



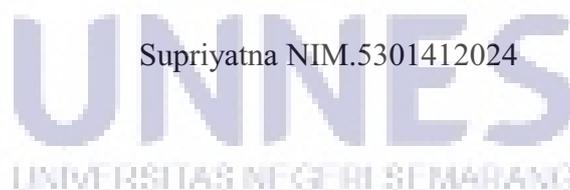
# **RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN DINI DAERAH RAWAN LONGSOR**

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana  
Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Oleh

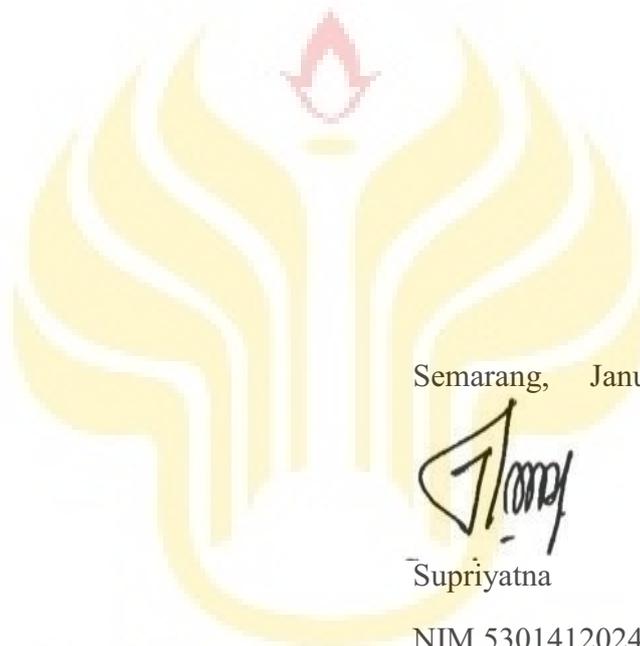
Supriyatna NIM.5301412024



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2017**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini adalah benar-benar hasil karya sendiri, bukan jiplakan dari hasil karya orang lain. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.



Semarang, Januari 2017



Supriyatna

NIM.5301412024

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Supriyatna  
NIM : 5301412024  
Program Studi : S1 Pendidikan Teknik Elektro  
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN DINI

### DAERAH RAWAN LONGSOR

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Januari 2017  
Pembimbing I

Pembimbing II

  
Drs. Djoko Adi Widodo, M.T  
NIP. 195909271986011001

  
Drs. H. Said Sunardiyo, M.T  
NIP. 196505121991031003

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PENGESAHAN

Skripsi ini telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada:

Hari : *Jumat*

Tanggal : *13 Januari 2017*

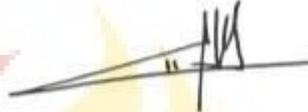
### Panitia Ujian Skripsi

Ketua,



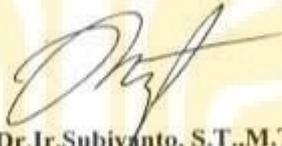
**Dr.-Ing Dhidik Prastiyanto, S.T.,M.T.**  
NIP.19780531 200501 1002

Sekretaris



**Drs. Agus Suryanto, M.T.**  
NIP.19670818 199203 1004

Penguji I



**Dr. Ir. Subiyanto, S.T.,M.T.**  
NIP.19741123 200501 1001

Penguji II/Pembimbing I



**Drs. Djoko Adi Widodo, M.T.**  
NIP.19590927 198601 1001

Penguji III/Pembimbing II



**Drs. H. Said Sunardiyo, M.T.**  
NIP.19650512 199103 1003

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik UNNES



**Dr. Nur Oudus, M.T.**  
NIP.19691130 199403 1001

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### Motto :

- Selalu berfikir positif maka insyaallah hasilnya pun akan positif
- Mengerjakan sesuatu bukan hasil tujuan utama, tetapi bagaimana proses mendapatkan hasil tersebut.

### Dipersembahkan Untuk :

- Keluarga saya tercinta, Bapak, Ibu, Kakak dan Adik yang telah memberikan dukungan baik do'a maupun materi.
- Sahabat-sahabatku seperjuangan Jurusan Teknik Elektro angkatan 2012, UKM RIPTEK dan BJ\_Kost) yang selalu memberikan bantuan, dukungan dan motivasi.
- Almameter saya Unnes



**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## ABSTRAK

Supriyatna. 2017. **Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Daerah Rawan Longsor**. Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Drs. Djoko Adi Widodo, M.T. dan Drs. Said Sunardiyo, M.T.

Bencana alam dapat terjadi kapan saja dan dimana saja. Kasus bencana alam yang sering terjadi yaitu bencana tanah longsor. Bencana tanah longsor sering menimbulkan korban jiwa. Pada penelitian ini akan merancang sebuah alat yang dapat memberikan informasi peringatan dini tanah longsor. Informasi berupa pergerakan tanah dan curah hujan yang ditampilkan menggunakan komputer melalui radio telemetri. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menghasilkan sebuah produk dan mengetahui tingkat kelayakan.

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development*. Untuk mengetahui tingkat kelayakan produk dilakukan pengujian alat. Pengujian dilakukan oleh pakar atau ahli yang dilaksanakan di Kantor BPBD Kota Semarang dan di Fornext Robotics. Teknik pengumpulan data kelayakan produk menggunakan angket, angket ini digunakan untuk menilai alat dari beberapa aspek yaitu tampilan, kemudahan pengoprasian, kinerja, dan manfaat. Data kelayakan produk dianalisis secara statistik diskriptif.

Berdasarkan hasil penelitian alat peringatan dini tanah longsor dapat bekerja dengan baik dan alat ini memiliki tingkat kelayakan diatas batas minimal katagori layak (70%) yaitu sebesar 83,88%. Alat yang dibuat diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut oleh mahasiswa Universitas Negeri Semarang untuk bahan penelitian lebih lanjut.

**Kata Kunci:** Peringatan dini, Tanah longsor.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Daerah Rawan Longsor”.

Pada penyusunan skripsi ini tak lepas dari dukungan dan dorongan dari beberapa pihak yang telah membantu. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum selaku Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan di Universitas Negeri Semarang
2. Bapak Dr. Nur Qudus, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Bapak Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang yang telah memfasilitasi penulis selama menempuh studi.
3. Drs. Agus Suryanto, M.T., selaku dosen wali yang telah memberikan pengarahannya dan motivasi selama menempuh studi.
4. Bapak Drs. Djoko Adi Widodo, M.T. dan Bapak Drs. Said Sunardiyo, M.T.,selaku Dosen Pembimbing yang selalu membimbing dan memberikan arahan, saran, ilmu dan motivasi selama penyusunan skripsi.
5. Bapak/Ibu dosen Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya selama menempuh studi.

6. Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan fasilitas untuk tempat penelitian dan pengujian skripsi.
7. Teman-teman Jurusan Teknik Elektro (Budi Kus, Fajar, Aries, dll) yang telah menginspirasi dan memotivasi serta teman-teman yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu.
8. Pihak-pihak yang telah memberikan fasilitas alat dan bahan guna mendukung penelitian skripsi saya.
9. Kedua Orang Tua dan segenap keluarga saya yang selalu mendo'akan, memberikan dukungan dan motivasi demi terselesaikannya skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, Penulis sangat menyadari adanya kekurangan dan mungkin kesalahan. Oleh sebab itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Atas kritik dan saran yang membangun, penulis ucapkan banyak terima kasih dan semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Semarang, Januari 2017  
Penulis,



Supriyatna

NIM. 5301412024

## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
PERNYATAAN.....	ii
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING .....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian .....	4
1.6 Manfaat Penelitian .....	5
1.7 Penegasan Istilah.....	5
1.8 Sistematika Penulisan .....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	8
2.1 Kajian Pustaka.....	8

2.2 Landasan Teori.....	10
2.2.1 Tanah Longsor .....	10
2.2.1.1 Definisi Tanah Longsor .....	10
2.2.1.1 Jenis Tanah Longsor .....	11
2.2.1.1 Gejala dan Penyebab Tanah Longsor.....	12
2.2.2 Curah Hujan .....	13
2.2.2.1 Definisi Curah Hujan.....	13
2.2.2.2 Penakar Hujan .....	14
2.2.2.3 <i>Tipping Bucked</i> .....	15
2.2.2.4 Kalibrasi Sensor .....	16
2.2.3 Akselerometer ADXL345 .....	17
2.2.3.1 Definisi Akselerometer .....	17
2.2.3.2 Blok Diagram Akselerometer ADXL345 .....	19
2.2.4 Sensor LDR (Light Dependent Resistor) .....	25
2.2.4.1 Prinsip Kerja LDR .....	26
2.2.4.2 Karakteristik LDR .....	27
2.2.5 Mikrokontroler .....	28
2.2.6 Arduino Uno .....	30
2.2.6.1 Memori Arduino Uno .....	34
2.2.6.1 Catu Daya Arduino Uno.....	35
2.2.6.3 Spesifikasi Atmega 328.....	35
2.2.6.4 Kelebihan Arduino Uno .....	38
2.2.7 <i>Solar Cell</i> .....	40

2.2.8 Aki.....	41
2.2.9 Radio Telemetry.....	42
2.2.10 Labview.....	44
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>48</b>
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian.....	48
3.2 Desain Penelitian.....	48
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	49
3.4 Prosedur Penelitian.....	49
3.4.1 Mulai.....	51
3.4.2 Teknik Observasi.....	51
3.4.3 Perancangan Alat.....	52
3.4.3.1 Perancangan Desain Tampilan Alat.....	52
3.4.3.2 Perancangan Perakitan Alat.....	54
3.4.3.2.1 Rangkaian Sensor ADXL 345.....	55
3.4.3.2.2 Rangkaian Sensor LDR.....	56
3.4.3.2.3 Rangkaian mikrokontroler Atmega32.....	57
3.4.3.2.4 Rangkaian Radio Telemetry.....	58
3.4.3.2.5 Perangkat Lunak.....	59
3.5 Validasi Desain oleh Pakar/Ahli.....	60
3.6 Pembuatan Alat.....	60
3.7 Uji Coba Alat.....	61
3.8 Uji Sistem Oleh Pakar.....	62
3.9 Teknik Pengumpulan Data.....	62

3.9.1 Teknik Angket/Kuisoner .....	62
3.10 Analisis Data.....	63
3.10.1 Analisis Data Angket.....	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	67
4.1 Hasil Penelitian .....	67
4.1.1 Hasil Perancangan Alat Peringatan Dini Tanah Longsor .....	67
4.1.1.1 Diskripsi Hasil Perancangan .....	67
4.1.1.2 Cara Pegorasian Alat.....	71
4.1.2 Hasil Pengujian Sistem .....	72
4.1.2.1 Pengujian Sensor Akselerometer .....	72
4.1.2.2 Pengujian Sensor LDR .....	73
4.1.2.3 Pengujian Radio Telemetry.....	75
4.1.2.4 Pengujian Power Supply .....	76
4.1.2.5 Pengujian Tampilan Program Labview .....	78
4.1.2.6 Tampilan Penyimpanan Data secara <i>Real Time</i> .....	81
4.1.3 Hasil Penelitian Uji Kelayakan.....	81
4.2 Pembahasan.....	83
4.2.1 Pembahasan Alat.....	83
4.2.2 Pembahasan Hasil Uji Pakar .....	84
4.2.2.1 Pembahasan Saran Pakar .....	87
BAB V PENEUTUP .....	89
5.1 Kesimpulan .....	89
5.2 Saran.....	89

