya pendorong pada tanah. Pada prinsipnya, longsor terjadi karena faktor gaya pendorong lebih besar daripada gaya penahan [2]. Sehingga guna menciptakan suatu sistem peringatan dini bahaya longsor, dibutuhkan beberapa instrument terkait seperti ekstensometer, *rain gauge*, inklinometer, dan sensor pendukung lainnya. Selain itu, metode yang sederhana serta penggunaan perangkat dengan biaya rendah tentunya menjadi suatu tantangan tersendiri dalam menciptakan sistem peringatan yang efektif dan akurat [3].

Perumusan masalah yang akan diselesaikan terdiri atas bagaimana perancangan sistem agar sensor dapat mendeteksi adanya pergeseran tanah pada satu lintasan dalam area pantau tertentu. Serta kemampuan sistem dalam melakukan pengukuran dan pengiriman data telemetri dari posisi sensor dilapangan menuju *user*. Sehingga penelitian ini nantinya akan bertujuan untuk merancang dan membuat sistem telemetri pergeseran tanah pada daerah rawan longsor secara digital yang dapat dijadikan petunjuk untuk mengetahui jarak geseran tanah yang terjadi setiap waktu. Data pergeseran tanah yang dihasilkan akan ditampilkan pada perangkat komputer sehingga *user* dapat memonitor dan mengetahui potensi bahaya longsor pada daerah yang sedang dipantau. Selain bertujuan untuk memonitoring, alat ini juga akan bertindak sebagai sistem peringatan dini (*early warning system*), berupa pengaktifan sirine yang nantinya akan berbunyi ketika kondisi bahaya longsor tercapai. Sehingga memungkinkan masyarakat untuk dapat melakukan evakuasi sebelum longsor terjadi.

## 2. Landasan Teori

### 2.1 Review Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan instrumentasi pergeseran tanah ini adalah pendeteksi longsor bernama “Gamma *Early Warning System* (Gamma EWS)” menggunakan Extensometer [4]. Extensometer tersebut difungsikan sebagai sensor untuk memantau regangan tanah hingga maksimal 5 cm. Ketika hujan lebat turun dan retakan tanah melebar sampai jarak 5 cm, maka sistem pada alat akan menganggap kondisi tersebut sudah dalam keadaan bahaya longsor. Keadaan bahaya yang dimaksud dibagi dalam dua *level alarm*. *Level alarm* pertama muncul pada saat curah hujan mencapai 50mm/jam sebagai tanda siap siaga bagi masyarakat. *Level alarm* kedua muncul ketika pergeseran ekstensometer telah mencapai 5cm, sebagai tanda untuk melakukan evakuasi. Suatu sistem instrumentasi dan monitoring pergeseran tanah menggunakan sensor *Linear Variable Differential Transformer* (LVDT) berbasis mikrokontroler juga telah dikembangkan oleh penulis dalam [5]. Sensor LVDT yang digunakan

pada [5] mampu mendeteksi pergeseran tanah dengan kesalahan pembacaan rata-rata sebesar  $\pm 0.2$  mm.

## 2.2 Pergerakan Massa Tanah

Pergerakan massa tanah merupakan salah satu peristiwa geologi dimana volume tanah atau batuan dalam satu area tertentu mengalami perubahan posisi dari keadaan awalnya. Pergerakan tersebut dapat diakibatkan oleh adanya faktor pemuaihan massa tanah akibat kadar air yang berlebih, ataupun akibat dari perbedaan jenis dan struktur batuan penyusun tanah sehingga dengan kondisi lereng yang curam dapat memicu terjadinya pergerakan tanah yang cenderung mengarah ke bagian bawah akibat pengaruh gravitasi. Dari beberapa pengamatan yang dilakukan terhadap peristiwa longsor yang terjadi, diperoleh suatu kesimpulan bahwa untuk suatu daerah dengan kondisi kemiringan lereng  $>45^\circ$ , apabila dalam area dengan kondisi yang labil telah terjadi pergeseran tanah sebesar  $\pm 5$  cm, maka dapat dikatakan bahwa area atau wilayah tersebut berpotensi mengalami longsor [6].

## 2.3 Mikrokontroler ATMega8535

Mikrokontroler dengan tipe ATMega8535 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh Atmel. Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) menggunakan teknologi RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) dimana set instruksinya dikurangi dari segi ukurannya dan kompleksitas mode pengalamatannya [7]. Dalam AVR dengan arsitektur RISC 8 bit, semua instruksi berukuran 16 bit dan sebagian besar dieksekusi dalam 1 siklus *clock*. Berbeda dengan mikrokontroler MCS-51 yang instruksinya bervariasi antara 8 bit sampai 32 bit dan dieksekusi selama 1 sampai 4 siklus mesin, dimana 1 siklus mesin membutuhkan 12 periode *clock*. Fitur yang tersedia pada ATMega 8535 adalah :

