

## Rancang Bangun Sensor Pergeseran Tanah Digital

**Suryono**

Lab. Instrumentasi dan Elektronika Jurusan Fisika FMIPA UNDIP Semarang

### Abstract

The Research has been produced digital displacement field sensor system. This system can be applied on displacement level monitoring of building, bridge, dike and so forth. This developed system work serial digitally so that It can be connected to computer for many purpose. The field Displacement sensor use sliding potentiometer and a 10 bit Analog to Digital Converter (ADC) at microcontroller. The value of field displacement is sent digitally as multi byte serial data through UART serial communication protocol. The acquired data read to computer through COM1 with Borland Delphi 7.0 program. The research A system which can measure field displacement has been acquired from this research. The system has 1 mm resolution specification with the range of measurement up to 57 meters. From the sensor's output has been acquired the output of the system with has the equation  $y = 0,990x + 0,154$  with the linear correlation 0,998.

Keyword : Displacement, digital, serial

### Abstrak

Pada penelitian telah dilakukan pembuatan sensor sistem pergeseran tanah digital. Sistem ini dapat diaplikasikan pada pemantauan tingkat pergeseran tanah bangunan, jembatan, tanggul dan masih banyak aplikasi lainnya. Sistem yang dikembangkan bekerja secara digital serial sehingga dapat dihubungkan ke perangkat komputer untuk berbagai keperluan. Sensor pergeseran tanah memanfaatkan potensiometer geser yang mengubah jarak menjadi tegangan menggunakan Analog to Digital Converter (ADC) 10 bit pada mikrokontroler ATmega8535. Besar pergeseran tanah dikirim secara digital berupa data serial multi bit melalui protokol komunikasi serial UART. Data yang diperoleh dibaca komputer melalui COM1 menggunakan program Borland Delphi 7.0. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh hasil bahwa sistem mampu mengukur pergeseran tanah. Sistem memiliki spesifikasi resolusi 1 mm dengan rentang pengukuran hingga 57m. Dari regresi data pembacaan hasil keluaran sensor diperoleh keluaran sistem dengan persamaan  $y = 0,990x + 0,154$  dengan korelasi linier 0,998.

Kata kunci : pergeseran, digital, serial,

### Pendahuluan

Pembangunan perumahan untuk memenuhi kebutuhan akan tempat tinggal dan juga pembangunan jalan raya sebagai jalur transportasi mengakibatkan pembukaan lahan untuk memenuhi kebutuhan tersebut juga bertambah. Pada daerah ini hampir di setiap lahan yang masih tersedia dimanfaatkan untuk pembangunan perumahan atau jalan raya tanpa melihat kondisi tanah. Pada dasarnya tanah merupakan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel

padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut [1]. Penambahan beban lalu lintas pada konstruksi perkerasan jalan dan perumahan akan mempengaruhi pergerakan tanah di bawahnya yang akan menyebabkan keretakan di jalan raya dan tanah longsor.

Pada masa sekarang, manusia tidak lepas dari perangkat berbasis elektronika digital. Perangkat komputer hampir seluruh aktivitas di segala bidang baik jasa, produksi, maupun rumah tangga sudah menggunakan komputer untuk mempermudah aktivitas nya. Kecanggihan dari komputer adalah pada

bagian *software*, hampir setiap tahun *software* terbaru bermunculan. Kegunaan *software* tersebut disesuaikan dengan tingkat pemakaian. Didukung dengan teknologi *single chips microcontroller* menjadikan sistem antarmuka komputer menjadi lebih mudah dengan fasilitas internal yang semakin baik, diantaranya : *ADC, UART, Timer/counter, I2C, dll.* Dengan memanfaatkan potensiometer yang merupakan salah satu komponen elektronika yang memiliki keakuratan cukup baik terhadap perubahan hambatan serta dengan harga yang cukup terjangkau, memungkinkan untuk direalisasikan sistem sensor sistem pergeseran tanah yang bekerja secara digital.