DAFTAR PUSTAKA .....	91
LAMPIRAN.....	94



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peristiwa Tanah Longsor.....	11
Gambar 2.2 Desain <i>Tipping Bucked</i> .....	15
Gambar 2.3 Akselerometer ADXL345 .....	18
Gambar 2.4 Blok Diagram Akselerometer ADXL345.....	19
Gambar 2.5 <i>Differential Capacitive Sensor</i> .....	20
Gambar 2.6 Prinsip Sense Elektronik .....	20
Gambar 2.7 Karakteristik Output Akselerometer terhadap Ketiga Sumbu.....	22
Gambar 2.8 Konfigurasi Pin Akselerometer ADXL345 .....	23
Gambar 2.9 LDR (Light Dependent Resistor) .....	27
Gambar 2.10 Karakteristik LDR (Light Dependent Resistor) .....	28
Gambar 2.11 Diagram Blok Rangkaian Internal Mikrokontroler .....	29
Gambar 2.12 Board Arduino Uno.....	32
Gambar 2.13 Diagram sederhana mikrokontrolerAtmega 328 .....	34
Gambar 2.14 Port Atmega328.....	37
Gambar 2.15 Skema <i>solar cell</i> .....	41
Gambar 2.16 Aki.....	42
Gambar 2.17 Blok Diagram Sitem Radio Telemetry.....	43
Gambar 2.18 Radio Telemetry.....	44
Gambar 2.19 <i>Front Panel</i> .....	45
Gambar 2.20 Blok Diagram Labview .....	46
Gambar 2.21 <i>Control Pallette</i> .....	46

Gambar 2.22 <i>Functions Pallete</i> .....	47
Gambar 3.1 Diagram Alur Prosedur Penelitian .....	50
Gambar 3.2 Desain Alat Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor .....	53
Gambar 3.3 Desain Tempat Komponen Elektronik.....	53
Gambar 3.4 Diagram Blok Prinsip Kerja Sistem Peringatan Dini.....	54
Gambar 3.5 Rangkaian Sensor ADXL345.....	55
Gambar 3.6 Rangkaian Sensorr LDR.....	56
Gambar 3.7 Rangkain Atmega328.....	57
Gambar 3.8 Rangkaian radio telemetri ke mikrokontroler .....	58
Gambar 3.9 Sambungan antara radio telemetri sebagai receiver ke USB komputer .....	59
Gambar 4.1 Wiring Diagram Alat Peringatan Dini Tanah Longsor.....	69
Gambar 4.2 Hasil Rancangan Alat Peringatan Dini Tanah Longsor.....	70
Gambar 4.3 Skematik Pengujian Sensor Akselerometer .....	72
Gambar 4.4 Grafik Pengukuran Sudut Sebenarnya dan Sudut pada Sensor Akselerometer .....	73
Gambar 4.5 Skematik Pengujian Sensor LDR.....	74
Gambar 4.6 Skematik Pengujian Radio Telemeri.....	75
Gambar 4.7 Skematik Pengukuran Tegangan Keluaran <i>Solar Cell</i> .....	77
Gambar 4.8 Tampilan Labview Kondisi Aman .....	78
Gambar 4.9 Tampilan Labview Kondisi Siaga .....	79
Gambar 4.10 Tampilan Labview Kondisi Bahaya .....	79
Gambar 4.11 Tampilan Indikator Hujan Ringan .....	80

Gambar 4.12 Tampilan Indikator Hujan Sedang .....	80
Gambar 4.13 Tampilan Indikator Hujan Lebat .....	80
Gambar 4.14 Tampilan Data secara Real Time .....	81
Gambar 4.15 Tingkat Kelayakan Alat .....	86
Gambar 4.16 Diagram Penilaian Tiap Kategori.....	87



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Deskripsi Pin ADXL345 .....	23
Tabel 2.2 Spesifikasi Akselerometer ADXL345 .....	24
Tabel 2.3 Bagian-bagian Board Arduino Uno .....	33
Tabel 2.4 Spesifikasi Atmega 328 .....	36
Tabel 3.1 Interval Nilai Presentase dan kriteria kualitatif.....	66
Tabel 4.1 Pengujian Sensor Akselerometer .....	73
Tabel 4.2 Nilai ADC sensor LDR sebagai counter pada penakar hujan.....	74
Tabel 4.3 Pengujian Jarak Radio Telemetry .....	75
Tabel 4.4 Pengujian Sistem Komunikasi .....	76
Tabel 4.5 Pengukuran Tegangan Keluaran <i>Solar Cell</i> .....	77
Tabel 4.6 Data Angket Uji Kelayakan Alat .....	82
Tabel 4.7 Data Hasil Uji Kelayakan Alat.....	85



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Keputusan Dosen Pembimbing Skripsi.....	95
Lampiran 2 Surat Ijin Observasi .....	96
Lampiran 3 Surat Ijin Penelitian .....	97
Lampiran 4 Surat Keterangan Uji kelayakan .....	98
Lampiran 5 Rangkaian Alat Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor.....	99
Lampiran 6 Listing Program Alat Peringatan Dini Tanah Longsor.....	100
Lampiran 7 Prosedur Penelitian.....	104
Lampiran 8 Kisi-kisi Kuisioner Penelitian.....	105
Lampiran 9 Lembar Uji Kelayakan .....	107
Lampiran 10 Analisis Data.....	115
Lampiran 11 Dokumentasi.....	117



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Indonesia terdiri atas ribuan pulau dari Sabang sampai Merauke. kondisi ini disamping memunculkan keindahan alam juga dapat menyebabkan terjadinya berbagai bencana alam seperti tanah longsor, gempa bumi, dan banjir. Bencana alam dapat terjadi dimana saja dan kapan saja, Kasus bencana yang sering terjadi di Indonesia adalah tanah longsor. Pada dasarnya kondisi tanah di sebagian wilayah Indonesia memang tergolong rawan longsor. Tanah longsor terjadi karena tidak kuatnya daya rekat antara lapisan tanah dengan berat tumpuan yang harus disangga. Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, yang bergerak ke bawah atau keluar lereng, dimana tanah longsor sering memakan korban jiwa.(Widodo, 2011). Sehingga diperlukan adanya suatu alat yang digunakan untuk mendeteksi secara dini akan terjadinya bencana tanah longsor.

Bencana tanah longsor dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya kondisi tanah yang labil dan tingkat curah hujan yang tinggi. Maka alat yang digunakannya juga harus sesuai dengan kondisi penyebab terjadinya tanah longsor. Akselerometer merupakan sensor yang dapat digunakan sebagai sensor pergerakan, dengan mempunyai 3 sumbu koordinat yaitu x,y,z. dan penakar air hujan merupakan alat yang digunakan untuk menentukan besarnya curah hujan yang terjadi, dengan mengubungkannya ke board mikokontroler dan diprogram

sesuai sensor, hasil sensor berupa data yang memiliki nilai sehingga dapat ditampilkan sebagai monitoring. Pada masa sekarang ini, manusia tidak lepas dari perangkat elektronika digital. Hampir semua kegiatan yang dilakukan dalam berbagai bidang baik jasa, produksi, maupun kegiatan rumah tangga sudah menggunakan barang-barang elektronik untuk memudahkan aktivitas salah satunya yaitu berupa komputer. Dengan berbagai fasilitas komunikasi tanpa kabel yang dapat digunakan pada komputer sebagai monitoring. Salah satu komunikasi *wieiless* yaitu menggunakan frekwensi radio.

Penelitian tentang rancang bangun sistem peringatan dini daerah rawan longsor telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya, salah satunya adalah penelitian sistem peringatan dini tanah longsor berbasis ATMega8535 (Iswanto, 2009). Penelitian ini membuat sebuah alat pendeteksi dini tanah longsor menggunakan sensor pergerakan tanah dan sensor curah hujan dengan menggunakan output yaitu membunyikan sirine dan menghubungi perangkat desa dalam kondisi bahaya. Sistem sensor pergerakan tanah yang digunakan pada penelitian ini jika tanah bergeser sepanjang 4cm dengan curah hujan sebesar 100mm/hari.

Penelitian kedua, rancang bangun sensor extensometer listrik sebagai pendeteksi pergeseran permukaan tanah dan sistem akuisisi data pada komputer (Lisnawati,2012). Penelitian ini menggunakan sensor ekstensometer listrik untuk mengetahui pergerakan tanah. Sensor ekstensometer berupa potensiometer yang menghasilkan perubahan tegangan keluaran ketika rangkaian sensor dihubungkan ke tegangan. Tegangan ini selanjutnya akan diubah menjadi data digital oleh ADC

8 bit mikrokontroler dan dikirimkan ke komputer untuk diolah dan ditampilkan ke monitor dalam bentuk nilai tegangan dan pergeseran yang terdeteksi oleh sensor. Untuk pengiriman data yang dilakukan peneliti ini menggunakan mikrokontoller dan menggunakan kabel USB yang dihubungkan ke komputer.

Penelitian ketiga, rancang bangun peringatan bahaya tanah longsor dan monitoring pergeseran tanah menggunakan komunikasi berbasis GSM (Joko priyanto, 2015). Penelitian ini menggunakan sensor LVDT (*Linier Variable Differential Transformer*) sebagai pendeteksi pergeseran tanah yang dihubungkan dengan mikrokontroler Atmega8535. LVDT mengubah posisi pergeseran menjadi tegangan selanjutnya dikonversi menjadi data digital menggunakan *Analog to Digital Converter* (ADC) 10 bit pada mikrokontroler Atmega8535. Komunikasi yang digunakan untuk mengirim data pergeseran tanah menggunakan komunikasi telemetri via *Global System For Mobile communication* (GSM).

Dari uraian di atas penulis bermaksud mengajukan usulan untuk mengembangkan penelitian tersebut. Penelitian yang akan dilaksanakan yaitu membuat sebuah sistem peringatan dini yang dapat dipantau melalui komputer secara *wireless*. Rancangan penelitian menggunakan komponen utama yaitu sensor akselerometer, sensor LDR dan mikrokontroler ATmega328 berbasis Arduino Uno. Agar monitoring dapat dipantau melalui komputer secara *wireless* penulis menambahkan alat radio telemetri yang dihubungkan langsung ke Arduino dan komputer. Tampilan yang digunakan pada komputer menggunakan program Labview, sehingga kita dapat mengetahui pergerakan tanah dan curah hujan pada komputer.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut:

1. Sering terjadi bencana tanah longsor di Indonesia
2. Informasi dini terhadap daerah tanah longsor masih kurang optimal
3. Sistem monitoring terhadap daerah rawan longsor belum menggunakan sistem *wireless*.

## 1.3 Batasan Masalah

Pada penulisan penelitian ini ada beberapa batasan masalah agar penelitian ini lebih terarah dan sistematis, antara lain:

1. Akselerometer digunakan untuk mendeteksi pergerakan tanah.
2. Sensor LDR digunakan untuk penakar curah hujan.
3. Menggunakan radio telemetri sebagai monitoring pada komputer.
4. Menggunakan mikrokontroler ATmega328 dengan basis Arduino Uno.