- a) Frekuensi *clock* maksimum 16 MHz
- b) Jalur I/O 32 channel, yang terbagi dalam PortA, PortB, PortC dan PortD
- c) *Analog to Digital Converter* 10 bit sebanyak 8 input
- d) Komunikasi serial standar USART maksimal 2,5 Mbps

## 2.4 Linear Variable Differential Transformer (LVDT)

LVDT umumnya digunakan sebagai sensor posisi pada proses industri. Dalam penelitian sejenis, alat ini juga pernah digunakan sebagai sensor dalam memonitoring pergerakan bebatuan dalam upaya evaluasi dan pencegahan bencana longsor di Jepang [8]. LVDT merupakan salah satu sensor perpindahan yang memanfaatkan pergerakan garis lurus dari struktur komponen di dalamnya. Transduser elektromagnetis ini dapat mengkonversi gerakan suatu benda yang digabungkan secara mekanis menjadi sinyal listrik yang sesuai. LVDT sensor mampu mengukur gerakan mulai dari beberapa milimeter hingga lebih kurang 20 inci [9]. Beberapa keunggulan sensor LVDT jika dilihat dari konstruksinya adalah sebagai berikut:

1. Lebih sensitif terhadap gerakan
2. Catu dayanya dapat berupa tegangan DC (*Direct Current*)
3. Output sensor berupa tegangan sehingga memudahkan proses pengaturan sinyal.

## 2.5 Potensiometer Geser

Potensiometer geser merupakan salah satu jenis *resistor variable* yaitu resistor yang dapat diubah nilai tahanannya. Salah satu jenis potensiometer adalah potensiometer geser, yaitu

potensiometer yang nilai tahanannya dapat diubah dengan cara menggeser knob geser yang ada pada potensiometer tersebut.

## 2.6 GSM Modem SIM900 (Transmitter)

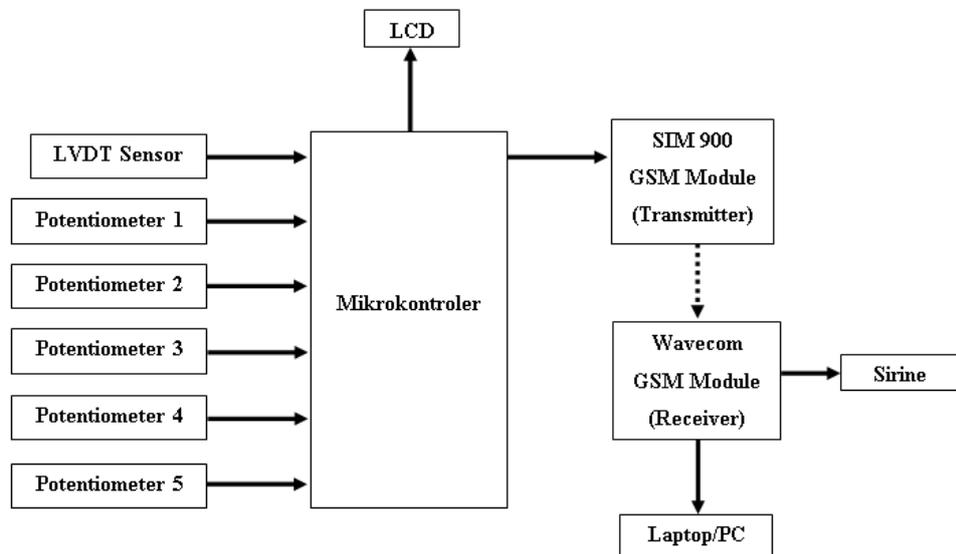
GSM Modem SIM900 merupakan modul Triband GSM (*Global System for Mobile communication*) yang mempunyai kemampuan untuk melakukan pengiriman dan penerimaan data yang berbasis SMS (*Short Message Service*), yang juga memanfaatkan SIM Card seperti halnya fungsi pada handphone. Dalam penggunaannya, jaringan GSM Modem SIM900 juga cukup kuat karena dilengkapi oleh sebuah antena, selain itu penggunaannya yang lebih praktis karena dapat beroperasi dalam range tegangan TTL (*Transistor-Transistor Logic*) sehingga dapat dengan mudah dikomunikasikan melalui mikrokontroler.

## 2.7 GSM Modem Wavecom

GSM Wavecom adalah salah satu modul GSM yang paling umum digunakan terutama dalam pengaplikasian komunikasi data berbasis SMS karena kemudahan pengoperasian dan fiturnya yang lengkap. Terdapat beberapa jenis dan *type* modem Wavecom yang terjual dipasaran mulai dari tipe dengan komunikasi Serial RS-232 maupun USB Port. GSM Wavecom ini akan difungsikan sebagai penerima data (*Receiver*) yang dikirimkan dari lapangan. Wavecom akan menerima dan membaca data, terhubung langsung dengan PC atau Laptop sehingga data lapangan akan masuk dan ditampilkan kepada user. Pengoperasian pembacaan data dilakukan dengan mengirimkan *AT-command* pada modem GSM. Selanjutnya data yang terbaca melalui *Com-Port* akan masuk kedalam *database* dalam bentuk *file Excel* pada program Visual Basic yang telah didesain pada PC.