### Dasar Teori

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 *knop* geser yang ada pada potensiometer tersebut. Gambar 1 memperlihatkan sebuah potensiometer geser, yang memiliki sebuah pita film, disebut sebagai jalur (*track*), yang terbuat dari karbon. Jalur ini terbuat dari bahan keramik yang bersifat konduktif. Ujung-ujung jalur terhubung ke dua buah terminal potensiometer [2].



Gambar 2.1 Potensiometer Geser

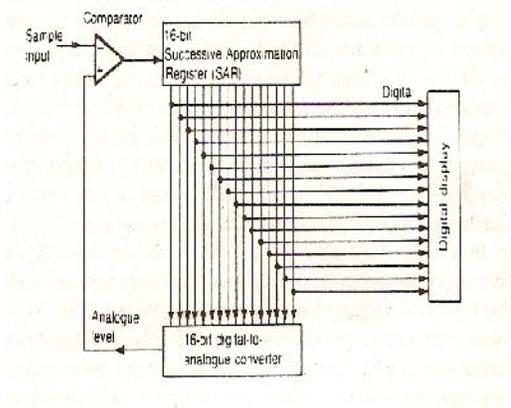
Terminal ketiga dari komponen ini disambungkan ke apa yang disebut *wiper*. *Wiper* adalah sebuah *strip* (lempengan kecil dan tipis) logam yang bersifat lentur, yang menempel dan menekan kuat pada jalur karbon untuk membentuk suatu hubungan listrik. *Wiper* dipasang pada sebuah knop geser, yang digunakan untuk memindah-mindahkan posisi *wiper* sepanjang jalur karbon. Jika knop geser diubah secara translasi sebesar  $dL$  maka akan menghasilkan perubahan resistensi  $dR$  berdasarkan persamaan [3]:

$$dR = \frac{\rho}{A} dL \quad (1)$$

Dengan menggunakan Hukum Ohm maka diperoleh variasi tegangan sebanding dengan pergeseran resistansi.

Proses perubahan terjadi pada *converter/pengubah* yang dikenal dengan *analog to digital converter*. Proses perubahan ini dikenal juga dengan nama sistem akuisisi data. Terdapat empat macam pengubah data digital menjadi data analog yang memenuhi standar industri, yaitu *integrating, tracking converter, successive approximation dan flash/paralel*. Keempat jenis pengubah data digital menjadi analog tersebut mewakili beberapa macam pertimbangan diantaranya resolusi, kecepatan konversi dan biaya [4].

Metode pengubah analog ke digital *successive approximation* memasukan cuplikan dibandingkan dengan tegangan-tegangan berturutan yang dibangkitkan oleh *successive approximation register (SAR) programmer* seperti terlihat pada Gambar 2. Proses ini akan dimulai pada skala separuh penuh dan jika berbeda dengan tegangan dari cuplikan, SAR akan mengatur keluaran digital sesuai kebutuhan [4].



Gambar 2. *Successive Approximation Register*

*Successive Approximation* dapat dikendalikan oleh perangkat lunak, dan hal ini yang dikenali dari sistem berdasarkan mikroprosesor yang relative lebih cepat dan mempunyai ukuran kecil. Keuntungan tambahan adalah setiap cuplikan diubah pada selang waktu yang sama. Dengan kata lain, waktu pengubahan tetap sama tidak bergantung pada arus masukan dan secara keseluruhan ditentukan oleh frekuensi yang mengendalikan detak dan resolusi dari pengubah. Sebagai contoh, pengubah 8 bit digunakan untuk menentukan arus logika setiap bit secara keseluruhan mulai dari bit signifikan terbesar. Jika frekuensi detak 10 KHz. Resolusi ADC SAR (Res) dengan kapasitas keluaran n bit dan tegangan referensi  $V_{ref}$  dirumuskan [5]:

$$Res = \frac{V_{ref}}{2^n - 1} \quad (2)$$

Mikrokontroler AVR merupakan keluarga mikrokontroler RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) yang dikeluarkan Atmel. Konsep arsitektur AVR pada mulanya dibuat oleh 2 orang mahasiswa di *Norwegian Institute of Technology* (NTH) yaitu Alf-Egil Bogen dan Vegard Wollan yang kemudian