## 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini, sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang alat peringatan dini tanah longsor?
2. Bagaimana merancang sistem monitoring peringatan dini tanah longsor?
3. Bagaimana merealisasikan sistem pendeteksi peringatan dini tanah longsor?

## 1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan penelitian ini diantaranya :

1. Merancang alat peringatan dini tanah longsor
2. Merancang sistem monitoring peringatan dini tanah longsor
3. Merealisasikan sistem pendeteksi peringatan dini tanah longsor.

## 1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pihak-pihak terkait :

### 1. Bagi Peneliti

Memberikan masukan dalam meningkatkan pengetahuan dan pemahaman penulis tentang sistem peringatan dini daerah rawan longsor.

### 2. Bagi Akademik

Menambah kepustakaan bagi peneliti lain untuk mengembangkan dan melanjutkan penelitian.

## 1.7 Penegasan Istilah

Tujuan peneliti memberikan penegasan pada beberapa istilah pada skripsi ini adalah untuk memperjelas dan memperkecil lingkup persoalan yang diteliti, penegasan istilah yang dimaksud adalah sebagai berikut:

### 1.7.1 Rancang Bangun

Rancang merupakan serangkaian prosedur untuk menerjemahkan hasil analisa dari sebuah sistem ke dalam bahasa pemrograman untuk mendiskripsikan dengan detail bagaimana komponen-komponen sistem diimplementasikan

(Pressman, 2002). Rancangan sistem adalah penentuan proses dan data yang diperlukan oleh sistem baru (Mc leod, 2002). Sedangkan pengertian bangun atau pembangunan sistem adalah kegiatan menciptakan sistem baru maupun mengganti atau memperbaiki sistem yang telah ada baik secara keseluruhan maupun sebagian (pressman, 2002).

Dengan demikian pengertian rancang bangun merupakan kegiatan menerjemahkan hasil analisis ke dalam bentuk paket perangkat lunak kemudian menciptakan sistem tersebut ataupun memperbaiki sistem yang sudah ada.

#### 1.7.2 Sistem peringatan dini

Sistem peringatan dini merupakan serangkaian sistem untuk memberitahukan akan timbulnya kejadian alam, dapat berupa bencana maupun tanda-tanda lainnya.

#### 1.7.3 Rawan longsor

Rawan longsor merupakan kawasan lindung atau kawasan budi daya yang meliputi zona-zona berpotensi longsor.

### 1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi untuk mempermudah pemahaman tentang struktur dan isi skripsi. Sistematika penulisan skripsi dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu: bagian pendahuluan, isi, dan penutup.

**1.8.1 Bagian Pendahuluan**, berisi: halaman judul, abstrak, halaman pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.

**1.8.2 Bagian Isi**, terdiri sari lima bab yaitu:

Bab I Pendahuluan, bab ini memuat tentang latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, penegasan istilah, dan sistematika penulisan tugas akhir.

Bab II Kajian pustaka dan landasan teori, bab ini memuat teori-teori dasar dan literature relevan yang mendasari pelaksanaan dan pembuatan sistem peringatan dini daerah rawan longsor.

Bab III Metode penelitian, bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam perancangan dan langkah-langkah perakitan sistem peringatan dini daerah rawan longsor.

Bab IV Hasil pengujian dan Pembahasan, bab ini memuat tentang hasil pengujian dan pembahasannya.

Bab V Penutup, berisi kesimpulan dan saran-saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

**1.8.3 Bagian Penutup**, bagian ini berisi Daftar pustaka dan lampiran-lampiran.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Kajian Pustaka

Penelitian mengenai alat peringatan dini terhadap bencana baik itu bencana tanah longsor maupun bencana banjir telah banyak dilakukan. Beberapa peneliti yang berkaitan dengan topik tersebut dilakukan oleh Iswanto (2009), Lisnawati (2012), Maulana Jati Kusuma, dan Suhendri Saputra (2015).

Penelitian Iswanto (2009), jurusan teknik elektro, Universitas Gajah Mada dengan judul *Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis Atmega 8535*. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sebuah alat pendeteksi tanah longsor menggunakan sensor pergerakan tanah dan sensor curah hujan dengan menggunakan output yaitu membunyikan sirine dan menghubungi perangkat desa dalam kondisi bahaya. Sistem sensor pergerakan tanah yang digunakan pada penelitian ini jika tanah bergeser sepanjang 4 cm dengan curah hujan sebesar 100mm/hari.

Penelitian Lisnawati (2012), Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung dengan judul *Rancang Bangun Sensor Extensometer Elektris sebagai Pendeteksi Pemukaan Tanah dan Sistem Akuisisi Data Pada Komputer*. Penelitian ini menggunakan sensor ekstensometer elektris untuk mengetahui pergerakan tanah. Sensor ekstensometer berupa potensiometer yang menghasilkan perubahan tegangan keluaran ketika rangkaian sensor dihubungkan

ke tegangan. Tegangan ini selanjutnya akan diubah menjadi data digital oleh ADC 8 bit mikrokontroler dan dikirimkan ke komputer untuk diolah dan ditampilkan ke monitor dalam bentuk nilai tegangan dan pergeseran yang terdeteksi oleh sensor. Untuk pengiriman data yang dilakukan peneliti ini menggunakan mikrokontroller dan menggunakan kabel USB yang dihubungkan ke komputer.

Penelitian Maulana Jati Kusuma, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya dengan judul *Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Mikrokontroler ATMEGA32*. Penelitian ini menggunakan sistem pengiriman data melalui komunikasi *wireless* dengan gelombang radio yaitu menggunakan modul Xbee-Pro. Xbee-Pro merupakan modul *transceiver* dan *receiver* menggunakan gelombang radio.

Penelitian Suhendri Saputra (2015), Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Fisika, Universitas Andalas dengan judul *Rancang Bangun Sistem Telemetri Nirkabel untuk Peringatan Dini Banjir Dengan Modulasi Digital FSK Modulasi Frekuensi*. Penelitian ini menggunakan sistem pengiriman data menggunakan modulasi digital fsk-modulasi frekuensi. Pada modul ini mempunyai frekuensi kerja 99MHz setara dengan jarak jangkauan 10 meter.

Dari beberapa penelitian yang ada, masih banyak yang menggunakan sirene sebagai pemberi informasi bahaya dan masih belum banyak penelitian yang menggunakan radio telemetri sebagai komunikasi *wireless* sebagai pemberi

informasi. Mikrokontroler peneliti terdahulu, masih menggunakan mikrokontroler yang berbasis pada IC AT89S51, Atmega 8535 dan lain-lain. Sensor pergerakan tanah masih banyak menggunakan sensor ekstensometer yang memiliki harga mahal. Pada penelitian ini penulis berusaha mengoptimalkan sensor akselerometer sebagai sensor pergerakan tanah dan sensor LDR sebagai penakar curah hujan.

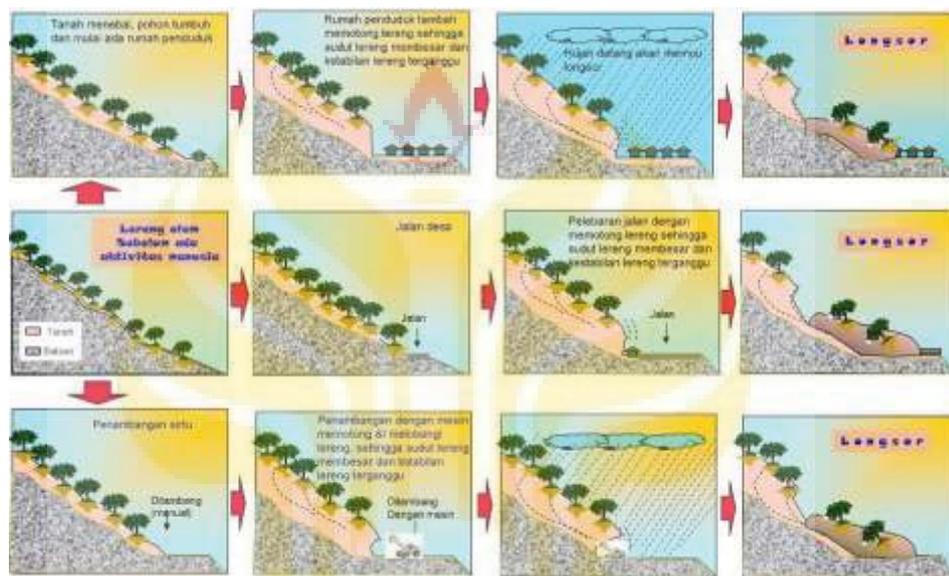
## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Tanah Longsor**

#### **2.2.1.1 Dfinisi Tanah Longsor**

Longsor atau sering disebut gerakan tanah adalah suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan masa batuan atau tanah dengan berabagai tipe seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah.(id.wikipedia.org). Indonesia merupakan negara penuh dengan deretan pegunungan yang sudah terbentuk sebelum manusia ada dan terletak dikawasan katulistiwa yang banyak hujan. Pada awalnya gunung-gunung tersebut tersusun oleh bebatuan yang keras dan kompak, akan tetapi karena kedudukan topografi, dan organisme (vegetasi) maka bebatuan tersebut mengalami pelapukan berubah menjadi tanah, yang akan terus menebal seiring dengan waktu. Perubahan batu menjadi tanah berarti terjadi perubahan sifat fisik yang awalnya sangat keras menjadi material yang lunak. Tanah akan terus menebal sampai batas kritisnya tanah akan jatuh dengan sendirinya sebagai tanah longsor. Terganggunya vegetasi hutan karena dirubah menjadi lahan permukiman dan perubahan kemiringan lereng karena dipotong atau diurug serta curah hujan yang tinggi akan mempercepat terjadinya tanah longsor. Manusia diciptakan dengan tugas awalnya mengelola dan menjaga keteraturan alam yang

sudah ada, tetapi karena keserakahan dan karena kemiskinan terjadi perambahan di kawasan pegunungan yang semestinya tidak boleh dilakukan perubahan. Awalnya tanah longsor merupakan peristiwa alam biasa sebagai bagian dinamika bumi berubah menjadi bencana setelah ada aktivitas manusia di sekitarnya dan ini sering terjadi (Widodo, 2011).



**Gambar 2.1 Peristiwa tanah longsor (Widodo, 2011)**

### 2.2.1.2 Jenis Tanah Longsor

Menurut Lisnawati 2013, ada 6 jenis tanah longsor, yakni longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah dan aliran bahan rombakan. Jenis longsor translasi dan rotasi paling banyak terjadi di Indonesia. Sedangkan longsor yang paling banyak memakan korban jiwa manusia adalah aliran bahan rombakan.

- a. Longsor Translasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.

- b. Longsor Rotasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.
- c. Pergerakan Blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata.
- d. Runtuhan batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai.
- e. Rayapan Tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama, longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon atau rumah miring ke bawah.
- f. Aliran Bahan Rombakan terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air serta jenis materialnya. Gerakannya terjadi disepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunung api. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak.