## 3. Perancangan

### 3.1 Blok Diagram



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Instrumentasi Pergeseran Tanah

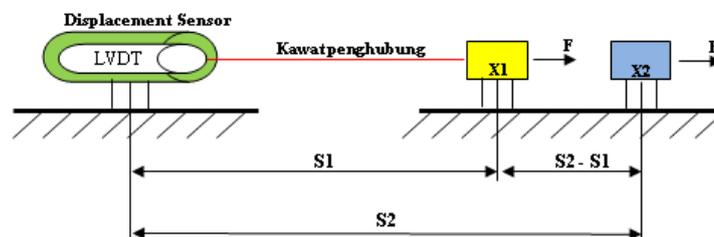
Berdasarkan pada blok diagram Gambar 3.1 diatas, menunjukkan bahwa sensor berfungsi sebagai komponen utama dalam mendeteksi adanya pergeseran tanah. Sensor yang dimaksud adalah LVDT yang mengubah pergeseran secara linear menjadi besaran tegangan tertentu. Output dari sensor yang masih berupa data analog tersebut kemudian dihubungkan ke bagian ADC (*Analog to Digital Converter*) pada Mikrokontroler. Data kemudian diolah pada mikrokontroler untuk mengetahui besarnya jarak pergeseran tanah yang terjadi. Selanjutnya

selain data pergeseran tersebut ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*), juga dikirimkan kepada user yang letaknya berada jauh dari posisi sensor tersebut berada. Komunikasi data memanfaatkan jaringan GSM melalui metode *SMS Gateway*. Data jarak pergeseran beserta data posisi pergeseran yang terjadi dari mikrokontroler kemudian diteruskan menuju GSM modem Pengirim (SIM900) untuk dikirimkan menuju GSM modem Penerima (Wavecom) yang terhubung dengan Laptop/PC dan Sirine Peringatan.

### 3.2 Perancangan Pengukur Pergeseran Tanah

Dalam perancangannya, metode pendeteksian dalam mengukur jarak pergeseran tanah yang terjadi adalah dengan menggunakan 2 (dua) teknik sekaligus, yang keduanya menggunakan jenis sensor yang berbeda. Sensor utama adalah LVDT yang bertugas mendeteksi serta mengukur jarak pergeseran tanah. Dan sensor pendukung yaitu Potensiometer geser yang dipasang dalam rentang lintasan dari area pendeteksian LVDT, guna mengetahui pada koridor/titik mana pergeseran tersebut terjadi.

Instalasi sensor dilapangan diilustrasikan seperti Gambar 3.2 dimana sensor LVDT tersebut dirancang agar sesuai untuk tujuan pengukuran pergeseran tanah. Sensor berada dalam sebuah tabung tertutup dari pipa plastik agar terlindungi dari air ataupun pengaruh cuaca lain. Bagian *core* (inti) dari sensor telah tersambung dengan sebuah tali baja elastis dan sebuah pegas pada penahannya, sehingga saat terjadi pergeseran maka tali akan ikut tertarik dan *core* juga akan mengikuti pergerakan tersebut.



Gambar 3.2 Instalasi Sensor LVDT

Keterangan:

F = Gaya tarikan geser tanah cenderung menjauhi titik referensi (N)

X1 = Posisi mula-mula titik pantau geseran tanah.

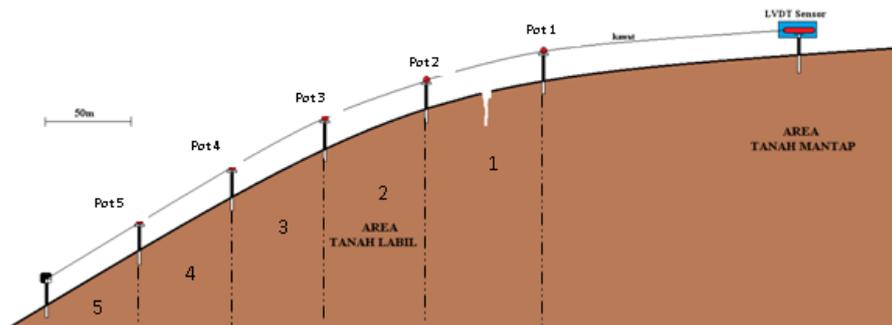
X2 = Posisi terakhir titik pantau geseran tanah.

S1 = Jarak mula-mula antara titik referensi dengan titik pantau geseran (m).

S2 = Jarak terakhir antara titik referensi dengan titik pantau geseran (m).

S2-S1= Nilai pergeseran tanah yang terjadi untuk setiap kali pemantauan (mm).