selanjutnya dikembangkan oleh perusahaan Atmel di Norwegia. Istilah AVR sendiri ada yang mengartikan sebagai singkatan dari *Advance Virtual RISC* dan ada juga yang menyatakan sebagai kependekan dari desainernya yaitu Alf and Vegard RISC. Namun Atmel menyatakan bahwa AVR bukanlah suatu singkatan ataupun akronim apapun. Sampai pada saat laporan ini dibuat, Atmel telah mengeluarkan beberapa keluarga AVR, yang terakhir adalah keluarga AVR 32 bit RISC [6].

ATMega8535 memiliki resolusi ADC 10 bit dengan 8 channel input yang dan mendukung 16 macam penguat beda. ADC ini bekerja dengan teknik *successive approximation*. Rangkaian internal ADC ini memiliki catu daya tersendiri yaitu pin AVCC. Tegangan AVCC harus sama dengan  $VCC \pm 0.3 V$ . Untuk mengatur mode dan cara kerja ADC dilakukan melalui register ADMUX, ADCSRA, ADCL, ADCH dan SFIOR.

Selain ADC 10 bit, USART juga merupakan salah satu mode komunikasi serial yang dimiliki oleh ATMega8535. USART merupakan komunikasi yang memiliki fleksibilitas tinggi, yang dapat digunakan untuk melakukan transfer data baik antar mikrokontroler maupun dengan modul-modul eksternal termasuk PC yang memiliki fitur UART.

USART memungkinkan transmisi data baik secara *synchronous* maupun *asynchronous* sehingga dengan demikian USART pasti kompatibel dengan UART. Pada ATMega8535, secara umum pengaturan mode komunikasi baik *synchronous* maupun *asynchronous* adalah sama. Dengan demikian secara *hardware* untuk mode *asynchronous* hanya membutuhkan 2 pin yaitu TXD dan RXD sedangkan untuk mode *synchronous* harus 3 pin TXD, RXD dan XCK. Untuk mengatur mode dan prosedur komunikasi USART dilakukan melalui register

UCSRA, UCSRB, UCSRC, UBRRH, UBRL dan UDR.

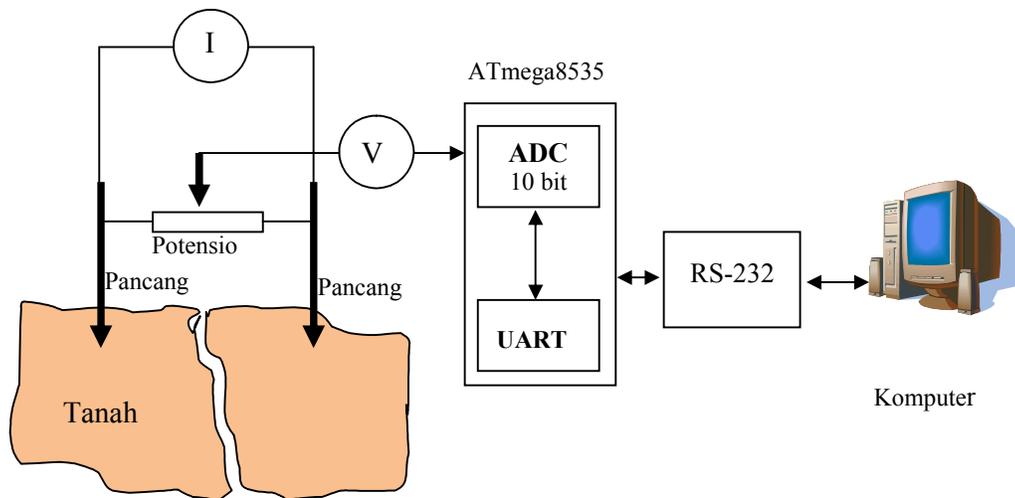
**Metoda Penelitian**

Pada perancangan sensor sistem pergeseran tanah i menggunakan potensio geser sebagai sensor yang berfungsi untuk mengukur besar pergeseran tanah. Pergeseran dari potensio geser menyebabkan perubahan pada hambatan keluaran yang dapat mewakili besar pergeseran tanah. Potensio geser dihubungkan dengan sumber arus tetap, sehingga tegangan keluarannya sebanding dengan pergeseran translasinya. Tegangan keluaran tersebut dibaca oleh mikrokontroler ATmega8535. Diagram blok dari sistem sensor sistem pergeseran tanah ini dapat dilihat pada gambar 3. Pada mikrokontroler ATmega8535, pemrograman yang harus dilakukan pertama kali adalah melakukan inisialisasi port dan inisialisasi ADC. Pada proses ini