### **2.2.1.3 Gejala dan Penyebab Tanah Longsor**

Gejala umum tanah longsor antara lain munculnya retakan-retakan di lereng yang sejajar dengan arah tebing, biasanya terjadi setelah hujan, munculnya mata air baru secara tiba-tiba, tebing rapuh dan kerikil mulai berjatuhan. Pada

prinsipnya tanah longsor terjadi apabila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari pada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan (Pamungkas, 2008).

Menurut Hardiyatmo 2002, kelongsoran dapat disebabkan dapat disebabkan oleh hal-hal:

1. Penambahan beban pada lereng,
2. Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng,
3. Kemiringan lereng,
4. Perubahan muka air secara cepat,
5. Kenaikan tekanan lateral yang disebabkan oleh air (curah hujan),
6. Getaran (akibat gempa bumi atau lalu lintas),
7. Penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng dan tatguna lahan.

## **2.2.2 Curah Hujan**

### **2.2.2.1 Dfinisi Curah Hujan**

Hujan merupakan gejala meteorologi dan juga unsur klimatologi. Hujan adalah hydrometeor yang jatuh berupa partikel-partikel air yang mempunyai diameter 0.5mm atau lebih. Hydrometeor yang jatuh ke tanah disebut hujan sedangkan yang tidak sampai disebut Virga (Tjasyono, 2007: 16 ). Hujan yang sampai ke permukaan tanah dapat diukur dengan jalan mengukur tinggi air hujan tersebut dengan berdasarkan volume air hujan per satuan luas. Hasil pengukuran

tersebut dinamakan dengan curah hujan. Curah hujan merupakan salah satu unsur cuaca yang datanya diperoleh dengan cara mengukurnya dengan menggunakan alat penakar hujan, sehingga dapat diketahui jumlah dalam satuan milimeter (mm). Curah hujan 1 mm adalah jumlah air hujan yang jatuh dipermukaan per satuan luas ( $m^2$ ) dengan catatan tidak ada yang menguap, meresap atau mengalir. Jadi curah hujan 1mm setara dengan 1 liter/ $m^2$  (Aldrian E dkk 2003).

Jenis jenis hujan berdasarkan besarnya curah hujan menurut BMKG dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Hujan sedang, 20-50mm/hari
2. Hujan lebat, 50-100mm/hari
3. Hujan sangat lebat, diatas 100mm/hari

#### **2.2.2.2 Penakar Hujan**

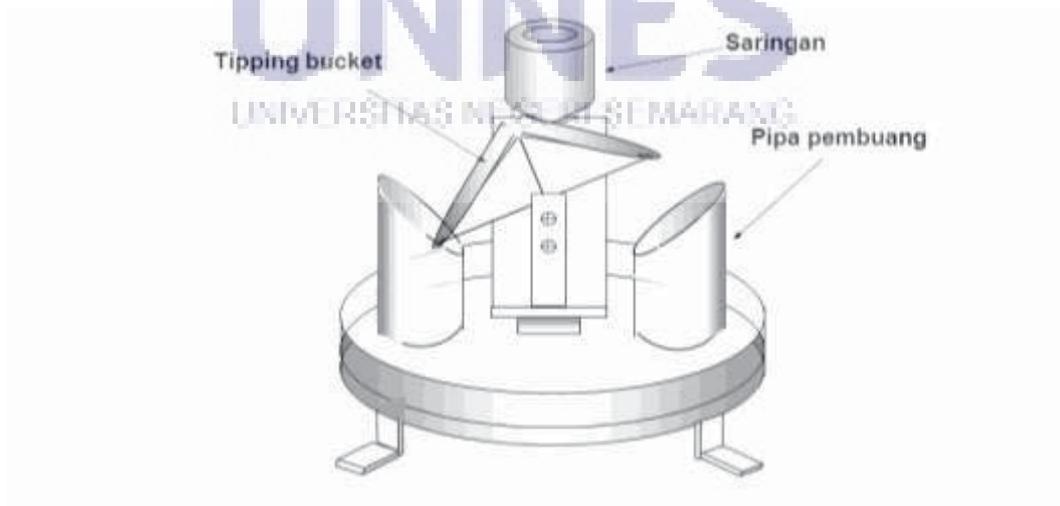
Menurut Valentina 2013, Penakar hujan adalah instrumen yang digunakan untuk mendapatkan dan mengukur jumlah curah hujan pada satuan waktu tertentu. Penakar hujan mengukur tinggi hujan seolah-olah air hujan jatuh ke tanah menumpuk ke atas merupakan kolam air. Air yang tertampung volumenya dibagi dengan luas corong penampung, hasil adalah tinggi atau tebal dengan satuan milimeter (mm).

Secara umum alat penakar hujan terbagi dalam 3 jenis yaitu:

1. Jenis penakar hujan biasa tipe Observatorium (Obs) atau konvensional
2. Jenis penakar hujan mekanik recorder (Jenis Hellman)
3. Jenis penakar hujan otomatis / penakar hujan tipping bucket

### 2.2.2.3 *Tipping Bucket*

Menurut Weathershack 2010, Prinsip alat, air hujan ditampung pada bejana yang berjungkit. Bila air mengisi bejana penampung yang setara dengan tinggi hujan 0,5mm akan berjungkit dan air dikeluarkan. Tiap gerakan bejana berjungkit secara mekanis tercatat pada pias atau menggerakkan *counter* (penghitung). Jumlah hitungan dikalikan dengan 0,5 mm adalah tinggi hujan yang terjadi. Curah hujan di bawah 0,5 mm tidak tercatat. Hal ini dikarenakan mode jungkitan pada alat ini didesain hanya untuk beban seberat 0,5 mm atau lebih. Semua alat penakar hujan di atas harus diperhatikan penempatannya di lapangan terbuka bebas dari halangan. Pada prinsipnya apabila ujan turun, maka air akan masuk melalui corong besar dan corong kecil, kemudian kapasitas curah hujan diukur dengan perhitungan jumlah tumpahan pada penampung barayun (*tipping bucket*). Pada alat ini terdapat dua wadah yang diisi bergantian, setiap kali wadah terisi penuh maka alat ini akan tumpah pada satu sisinya.



**Gambar 2.2 Desain *Tipping Bucket***

*Tipping bucket* sensor bekerja dengan cara menghitung pulsa persatuan waktu yang ditentukan dari banyaknya air yang masuk ke dalam corong sensor tersebut. Sehingga dari pulsa-pulsa tersebut dapat diketahui besarnya curah hujan persatuan luas dan waktu. Air hujan ditampung ke dalam bejana yang berjungkit. Bila air mengisi bejana penampung yang setara dengan tinggi hujan 0,5 mm atau sesuai dengan spesifikasi sensor akan berjungkit dan air dikeluarkan. *Tipping bucket* tidaklah seteliti instrumen standar lainnya, dikarenakan hujan dapat saja berhenti sebelum bejana berjungkit karena curah hujan belum mencapai nilai 0,5 mm, sehingga nilai curah hujan dibawah 0,5 mm tidak tercatat. Ketika bejana berjungkit, akan menggerakkan saklar yang kemudian di hitung menggunakan mikrokontroler.

#### **2.2.2.4 Kalibrasi Sensor**

Kalibrasi pada *tipping bucket* sensor dilakukan dengan cara mengatur keseimbangan jungkitan dengan merubah ketinggian pada penahan jungkitan tersebut. Untuk mendapatkan volume yang tertampung dalam curah hujan diperoleh dari luas penampang corong pada *tipping bucket* dikalikan dengan tinggi curah hujan yang diinginkan. Misalnya diameter corong 12cm dan ketinggian curah hujan yang diinginkan 0,5 mm maka untuk mendapatkan volume pada setiap jungkitan dihitung dengan cara:

Volume setiap jungkitan (V) = Luas Corong x tinggi curah hujan

$$\begin{aligned}
 V &= \pi \times r^2 \times 0,5\text{mm} \\
 &= 3,14 \times (6 \text{ cm})^2 \times 0,05 \text{ cm} \\
 &= 113,04 \times 0,05 \\
 &= 5,65 / 5,7 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi/tebal air (mm)} &= \text{volume tertampung} : \text{luas corong} \\
 &= 5,7 \text{ cm}^3 : 113,04 \text{ cm}^2 \\
 &= 0,05 \text{ cm} \\
 &= 0,5\text{mm}
 \end{aligned}$$

### 2.2.3 Akselerometer ADXL345

#### 2.2.3.1 Definisi Akselerometer

Akselerometer merupakan suatu transduser piranti elektronik yang digunakan untuk mengukur percepatan yang terjadi pada keadaan tertentu. Sensor akselerometer dapat digunakan untuk mendapatkan posisi dari suatu benda dengan melakukan integral percepatan itu sendiri sebanyak dua kali terhadap waktu (Yuga Aditya : 4). ADXL345 adalah modul sensor gerak/akselerasi 3 sumbu (*3-Axis MEMS acceleration sensor module*) yaitu sumbu x, y dan z dengan resolusi 13-bit yang dapat mendeteksi tarikan pada jangkauan hingga 16g ( $16 \times 9,81\text{m/s}^2$ ). Aplikasinya mencakup pendeteksi kemiringan dengan memantau perubahan gaya tarik statis (*static gravity acceleration on tilt sensing application*) dan percepatan dinamis (*dynamic acceleration*) yang timbul akibat gerakan (*motion*) atau tumbukan (*impact shock*). Dengan resolusi tinggi yang dihasilkannya ( $3,9\text{mg/}$

LSB *high resolution*) memungkinkan modul elektronika ini mendeteksi inklinasi pada tingkat yang sangat halus.

Sensor akselerometer ini sangat baik digunakan pada aplikasi portable dan sangat cocok digunakan pada rangkaian mikrokontroler seperti Arduino karena akses data dapat dilakukan dengan mudah melalui antarmuka SPI atau I<sup>2</sup>C. data direpresentasikan secara digital dalam format integer 16-bit. Gambar 2.3 di bawah ini merupakan bentuk fisik dari akselerometer ADXL345.

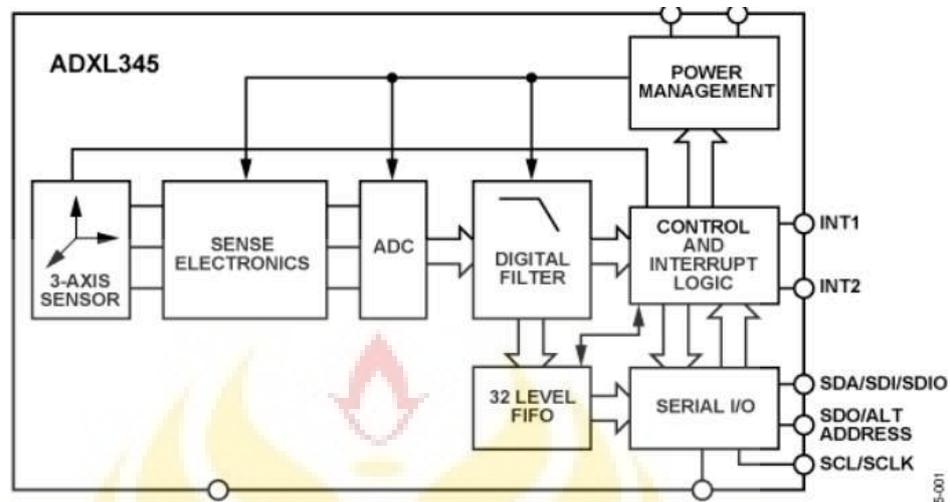


**Gambar 2.3 Akselerometer ADXL345**

(Datasheet ADXL345)

Modul sensor akselerometer ADXL345 ini memiliki sirkuit pengolahan daya yang canggih dimana modul ditempatkan pada mode konsumsi daya yang sangat kecil hingga terdeteksi gerakan yang melewati ambang batas (*threshold*) tertentu yang mengaktifkan kembali mode normal. Setelah proses pembacaan sensor selesai secara otomatis modul dikembalikan ke mode siaga untuk menghemat energi. Gambar 2.4 dibawah ini merupakan blok diagram akselerometer ADXL345.