Mekanisme pembacaan pergeseran tanah dan penentuan posisi pergeseran diilustrasikan pada gambar dibawah ini:

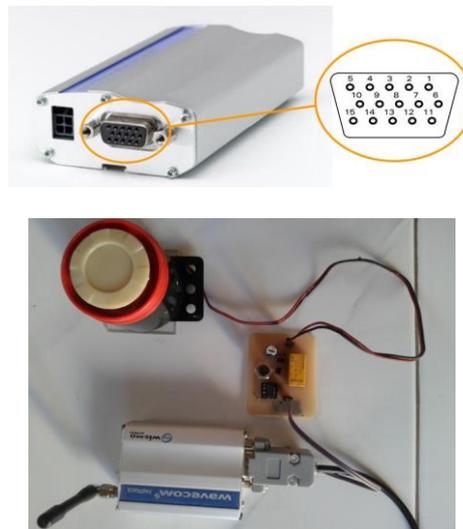


**Gambar 3.4 Ilustrasi pemasangan sensor dilapangan**

Ilustrasi pada Gambar 3.4 diatas menggambarkan metode deteksi dari setiap sensor dimana LVDT sebagai sensor utama pada “*Reference Point*”, dan Potensiometer geser (Pot1 hingga Pot5) disepanjang rentang lintasan tali guna mengetahui titik mana yang mengalami pergeseran. Metode pembacaan yang digunakan adalah, sebagai contoh, pada saat terjadi pergeseran tanah pada area 1, maka sensor Pot1 akan ikut mengalami pergeseran sehingga resistansinya berubah. Apabila pergeseran terjadi pada area 2, maka sensor Pot1 dan Pot2 yang akan ikut bergeser dan mengalami perubahan resistansi. Begitu pula jika diarea 3, sensor Pot1, Pot2 dan Pot3 yang berubah resistansinya. Demikian seterusnya untuk area 4 dan area 5.

### 3.3 Perancangan Trigger Sirine

Rangkaian *Trigger* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.5 bertugas memberikan *trigger* (pemicu) untuk mengaktifkan sirine. Sinyal pemicu ini diperoleh dari Pin 13 (*Ring-Indicator*) dari kabel serial RS-232.

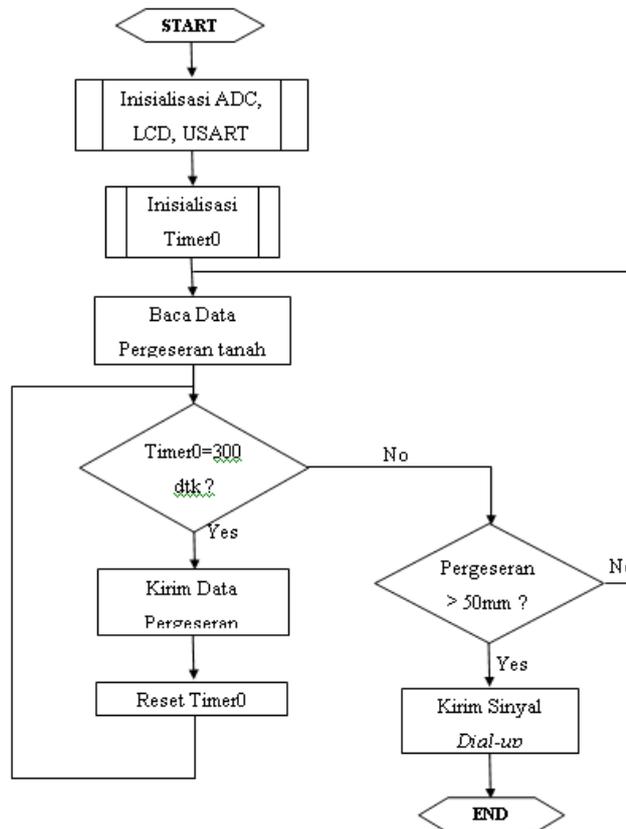


**Gambar 3.5 Rangkaian trigger pengaktifan sirine**

Modem SIM900 dari lapangan akan mengirimkan sinyal dering (*Dial-up*) apabila pergeseran tanah telah mencapai angka 50 mm, yang mengindikasikan kondisi bahaya longsor. Saat modem Wavecom menerima sinyal dering tersebut, maka *Ring-Indicator* tadi akan *Set* dan mengeluarkan *Ring signal* dengan output tegangan analog sebesar 5.5V. Output inilah yang akan dimanfaatkan sebagai sinyal input pada rangkaian *trigger* untuk mengaktifkan sirine yang berada diarea pemukiman penduduk.