meliputi proses penentuan *clock*, tegangan referensi, format output data dan mode pembacaan. Register yang perlu diset nilainya adalah ADMUX (*ADC Multiplexer Selection Register*) dan ADCSRA (*ADC Control and Status Register A*). Setelah proses inisialisasi dilakukan, maka mikrokontroler akan langsung mengkonversi data masukan analog menjadi data digital yang kemudian disimpan dalam sebuah register. Berikut ini adalah potongan programnya.

```
ADC_0:      ldi    r16,0x40
            out    ADMUX,r16
            ldi    r16,0xc7
            out    ADCSRA,r16

tunggu0:   sbic   ADCSRA,ADSC
            rjmp  tunggu0
            in    r23,ADCL
            in    r24,ADCH
            cbi   ADCSRA,7
```



Gambar 3. Diagram blok sistem sensor sistem pergeseran tanah digital.

Dalam pemrogramannya pengiriman data digital serial, pertama kali yang harus dilakukan untuk komunikasi TCP/IP ini adalah melakukan inisialisasi terhadap komunikasi serial. Hal ini dilakukan dengan mengeset register-register yang berhubungan dengan komunikasi serial serta memberikan nilai *baudrate* untuk kecepatan komunikasinya. Berikut ini adalah potongan program untuk melakukan inisialisasi komunikasi serial.

```

        ldi        r16,0x00
        out        UBRRH,r16
        ldi        r16,71
        out        UBRRL,r16
        ldi        r16,
(1<<RXEN) | (1<<TXEN)
        out        UCSRB,r16
        ldi        r16,
(1<<URSEL) | (3<<UCSZ0)
        out        UCSRC,r16
        kirim:    out        UDR,digit
                rcall    tunda
                ret
    
```

Untuk dapat berkomunikasi dengan komputer secara serial maka diperlukan program aplikasi yang berfungsi untuk mengirim dan menerima data. Dalam membuat perangkat lunak dipergunakan bahasa pemrograman *Delphi-7.0*. Prosedur utama dari

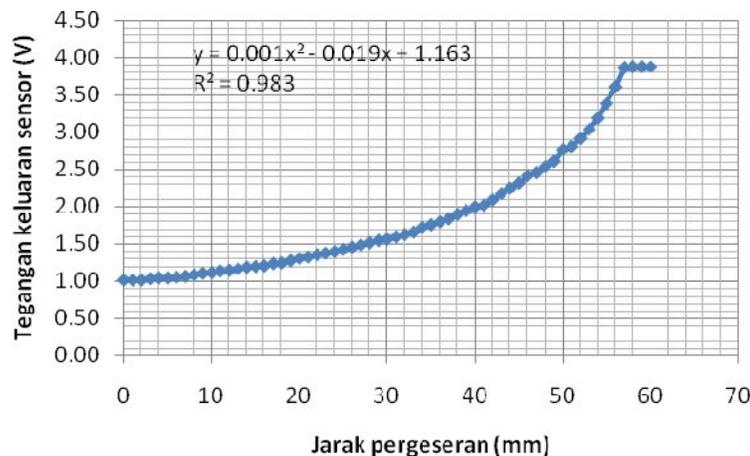
pembacaan program dijelaskan sebagai berikut:

```

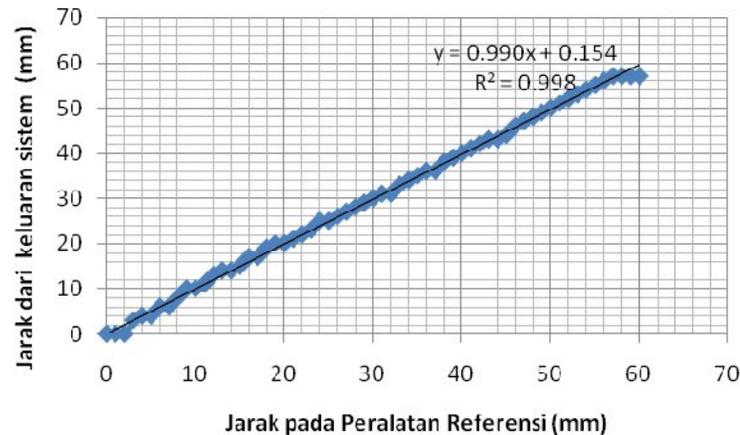
procedure
TForm1.Timer1Timer(Sender:
TObject);
terima1:=x;
edit2.Text:=floattostr(x);
kirim:=2;
comport1.Write(kirim,1);
terima2:=x;
edit3.Text:=floattostr(x);
kirim:=3;
comport1.Write(kirim,1);
data:=(terima1*256)+terima2;
edit1.Text:=floattostr(data);
end;
    
```