### 2.2.3.2 Blok Diagram akselerometer ADXL345



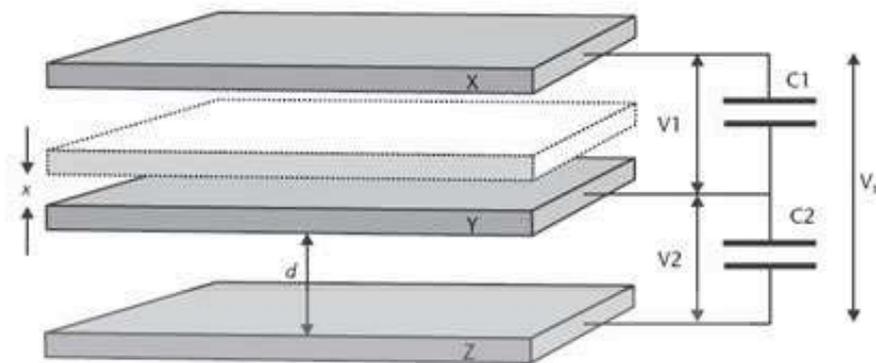
**Gambar 2.4** Blok diagram akselerometer ADXL345

(Datasheet ADXL345)

Dari diagram blok pada gambar 2.4 di atas, kita dapat mengetahui cara kerja dari akselerometer ADX345. Penjelasan dari masing-masing blok diagram akan dijelaskan sebagai berikut:

#### ➤ 3-Axis Sensor

Dalam datasheet akselerometer ADXL345 disebutkan bahwa akselerometer ini menggunakan prinsip kerja *differential capacitive* sensor. Bagian 3-axis sensor pada gambar diatas merupakan bagian *differential capacitive* sensor. Prinsip kerja sederhana dari *differential capacitive* sensor adalah penyusunan dua buah kapasitor yang dipasang seri seperti terlihat pada gambar 2.5 di bawah. Nilai kapasitansi C1 dan C2 merupakan suatu variabel yang ditentukan oleh jarak antara moving dielectric terhadap kedua fixed dielectric. Perubahan jarak moving dielectric ini sebanding dengan perubahan percepatan.

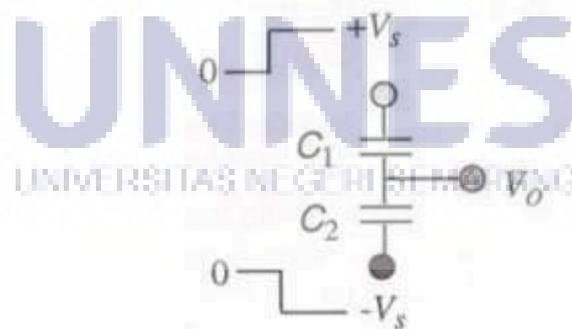


**Gambar 2.5 Differential capacitive sensor**

(www.slidedhare.net)

➤ **Sense Electronic**

Untuk menggunakan sensor dengan prinsip kerja *differential capacitive* maka diperlukan sebuah rangkaian tambahan berupa osilator. Pada gambar tidak secara gamblang menyebutkan osilator ini. Penggunaan osilator pada rangkaian ini ditunjukkan pada gambar 2.6 di bawah. Kedua ujung kapasitor diberikan tegangan AC dengan perbedaan fase  $180^\circ$  untuk memudahkan orientasi gerak.



**Gambar 2.6 Prinsip sense elektronik**

(www.slidedhare.net)

➤ **ADC**

Analog Digital Converter (ADC) merupakan suatu rangkaian yang berguna untuk mengkonversi data analog menjadi data digital. Konversi ini dilakukan karena mikokontroller tidak dapat memproses data analog tapi hanya data digital.

➤ **Digital Filter**

Digital filter adalah filter yang biasa digunakan pada rangkaian konversi ADC. Filter digital berfungsi untuk menghilangkan noise pada proses konversi analog ke digital seperti aliasing.

➤ **Power Management**

Power management adalah bagian yang mengelola penggunaan catu daya mulai pemilihan sumber catu sampai dengan pemakaian catu pada bagian lainnya yang memerlukan seperti bagian noise electronic, ADC dan digital filter.

➤ **Control and Interrupt Logic**

Bagian ini merupakan bagian pengotrol utama dari akselerometer ADXL345. Pada bagian ini pengendalian semua bagian ADXL345 dijalankan.

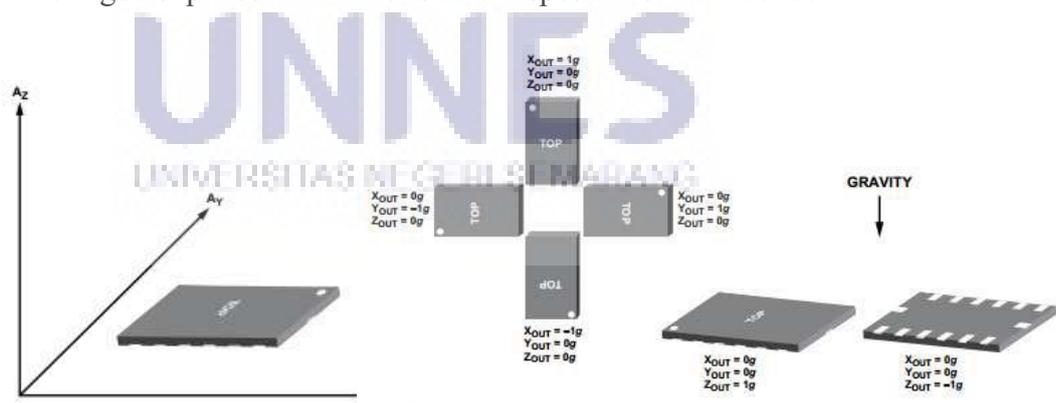
➤ **32 Level FIFO**

Memori internal yang dapat digunakan khusus untuk penggunaan mode FIFO. Dalam aplikasinya sebelum data dikirim ke serial I/O data akan disimpan ke dalam memori ini sebanyak 32 bit data. Setelah

memori terisi penuh baru kemudian data akan dikirim ke serial I/O dengan metode FIFO (First In First Out).

### ➤ Serial I/O

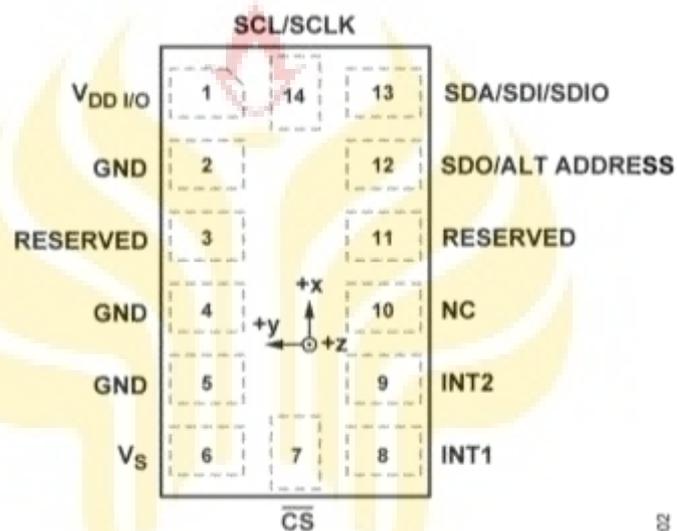
Serial I/O merupakan port I/O yang akan dihubungkan dengan mikrokontroler. ADXL345 mempunyai dua metode antarmuka yaitu antarmuka SPI dan I2C dimana keduanya merupakan antarmuka digital. Pada penelitian ini digunakan antarmuka I2C sebagai penghubung antara ADXL345 dengan mikrokontroler. Dari diagram blok ADXL345 diketahui bahwa dalam akselerometer ADXL345 sudah terdapat ADC dan digital filter sehingga ADXL345 merupakan sensor percepatan yang menggunakan antarmuka digital yaitu dengan komunikasi I2C atau SPI. Dalam penelitian ini menggunakan antarmuka I2C sebagai sarana komunikasinya. Berikut ini akan dijelaskan mengenai sistematika kerja ADXL345, termasuk diantaranya orientasi terhadap sumbu katasian, konfigurasi pin serta karakteristik dan spesifikasi ADXL345.



**Gambar 2.7** karakteristik output akselerometer terhadap ketiga sumbu

(Datasheet ADXL345)

Dari kedua gambar diatas, kita dapat mengetahui orientasi dan juga karakteristik output ADXL345 terhadap ketiga sumbu (x,y,dan z). Saat posisi salah satu sumbu bertolak belakang dengan arah gaya gravitasi, maka output sumbu itu akan sekitar  $\pm 1g$  atau antara  $\pm 9,8 \text{ m/s}^2$ . Gambar 2.8 dan tabel 2.1 Merupakan gambar konfigurasi pin akselerometer ADXL345 beserta penjelasan masing-masing pin.



Gambar 2.8 Konfigurasi pin akselerometer ADXL345

(Datasheet ADXL345)

Tabel 2.1 Deskripsi Pin ADXL345

Pin No.	Nama Pin	Fungsi
1	VDD	Power supply untuk digital interface
2	GND	Ground
3	Reserved	Tidak terkoneksi atau dihubungkan ke VS
4	GND	Ground
5	GND	Ground
6	VS	Power supply
7	CS	Chip select
8	INT1	Interrupt 1

9	INT2	Interrupt 2
10	NC	Tidak terkoneksi
11	Reserved	Tidak terkoneksi atau dihubungkan ke ground
12	SDO / ALT / ADDR	Serial data output (SPI 4-wire)/Alternate I <sup>2</sup> C Address select (I <sup>2</sup> C)
13	SDA / SDI / SDIO	Serial Data (I <sup>2</sup> C)/Serial Data Input (SPI 4-wire)/Serial Data Input Output (SPI3-wire)
14	SCL/SCLK	Serial Communications Clock. SCL untuk I <sup>2</sup> C dan SCLK untuk SPI

Spesifikasi dari sensor akselerometer ADXL345 dijabarkan pada tabel 2.2 spesifikasi tersebut dapat terpenuhi dengan mengoperasikan ADXL345 pada tegangan 3,3VDC. Seperti sudah dijelaskan sebelumnya, ADXL345 mampu mengukur percepatan gravitasi dengan jangkauan yang dapat dipilih antara  $\pm 2g$  hingga  $\pm 16g$ . Tabel di bawah ini mendiskripsikan antara lain resolusi sensor, sensitivitas, dan spesifikasi pengoperasian.