### 3.4 Perancangan Software Mikrokontroler

Berikut adalah flowchart pada pemrograman mikrokontroler:



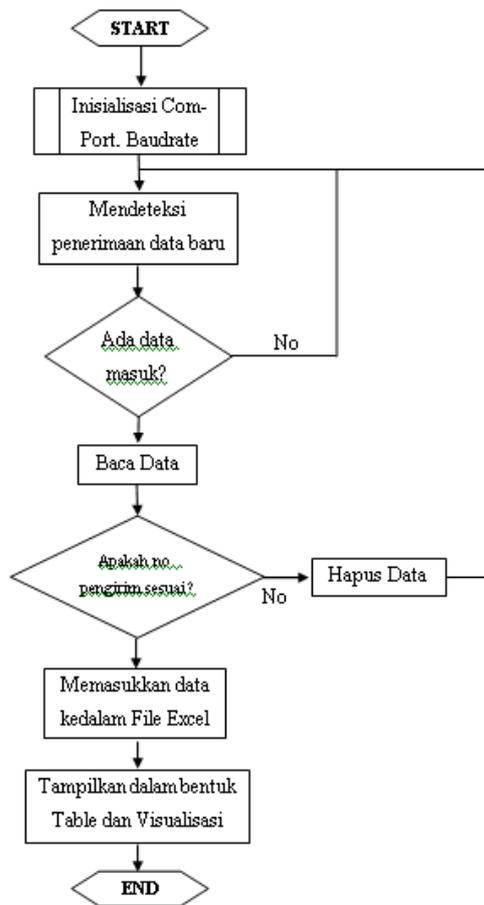
Gambar 3.6 Flowchart pembacaan dan pengiriman data pergeseran

Program-program yang disusun dalam sistem pada mikrokontroler terdiri atas inisialisasi, sub rutin, dan program utama. Program inisialisasi mikrokontroler ATmega8535 meliputi inisialisasi ADC, inisialisasi serial/USART, inisialisasi LCD, dan inisialisasi Timer0. Program utama merupakan pembacaan data pergeseran dengan sub-rutin dalam proses pengiriman data dan penentuan pengiriman sinyal peringatan bahaya longsor. Proses pengiriman data pergeseran akan dilakukan setiap 5 menit sekali, artinya sistem pada mikrokontroler akan memerintahkan GSM SIM900 untuk melakukan pengiriman data pergeseran yang terjadi setiap 5 menit sekali secara terus-menerus sehingga data yang diketahui oleh user selalu *update*.

### 3.5 Perancangan Software Visual Basic

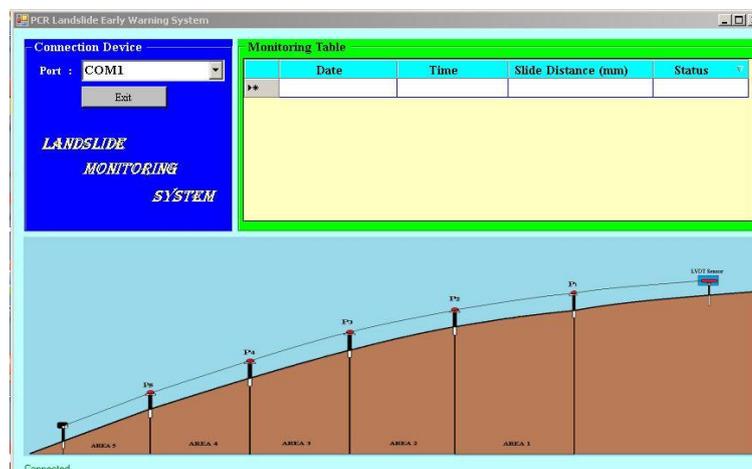
Program aplikasi dalam memonitoring data lapangan dirancang menggunakan software Microsoft Visual Basic 10 yang merupakan *Graphic User Interface* (GUI) berbasis Windows. Perancangan aplikasi ini bertujuan untuk menerima data yang dikirimkan dari lapangan untuk kemudian ditampilkan kepada user dalam bentuk tabel data yang terstruktur beserta visualisasi pergeseran yang terjadi.

Berikut adalah flowchart pada pemrograman visual basic :



**Gambar 3.7 Flowchart aplikasi interface pada komputer**

Dari flowchart diatas, program akan terlebih dahulu melakukan inisialisasi komunikasi serial apabila *device* (GSM Wavecom) telah terpasang ke komputer. Ketika menerima adanya data yang masuk, sistem akan membaca data lalu melakukan pengecekan apakah data yang masuk tersebut benar adalah data yang dikirimkan oleh transmitter dilapangan atau tidak. Jika sesuai maka data pergeseran dan posisi pergeseran akan disimpan ke database dalam bentuk data Excel. Data yang telah terbaca dan tersimpan kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel dan visualisasi kondisi lapangan yang telah tersedia pada aplikasi sistem:



**Gambar 3.8 Tampilan Interface Monitoring System**

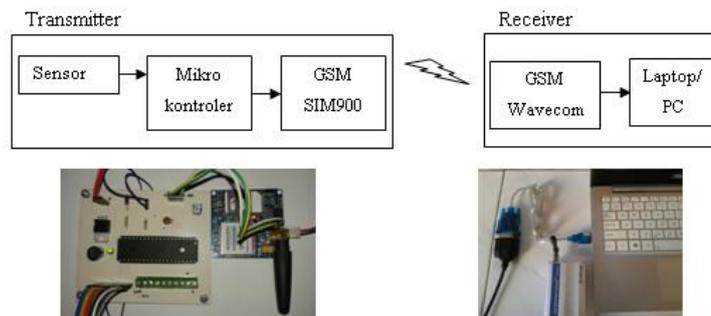
## 4. Pengujian dan analisis

### 4.1 Pengujian Sensor dan Konversi Data ADC

Pengujian sensor LVDT dilakukan dengan cara menarik kawat penghubung secara manual dari posisi awal 0 mm, hingga maksimal ke posisi 50 mm. Pada pengujian ini, posisi awal dari *core* adalah pada posisi minimum yang dianggap sebagai keadaan 0 mm. Ketika kawat penghubung ditarik maka *core* tersebut akan bergerak maju hingga posisi maksimal yaitu 50 mm. Hasil pengujian diperoleh bahwa sensor mampu mendeteksi pergeseran tanah dengan kesalahan pembacaan rata-rata sebesar  $\pm 0.2$  mm. Penjelasan rinci hasil pengujian ini dapat dilihat pada [4].

### 4.2 Pengujian Komunikasi Data Telemetri

Pengiriman data dari lapangan menuju user menggunakan sistem komunikasi jarak jauh via GSM. Pengujian sistem telemetri ini bertujuan untuk mengetahui keberhasilan komunikasi antar perangkat yang terhubung dengan piranti GSM baik mikrokontroler maupun komputer dalam mengirim dan menerima data. Pengujian dilakukan dari sisi pengirim yaitu mikrokontroler menggunakan SIM900, dan dari sisi penerima yang menggunakan Wavecom via *hyperterminal* pada komputer.



Gambar 4.1 Pengujian kirim dan terima data

Pengujian pertama adalah pengujian pengiriman data dari mikrokontroler yang telah terhubung dengan SIM900. Data pergeseran dan data ADC sensor yang telah diolah mikrokontroler akan dikirimkan dengan urutan yang telah disesuaikan, yaitu: "Nilai pergeseran, nilai ADC potensio1, potensio2, potensio3, potensio4, potensio5". Masing-masing nilai dipisahkan dengan karakter koma (,) yang bertujuan guna memudahkan proses *parsing* data saat pembacaan dan pemisahan data pada bagian penerima.

Selanjutnya adalah pengujian penerimaan data dengan memberikan perintah *AT-Command* via *hyperterminal* kepada GSM Wavecom (Gambar 4.2). Perintah yang digunakan adalah perintah baca pesan yaitu `AT+CMGL="ALL"` untuk membaca/menerima seluruh pesan yang masuk.

```
+CMTI: "SM",1
+ATT++CCMMGGLL=="AALLL""
+CMGL: 1,"REC READ","+6282284966767",,"15/06/11,01:31:30+28"
1,21,0,0,0,0
```

Gambar 4.2 Pengujian penerimaan data via Hyperterminal

Data yang dikirimkan dari lapangan akan langsung dibaca dan nantinya akan dimasukkan kedalam database komputer melalui aplikasi Visual Basic. Pemrograman pada Visual Basic tentunya juga akan disertai fungsi terima data yang berisi perintah AT-Command sama seperti pada saat pengujian lewat hyperterminal. Berikut adalah penggalan program visual basic dalam membaca pesan/data yang masuk:

```

With SerialPort1
    rcvdata = ""
    Write("AT" & vbCrLf)
    Threading.Thread.Sleep(100)
    Write("AT+CMGF=1" & vbCrLf)
    Threading.Thread.Sleep(100)
    Write("AT+CPMS=""SM"")
    Threading.Thread.Sleep(100)
    Write("AT+CMGL=""ALL"")
    Threading.Thread.Sleep(1000)
    readmsg()
    Write("AT+CMGD=1,4" & vbCrLf)
    Threading.Thread.Sleep(1000)
End With

```

Dalam proses selanjutnya, keseluruhan data yang terbaca tersebut harus dipisah dengan cara melakukan *parsing* data. Proses parsing data ini dilakukan dalam fungsi [readmsg()], guna memisahkan waktu, tanggal, dan data pergeseran yang dikirimkan dari lapangan. Serta menyaring pesan yang masuk berdasarkan nomor pengirim, agar data yang nantinya diproses lebih lanjut adalah benar-benar data dari perangkat dilapangan dan bukan data dari perangkat lain diluar sistem.

### 4.3 Pengujian Keseluruhan

Pengujian dilakukan menggunakan simulator yang telah dirancang sebelumnya. Simulator ini berfungsi sebagai miniatur keadaan di lapangan dimana alat akan dipasang. Sehingga proses pengujian akan mudah dilakukan sekaligus mampu memperlihatkan bagaimana mekanisme alat dalam membaca pergeseran tanah.