**Hasil dan Pembahasan**

Pengujian sistem sensor sistem pergeseran tanah dilakukan dengan menghubungkan rangkaian pendeteksi pergeseran tanah dengan tegangan 5 Volt dan multimeter pada keluarannya. Pengujian yang dilakukan dimulai dari jarak pergeseran 1 mm sampai pada jarak maksimum sebesar 60 mm. Sistem dipancarkan pada tanah gundukan dan digerakkan dengan mengeser tanah tersebut serta mengukur pergeserannya dengan alat meter standar. Data hasil pengamatan ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4. Grafik hubungan tegangan keluaran sensor terhadap pergeseran tanah



Gambar 5. Grafik karakteristik dari hasil pembuatan sensor sistem pergeseran tanah

Gari grafik gambar 4 dapat dijelaskan bahwa keluaran tegangan sensor terhadap jarak tidak linier. Karakteristiknya membentuk persamaan  $y = 0,001x^2 - 0,019x + 1,163$  diman  $x$  adalah jarak pergeseran dan  $y$  keluaran tegangan. Dari perdamaan tersebut diperoleh korelasi antar kedua variable 0,983. Rentang sensor juga berkisar antara 0 s.d 57 mm. Diatas rentang tersebut karakteristik nya telah berubah dan tidak memiliki *tren* yang baik. Maka secara elektronik diselesaikan dengan metoda look-up table yang ditulis pada mikrokontroler. Metode ini menghasilkan keluaran sensor linier terhadap pergeseran tanah sekaligus dilakukan kalibrasi terhadap besaran refensi penggaris dari keluaran tesebut. Dari program yang dibuat diperoleh karakteristik sensor sistem yang dibuat seperti ditunjukkan pada grafik Gambar 5.

Dari grafik gambar 5 diperoleh hasil bahwa sensor memiliki keluaran linier dengan persamaan  $y = 0,990x + 0,154$  dengan korelasi 99,8 %. Maka keluaran rangkaian pendeteksi pergeseran tanah ditunjukkan bahwa setiap pergeseran tanah yang terjadi setiap 1 mm tegangan

keluaran yang didapat tidak sama. Dari data tersebut diketahui bahwa grafik hubungan antara jarak pergeseran potensio geser dan tegangan keluaranya tidak linear.

#### Daftra Pustaka

- 1). Das, B., 1998, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid-1*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- 2). Fraden, J. 1996, *Handbook of Modern Sensors*, Springer, California.
- 3). Webster, J. 1999, *The Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook*, IEEE Press. America
- 4). Tirtamiharja, 1996, *Elektronik Digital*, Andi Offset, Yogyakarta.
- 5). Milman dan Halkias, 1993, *Elektronika Terpadu*, Jakarta, Erlangga.
- 6). Wardhana, L. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535*. ANDI. Yogyakarta.