**Tabel 2.2 Spesifikasi Akselerometer ADXL345**

Parameter	Kondisi Pengujian	Min	Typ	Max	Satuan
Jangkauan Pengukuran	Dipilih oleh user	$\pm 2$		$\pm 16$	G
Ketidak linieran	Presentase pada full scale		$\pm 0.5$		%
Resolusi sensor	$\pm 2g$ , full resolution		10		Bits
	$\pm 4g$ , full resolution		11		Bits
	$\pm 8g$ , full resolution		12		Bits
	$\pm 16g$ , full resolution		13		Bits
Sensitivitas	$\pm 2g$ , 10-bit resolution	230	256		LSB/g
	$\pm 4g$ , 10-bit resolution	115	128		LSB/g

	$\pm 8g$ , 10-bit resolution	57	64		LSB/g
	$\pm 16g$ , 10-bit resolution	29	32		LSB/g
Output Data Rate (ODR)	Dipilih oleh user	0,1			Hz
Tegangan operasi		2,0	2,5	3,6	V
Arus catu	ODR $\geq$ 100Hz		140		$\mu A$
	ODR < 10Hz		30		$\mu A$
Perubahan sensitivitas terhadap suhu			0,01		$\%/^{\circ}C$
Suhu pengoperasian		-40		+80	$^{\circ}C$

Sensitivitas adalah salah satu faktor yang harus diperhatikan dengan seksama oleh user, karena akan sangat menentukan respon dari sistem itu sendiri. Pada saat dioperasikan pada range terendah yaitu  $\pm 2g$ , sensitivitas dari akselerometer ADXL345 ini adalah sebesar 256 LSB/g yang berarti percepatan 1 gravitasi sebanding dengan keluaran data sebesar 256. Sedangkan apabila dioperasikan pada range tertinggi yaitu  $\pm 16g$ , sensitivitas akselerometer ADXL345 ini berkurang hingga menjadi 32 LSB/g.

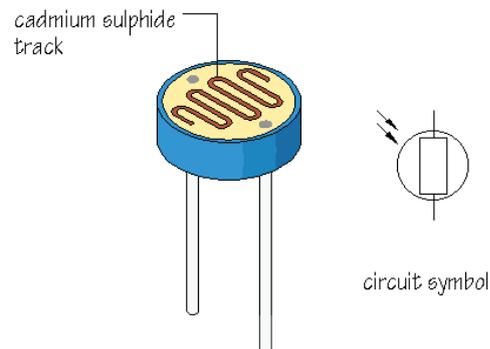
#### 2.2.4 Sensor LDR (Light Dependent Resistor)

*Light Dependent Resistor* atau LDR adalah jenis resistor yang nilainya berubah seiring dengan intensitas cahaya yang diterima oleh komponen tersebut. Biasa digunakan sebagai detektor cahaya atau pengukur besaran konversi cahaya. *Light Dependent Resistor*, terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya. Pada saat gelap atau cahaya redup, bahan dari cakram tersebut menghasilkan elektron bebas dengan jumlah

yang relatif kecil. Sehingga hanya ada sedikit elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya redup LDR menjadi konduktor yang buruk, atau bisa disebut LDR memiliki resistansi yang besar pada saat gelap atau cahaya redup. Pada saat cahaya terang, ada lebih banyak elektron yang lepas dari atom bahan semikonduktor tersebut. Sehingga akan ada lebih banyak elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya terang LDR menjadi konduktor yang baik, atau bisa disebut LDR memiliki resistansi yang kecil pada saat cahaya terang.

#### **2.2.4.1 Prinsip Kerja LDR**

Pada sisi bagian atas LDR terdapat suatu garis atau jalur melengkung yang menyerupai bentuk kurva. Jalur tersebut terbuat dari bahan cadmium sulphida yang sangat sensitif terhadap pengaruh dari cahaya. Jalur cadmium sulphida yang terdapat pada LDR. Jalur cadmium sulphida dibuat melengkung menyerupai kurva agar jalur tersebut dapat dibuat panjang dalam ruang (area) yang sempit. Cadmium sulphida (Cds) merupakan bahan semi-konduktor yang memiliki gap energi antara elektron konduksi dan elektron valensi. Ketika cahaya mengenai cadmium sulphida, maka energi proton dari cahaya akan diserap sehingga terjadi perpindahan dari band valensi ke band konduksi. Akibat perpindahan elektron tersebut mengakibatkan hambatan dari cadmium sulphida berkurang dengan hubungan kebalikan dari intensitas cahaya yang mengenai LDR.



**Gambar 2.9 LDR (Light Dependent Resistor)**

(Sumber : <http://elektronikadasar.info/sensor-cahaya.htm>)

#### 2.2.4.2 Karakteristik LDR

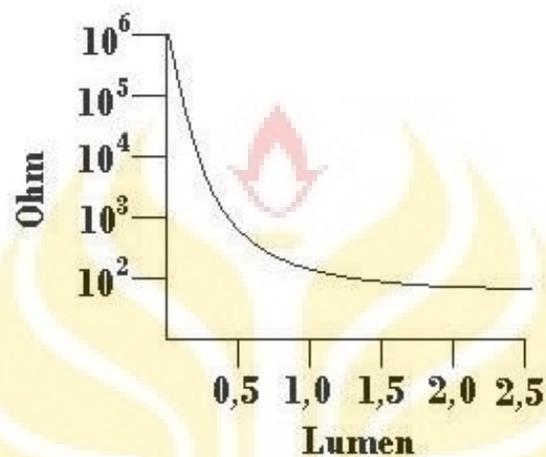
##### A. Laju Recovery

Bila sebuah LDR dibawa dari suatu ruangan dengan level kekuatan cahaya tertentu kedalam suatu ruangan yang gelap sekali, maka bisa kita amati bahwa nilai resistansi dari LDR tidak akan segera berubah resistansinya pada keadaan ruangan gelap tersebut. Namun LDR tersebut hanya akan bisa mencapai harga dikegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu.

##### B. Respon Spektral

LDR tidak mempunyai sensitivitas yang sama untuk setiap panjang gelombang cahaya yang jatuh padanya (yaitu warna). Bahan yang biasa digunakan sebagai penghantar arus listrik yaitu tembaga, aluminium, baja, emas, dan perak. Dari kelima bahan tersebut tembaga merupakan penghantar yang paling banyak digunakan karena mempunyai daya hantar yang baik. Sensor ini sebagai pengindera yang merupakan elemen yang pertama-tama menerima energi dari media untuk memberi keluaran berupa perubahan energi. Sensor terdiri berbagai macam jenis media yang digunakan untuk melakukan perubahan. Media yang

digunakan misalnya: panas, cahaya, air, angin, tekanan, dan lain sebagainya. Sedangkan pada rangkaian ini menggunakan sensor LDR yang menggunakan intensitas cahaya, selain LDR, fotodiode juga menggunakan intensitas cahaya atau yang peka terhadap cahaya.



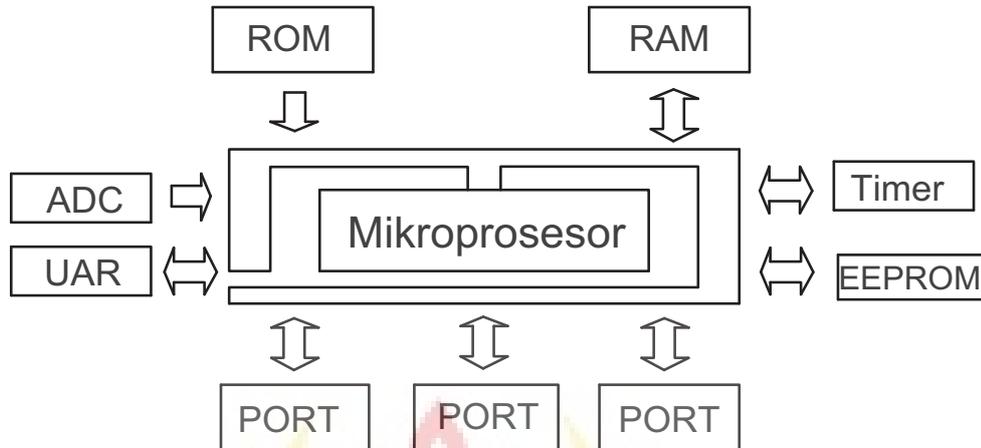
**Gambar 2.10 Karakteristik LDR (Light Dependent Resistor)**

(Sumber : <http://www.robotics-university.com/2014/10/light-dependent-resistor-ldr.html>)

Pada karakteristik diatas dapat dilihat bila cahaya mengenai sensor maka harga tahanan akan berkurang. Perubahan yang dihasilkan ini tergantung dari bahan yang digunakan serta cahaya yang meneranginya.

### 2.2.5 Mikokontroler

Menurut Bejo (2008:1), mikrokontroler dapat dianalogikan dengan sebuah sistem komputer yang dikemas dalam sebuah chip. Artinya bahwa di dalam sebuah IC mikrokontroler sudah terdapat kebutuhan minimal dari mikroprosesor, yaitu mikroprosesor, ROM, RAM, I/O dan clock seperti halnya yang dimiliki oleh sebuah komputer.



**Gambar 2.11 Diagram Blok Rangkaian Internal Mikrokontroler**

(Sasongko, 2012)

- Mikroprosesor : unit yang mengesekusi program dan mengatur jalur data, jalur alamat, dan jalur kendali perangkat-perangkat yang terhubung dengannya.
- ROM (Read Only Memory) : memori untuk menyimpan program yang dieksekusi oleh mikroprosesor. Bersifat non volatile artinya dapat mempertahankan data didalamnya walaupun tidak ada sumber tegangan. Saat sistem berjalan memori ini bersifat read only (hanya bisa dibaca).
- RAM (Random Acces Memory) : Memori untuk menyimpan data sementara yang diperlukan saat eksekusi program. Memori ini bisa digunakan untuk opersi baca tulis.
- Port I/O : port Input/Output sebagai pintu masukan atau keluaran bagi mikrokontroler. Umumnya sebuah port bisa difungsikan sebagai port masukan atau port keluaran bergantung port yang dipilih.

- Timer : pewaktu yang bersumber dari osilator mikrokontroler atau sinyal masukan ke mikrokontroler. Program mikrokontroler bisa memanfaatkan timer untuk menghasilkan pewaktu yang cukup akurat.
- EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) : memori untuk menyimpan data yang sifatnya semi- permanen (non volatile). Jadi seperti halnya flash memori, EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan. EEPROM internal ini tidak dipetakan bersama dengan register utama, register I/O dan SRAM diatas. EEPROM hanya dapat diakses melalui register special dan operasi read/write sehingga waktu aksesnya lebih lambat dari pada mengakses register ataupun RAM.
- ADC (*Analog Digital to Converter*) : konversi sinyal Analog menjadi data Digital.
- UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*) : sebagai antarmuka komunikasi serial asynchronous.

### 2.2.6 Arduino Uno

Menurut Syahwil, 2013: 60, Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (*integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menamakan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler

bertugas sebagai otak yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik.