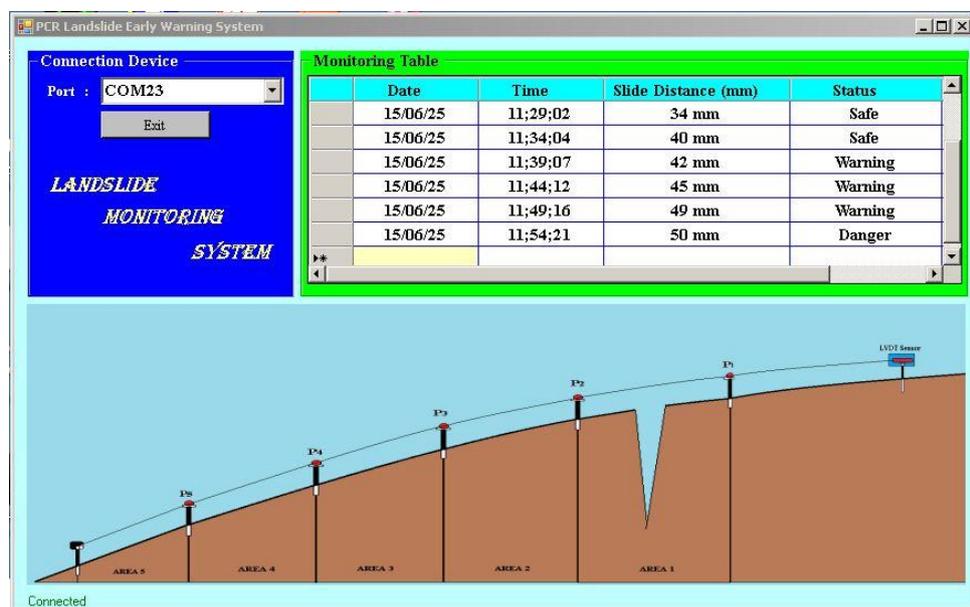


Gambar 4.3 Pengujian menggunakan simulator

Pengujian dengan simulator dilakukan dengan melakukan pergeseran pada Area1. Pada Area1 ini pergeseran akan dihasilkan hingga rekahan tanah mencapai batas maksimal yaitu 50 mm (kondisi bahaya longsor tercapai).

Pengujian selanjutnya adalah melihat hasil data pergeseran yang dikirimkan dari simulator. Sistem mikrokontroler akan mengirimkan data setiap 5 menit. Artinya, GSM Wavecom disisi penerima data akan menerima data setiap 5 menit dan langsung diolah pada aplikasi *interface* Visual Studio di komputer.

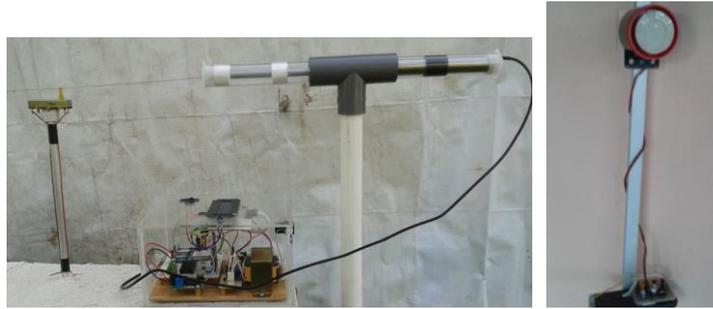
Hasil tampilan aplikasi *interface* saat data dari lapangan telah diterima ditunjukkan oleh Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Penerimaan data pada aplikasi interface di menit ke-9

Pada 5 menit data baris terakhir yang diterima (pukul 11:54:21 saat simulasi dilakukan), pergeseran yang dibuat pada simulator telah mencapai nilai 50 mm. Nilai tersebut adalah nilai batas maksimal pergeseran tanah yang ditoleransi dan dianggap sebagai kondisi bahaya longsor. Dengan demikian, selain mengirimkan data pergeseran, sistem mikrokontroler juga akan langsung mengirimkan sinyal panggilan (*dial-up*) kepada Wavecom.

Sinyal panggilan tersebut akan memberikan logika set (1) pada pin *Ring-indicator* yang terdapat pada output serial Wavecom. Logika inilah yang dijadikan sinyal input pada rangkaian trigger untuk memicu pengaktifan sirine. Dari hasil pengujian, kinerja sistem ini dapat berjalan sebagaimana mestinya, dimana saat terjadi pergeseran sebesar 50 mm tersebut, sinyal panggilan yang dikirimkan berhasil memicu rangkaian dan *sirine* (Gambar 4.5) dapat berbunyi.