Secara umum arduino terdiri dari dua bagian yaitu:

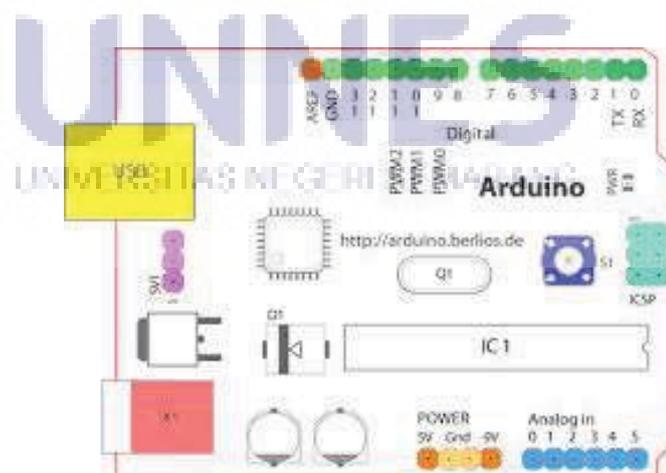
1. *Hardware* berupa papan input/output (I/O) yang *open source*
2. *Software* arduino yang juga *open source*, meliputi *software* Arduino IDE untuk menulis program dan driver untuk koneksi dengan komputer.

Karakteristik dan struktur arduino yaitu :

- a) *Integrated Development Environment (IDE)* Arduino merupakan multi *platform*, yang dapat dijalankan di berbagai sistem operasi, seperti Windows dan Linux. IDE adalah program komputer yang memiliki beberapa fasilitas yang diperlukan dalam pembangunan perangkat lunak. Tujuan dari IDE adalah untuk menyediakan semua fasilitas yang diperlukan dalam membangun perangkat lunak. Arduino IDE memiliki fasilitas sebagai berikut : *editor, compiler, linker* dan *debugger*.
- b) Pemrograman Arduino menggunakan kabel yang terhubung dengan *port Universal Serial Bus (USB)* bukan port serial. Fitur ini berguna karena banyak komputer sekarang yang tidak memiliki port serial.
- c) Arduino adalah *hardware* dan *software open source* atau sumber terbuka yaitu sistem pengembangan yang tidak dikoordinasi oleh individu atau lembaga pusat, tetapi oleh para pelaku yang bekerja sama dengan memanfaatkan kode sumber (*source code*).

- d) Biaya *hardware* cukup terjangkau sehingga tidak terlalu manakutkan untuk membuat kesalahan.

Kegunaan arduino tergantung kepada kita yang membuat program. Pada pembuatan sistem peringatan dini ini, perangkat keras yang digunakan adalah Arduino Uno dengan mikrokontroler Atmega 328. Arduino Uno produk berlabel Arduino yang sebenarnya adalah suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler Atmega 328 (sebuah keeping yang secara fungsional bertindak seperti komputer) (Kadir, 2013: 16). Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis Atmega 328 yang memiliki 14 pin digital *input/output* (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, clock speed 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset. *Board* ini menggunakan daya yang terhubung ke komputer dengan kabel USB atau daya eksternal dengan adaptor DC atau baterai. (Syahwil, 2013: 64). Gambar 2.12 di bawah merupakan bagian-bagian *board* arduino dan dijelaskan pada tabel 2.3.



**Gambar 2.12 Board Arduino Uno.**

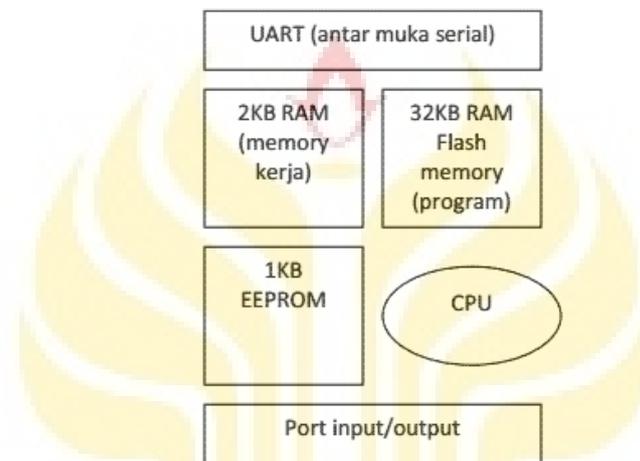
(Feri Djuandi, 2011)

Tabel 2.3 Bagian-bagian Board Arduino Uno

No	Bagian board Arduino	Penjelasan
1	14 pin <i>input/output</i> digital (0-13)	Berfungsi sebagai I/O, dapat diatur program. Khusus untuk 6 buah pin 3,5,6,9,10,11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog dapat deprogram antara 0-255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0-5v
2	USB	Berfungsi untuk : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Memuat program dari komputer ke dalam papan arduino</li> <li>➤ Komunikasi serial antara papan arduino dengan komputer</li> <li>➤ Memberi daya listrik kepada papan arduino</li> </ul>
3	Sambungan SV1	Untuk pemilihan sumber antara sumber <i>eksternal</i> atau dengan USB
4	Q1-Kristal	Komponen yang menghasilkan detak-detak yang dikirim pada mikrokontroler. Kristal ini berdetak 16juta kali per detik (16MHz)
5	Reset	Me-reset <i>board</i> arduino sehingga program akan memulai dari awal
6	ICSP	<i>Port</i> ini digunakan untuk memprogram mikrokontroler secara langsung tanpa melalui <i>bootloader</i>
7	IC 1-Mikrokontroler Atmega	Komponen utama yang didalamnya terdapat CPU,ROM, dan RAM
8	X1- sumber daya	Penyuplai daya <i>eksternal</i> dengan tegangan DC antara 9-12V
9	6 pin input analog (0-5)	Membaca tegangan yang dihasilkan sensor analog, seperti sensor suhu

### 2.2.6.1 Memori Arduino Uno

Atmega 328 mempunyai memori 32 KB (dengan 0,5 digunakan untuk *bootleader*), juga mempunyai 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM (yang mana dapat dibaca tulis dengan library EEPROM) (Syahwil, 2013 : 66). Dibawah ini diperlihatkan contoh diagram blok sederhana mikrokontroler Atmega 328.



**Gambar 2.13 Diagram sederhana mikrokontroler Atmega 328**

(<http://www.refrensiarduino.wordpress.com>)

Menurut (Djuandi 2011:8) memberikan penjelasan mengenai blok-blok diatas sebagai berikut:

- a. *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART) adalah antar muka yang digunakan untuk komunikasi serial seperti pada RS-232, RS-422 dan RS-485.
- b. 2KB RAM pada *memory* kerja bersifat *volatile* (hilang saat daya dimatikan), digunakan oleh variable-variabel di dalam program.
- c. 32KB RAM *flash memory* bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan program yang dimuat dari komputer. Selain program, flash memory juga menyimpan *bootloader*. *Bootloader* adalah program

inisiasi yang ukurannya kecil, dijalankan oleh CPU saat daya dihidupkan. Setelah *bootloader* selesai dijalankan, berikutnya program di dalam RAM akan dieksekusi.

- d. 1KB EEPROM bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan data yang tidak boleh hilang saat daya dimatikan. Tidak digunakan pada papan Arduino (red: namun bisa diakses/diprogram oleh pemakai dan digunakan sesuai kebutuhan).
- e. Central Processing Unit (CPU), bagian dari mikrokontroler untuk menjalankan setiap instruksi dari program.
- f. Port input/output, pin-pin untuk menerima data (input) digital atau analog, dan mengeluarkan data (output) digital atau analog.

#### **2.2.6.2 Catu daya Arduino Uno**

Arduino dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya *eksternal*. Sumber daya *eksternal* berasal dari adaptor AC ke DC atau baterai. *Board* Arduino Uno dapat beroperasi pada pasokan eksternal dari 6 sampai 20Volt. Jika disuplai kurang dari 7volt, pin yang keluar 5Volt pasokannya kurang dari 5Volt, board mungkin tidak stabil. Jika menggunakan tegangan lebih 12volt, regulator tegangan bisa panas dan merusak board. Kisaran yang disarankan adalah antara 7volt sampai 12volt.

#### **2.2.6.3 Spesifikasi Atmega328**

Atmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Complited Instruction Set*

Computer). Atmega 328 merupakan atmega yang digunakan pada board Arduino Uno. Berikut ini adalah tabel spesifikasi dari Atmega328:

**Tabel 2.4 Spesifikasi Atmega 328**

<b>Mikrokontroler</b>	<b>Atmega328</b>
Tegangan pengoprasian	5V
Tegangan <i>input</i>	7-12V
Batas tegangan <i>input</i>	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14 pin (dimana 6 pin out PWM)
Jumlah pin <i>input</i> analog	6 pin
Arus DC tiap pin I/O	40 Ma
Arus DC untuk pin 3.3V	50 Ma
<i>Flash Memory</i>	32 KB (Atmega328) 0,5 KB <i>Bootloader</i>
SRAM	2 KB (Atmega328)
EEPROM	1 KB (Atmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
Panjang	68,6 mm
Lebar	53,4 mm
Berat	25 gram

Sumber : Muhammad Syahwil (2013: 64-65)

(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

**Gambar 2.14 Port Atmega328**  
(Sumber : <http://www.atmel.com/>)

Dibawah ini dijelaskan fungsi dari masing-masing pin mikrokontroler Atmega328:

a. VCC

VCC berfungsi sebagai *suplly* tegangan digital yang nantinya akan dihubungkan dengan tegangan 5V. VCC terletak pada pin 7.

b. GND (*Ground*)

Ground terletak pada pin 8

c. *Port B* (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

Jumlah *port B* ada 8 pin mulai dari pin B0 sampai B7. Setiap pin dapat digunakan sebagai *input* dan juga *output*.

d. *Port C*

Merupakan sebuah 7-bit *bi-derectional I/O port* yang masing-masing pin terdapat *pull-up* resistor. Terdapat 7 pin mulai dari pin C0 sampai pin C6.

e. Reset/PC6

PC6 akan berfungsi sebagai pin I/O ketika RSTDISBL *fuse* diprogram. Jika tidak maka pin ini akan berfungsi sebagai *input reset* dan saat level tegangan yang masuk ke pin rendah yaitu lebih rendah dari pulsa minimum, maka akan menghasilkan suatu kondisi *reset* meskipun *clock*-nya tidak bekerja.

f. Pord D

Merupakan 8-bit bi-directional I/O dengan *internal pull-up* resistor. Pada *port* ini hanya berfungsi sebagai *input* dan *output* saja.

g. AVcc

Pin ini berfungsi sebagai *suplly* tegangan ADC. Pin dihubungkan untuk analog saja maka harus dihubungkan secara terpisah dengan Vcc. Cara menghubungkan AVcc adalah melewati *low-pass filter* setelah itu dihubungkan dengan Vcc.

h. AREF

Merupakan pin referensi analog jika menggunakan ADC.

i. ADC7:6 (TQFP dan Paket QFN/MLF)

Dalam TQFP dan QFN/ paket MLF, ADC7:6 berfungsi sebagai *input* analog ke ADC.

#### 2.2.6.4 Kelebihan Arduino Uno

Menurut Alfis 2015, Arduino merupakan platform mikokontroller yang bertujuan menyederhanakan berbagai macam kerumitan maupun detail rumit pada

pemrograman mikrokontroler, sehingga menjadi paket yang mudah digunakan (*easy to use*). Selain kelebihan utama tersebut, arduino juga menawarkan berbagai keunggulan lainnya sebagai berikut:

a. Ekonomis.