**Gambar 4.5 Pengujian pengaktifan sirine**

Dari hasil pengujian secara keseluruhan tersebut, diperoleh hasil perekaman data yang tersimpan dalam file *DataLongsor.xls*, seperti ditampilkan pada Gambar 4.6. Dengan demikian, sistem telah dapat melakukan fungsi sesuai dengan yang diharapkan, yaitu melakukan pengukuran pergeseran tanah, mengirim hasil pengukuran secara telemetri menggunakan jaringan GSM ke komputer pemantau (*user*). Pada aplikasi interface nantinya akan menampilkan besar pergeseran beserta informasi area rekahan tanah, menyimpan histori data pergeseran tanah dan memberikan sinyal peringatan berupa bunyi *sirine* jika pergeseran tanah mencapai 50 mm atau lebih.

Keunggulan yang diperoleh dari sistem alat ini terletak pada kemampuan pengiriman data yang telah memanfaatkan jaringan GSM dimana keakuratan dan kecepatan pengiriman data cenderung lebih baik, berapapun jarak pengiriman antara perangkat dilapangan dengan *user*. Akan tetapi, metode dalam menentukan tingkat bahaya longsor hanya berdasarkan pada pergeseran tanah saja, yaitu menggunakan sensor LVDT. Parameter lain seperti curah hujan dan getaran tanah tentunya masih belum dapat dideteksi. Berbeda dengan penelitian [3] dimana sudah dilengkapi dengan *Rain Gauge* dan sensor pendukung lainnya.

	A	B	C	D
1	Date	Time	Slide Distance (mm)	Status
2	15/06/25	11;13;54	2.4 mm	Safe
3	15/06/25	11;18;58	13.2 mm	Safe
4	15/06/25	11;23;59	28.0 mm	Safe
5	15/06/25	11;29;02	34.0 mm	Safe
6	15/06/25	11;34;04	40.0 mm	Safe
7	15/06/25	11;39;07	42.0 mm	Warning
8	15/06/25	11;44;12	45.0 mm	Warning
9	15/06/25	11;49;16	49.0 mm	Warning
10	15/06/25	11;54;21	50.0 mm	Danger!
11				

**Gambar 4.6 Hasil penyimpanan data pada saat pengujian**

## 5. Kesimpulan

1. Sensor LVDT yang digunakan cukup akurat dalam membaca pergeseran tanah, dengan kesalahan pembacaan dengan rata-rata error sebesar  $\pm 0.2$  mm.

2. Keseluruhan sistem pada alat dapat berjalan sesuai dengan tujuan yang diharapkan, yaitu melakukan pengukuran pergeseran tanah, mengirim hasil pengukuran secara telemetri menggunakan jaringan GSM ke komputer pemantau, menampilkan besar pergeseran beserta informasi area rekahan tanah, menyimpan histori data pergeseran tanah dan memberikan sinyal peringatan berupa bunyi sirine jika pergeseran tanah mencapai 50 mm atau lebih.

### Daftar Pustaka

- [1] BNPB. (2013, Oktober 12). *Geospasial : Pantauan Data Bencana Longsor*. Retrieved Mei 24, 2014, from Badan Nasional PenanggulanganBencana: <http://geospasial.bnpb.go.id/pantauanbencana>
- [2] Zakaria, Z. (2000). Analisis Kestabilan Lereng Tanah. *Year Book Mitigasi Bencana* , 4.
- [3] D. Karnawati, T.F. Fathani, B. Andayani, P.W. Burton, and D. Legono (2011). *Landslide hazard and Community-based Risk Reduction Effort in Karanganyar and the Surrounding Area Central Java, Indonesia*. *Journal of Mountain Science*, Vol. 8, No. 2, pp. 149-153, 2011.
- [4] Fathani, T. (2007). *Alat Deteksi Longsor UGM*. Retrieved Mei 2014, 2014, from Pusat Studi Lingkungan Hidup Universitas Gadjah Mada: <http://pslh.ugm.ac.id>
- [5] Priyanto, J., Subagiyo, H., Madona, P., (2015). *Sistem Instrumentasi dan Monitoring Pergeseran Tanah Menggunakan Sensor LVDT Berbasis Mikrokontroler*, dalam *Proceeding of 3<sup>rd</sup> Applied Business and Engineering Conference (ABEC)*, pp. 810-816, Batam, 16-17 September 2015.
- [6] Karnawati, D. (2012). Development of Socio-Technical Approach for Landslide Mitigation and Risk Reduction Program in Indonesia. *World Academy of Science: Engineering and Technology* , 34-53.
- [7] Ardhana, W. (2009). *Aplikasi AVR Atmel Mikrokontroler*. Yogyakarta: Elex Media Komputindo.
- [8] V. Greif, K. Sassa, H. Fukuoka, (2004). *Monitoring of Rock Displacement at Bitchu-Matsuya Rock Slope in Japan using LVDT Sensors*. Disaster Prevention Research Institute of Kyoto University, pp. 773-779, Japan, 2004.
- [9] Poley, R. (2003). *Signal Conditioning an LVDT using a TMS320F2812 DSP*. California: Texas Instrument Application Report.