Biaya pembuatan board arduino cukup murah dibandingkan dengan platform mikrokontroler lainnya.

b. Sederhana dan mudah pemrogramannya.

Arduino sangat ramah bagi pengguna pemula karena memang dikembangkan dalam dunia pendidikan.

c. Perangkat lunaknya *open source*.

Perangkat lunak Arduino IDE dipublikasikan secara *open source* (bebas).

d. Perangkat kerasnya (*hardware*) *open source*

e. Tidak perlu perangkat chip programmer.

Tersedia *bootloader* yang menangani upload program dari program

f. Sudah memiliki sarana komunikasi USB.

Terkoneksi langsung menggunakan komunikasi USB, Sehingga memudahkan pengguna komputer terbaru yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya.

g. Bahasa pemrograman relative mudah.

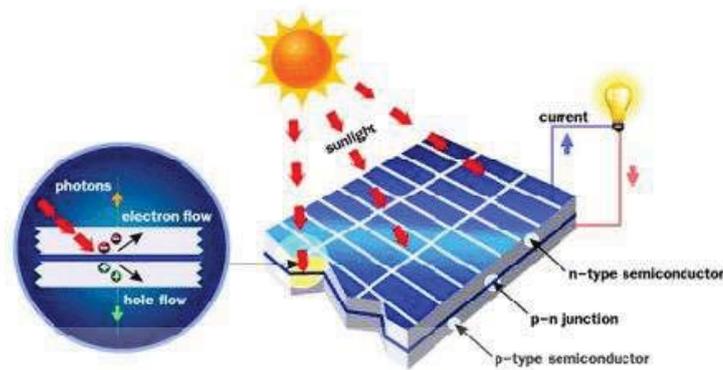
Bahasa pemrograman mudah karena software arduino dilengkapi dengan kumpulan library yang cukup lengkap

h. Memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bisa ditancapkan pada board arduino misalkan *shield* sensor akselerometer, radio telemetry.

### 2.2.7 *Solar Cell*

*Solar cell* atau panel surya adalah alat untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. *Photovoltaic* biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek fotovoltaiik (Hasyim. 2013).

Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala mili amper per  $\text{cm}^2$ . Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12V dalam kondisi penyinaran standar. Modul surya dapat digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan.



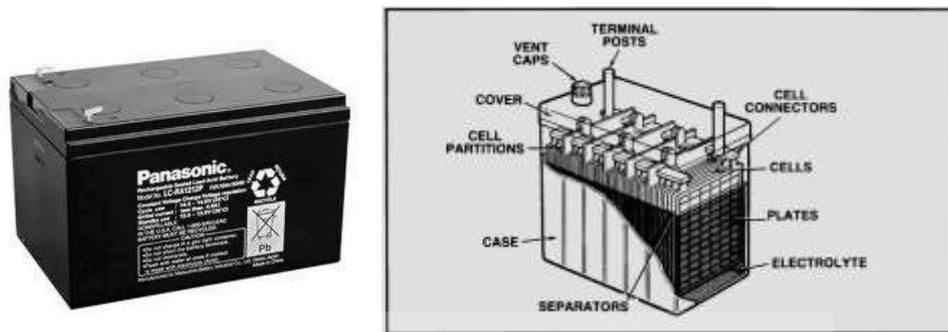
**Gambar 2.15 Skema solar cell**

(Sumber :<http://trebuchet-magazine.com/wp-content/uploads/2013/02/solar-cells.jpg>)

### 2.2.8 Aki

Baterai atau aki adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia *reversible* adalah didalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel.

Baterai atau aki berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia yang akan digunakan untuk mensuplai (menyediakan) listrik pada komponen-komponen kelistrikan.



Gambar 2.16 Aki

(Sumber : <http://accu-toys.nl/webshop/onderdelen/detail/206/accu.html>)

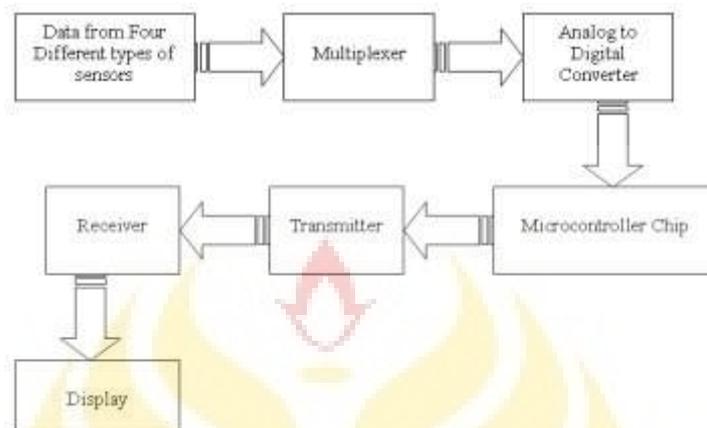
### 2.2.9 Radio Telemetri

Saat ini teknologi wireless berkembang dengan pesat, secara kasat mata dapat dilihat dengan semakin banyaknya pemakaian telepon selular, selain itu berkembang pula teknologi wireless yang digunakan untuk akses internet. Menurut Indra kurniawan 2015, berdasarkan jangkauan dan kebutuhannya, teknologi wireless terdiri dari :

1. PAN (*Personal Area Network*)
2. WLAN (*Wireless Local Area Network*)
3. MAN (*Metropolitan Area Network*)
4. WAN (*Wide Area Network*)

Telemetri adalah suatu proses yang digunakan untuk mengukur atau mencatat suatu besaran fisik pada suatu lokasi yang letaknya jauh dari pusat pengolahan hasil pengukurannya. Radio telemetri mempunyai beberapa keunggulan satu diantaranya adalah mempunyai probabilitas kesalahan yang relative kecil, peralatan pemancar yang ringan dan jangkauan pentransmisi yang

jauh dibandingkan dengan telemetri mekanik dan telemetri listrik. Blok diagram sistem radio telemetri digambarkan pada gambar 2.17.



**Gambar 2.17 Blok Diagram Sitem Radio Telemetri**  
(<http://circuitwiring.com>)

Telemetri radio secara sederhana terdiri atas transduser dan osilator RF (*Radio Frequency/* frekuensi radio) dengan catu daya dari baterai, isyarat tegangan dari transduser akan memodulasi osilator kemudian dialirkan ke antenna. Suatu penerima menangkap isyarat FM (*Frequency Modulation*) dan mendemodulasikan isyarat yang dilewatkan ke readout. Modulasi frekuensi adalah suatu bentuk modulasi sudut, karena frekuensi sesaat gelombang sinus pembawa dipengaruhi untuk menyimpang dari frekuensi pembawa sehingga fasenya bergeser sebanding dengan himpunan nilai gelombang pemodulasi. Keuntungan modulasi FM antara lain adalah derau yang rendah dan tidak ada perubahan dari bentuk gelombang yang disebabkan oleh perubahan amplitude akibat *fading*. (Ratna Sulistyanti, 2008). Gambar 2.18 dibawah ini merupakan perangkat radio telemetri.



**Gambar 2.18 radio telemetri**  
(<http://www.geeetech.com>)

Pada Radio telemetri kit 915 MHz seperti tampak pada gambar diatas memiliki harga yang relative terjangkau, dengan jarak jangkauan untuk 915MHz sekitar 1000 meter dengan tambahan antenna. Sistem ini menggunakan frekuensi 915MHz dan menyediakan *full-duplex link* menggunakan HopeRF's HM-TRP, modul berjalan custom, open source, firmware. *Sik firmware* termasuk *bootloader* yang memungkinkan upgrade firmware radio melalui antarmuka serial, dan *firmware* radio dengan parameter dikonfigurasi. Upgrade *firmware* dan konfigurasi sepenuhnya didukung dalam APM misi perencanaan. Konfigurasi juga dimungkinkan melalui 3DR Radio *configurator* dan *AT commands*

### 2.2.10 LabVIEW

LabVIEW adalah sebuah *software* pemrograman yang diproduksi oleh National *instruments* dengan konsep yang berbeda. Seperti bahasa pemrograman lainnya yaitu C++, matlab atau *visual basic*, LabVIEW juga mempunyai fungsi dan peranan yang sama, perbedaannya bahwa labVIEW menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara bahasa pemrograman

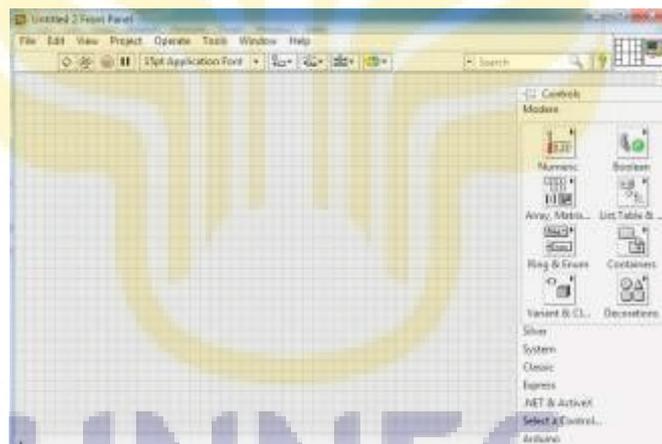
lainnya menggunakan basis text. Program labVIEW dikenal dengan sebutan Vi atau *virtual instruments* karena penampilannya dan operasinya dapat meniru sebuah *instruments*.

*Software* labVIEW terdiri dari tiga komponen utama, yaitu:

### 1. *Front panel*

*Front panel* adalah bagian window yang berlatar belakang abu-abu serta mengandung *control* dan indikator. *Front panel* digunakan untuk membangun sebuah VI, menjalankan program dan *mendebug* program.

Tampilan dari *front panel* dapat dilihat pada gambar 2.19.

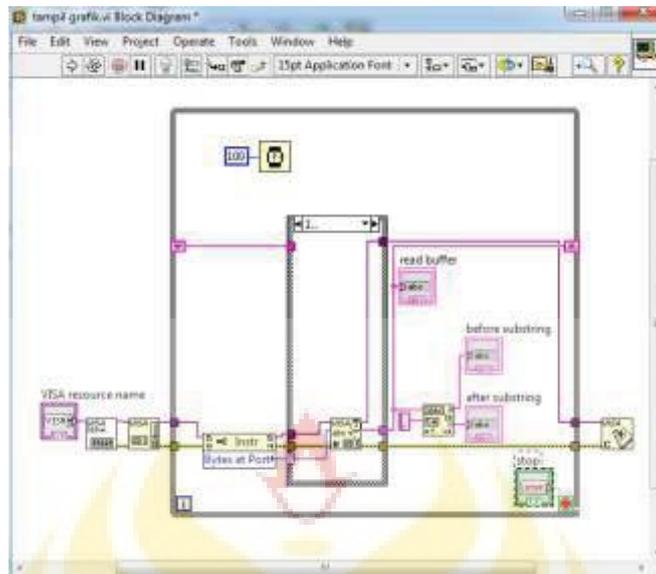


**Gambar 2.19** *Front Panel*

### 2. Blok diagram dari Vi

Blok diagram adalah bagian window yang berlatar belakang putih berisi *source code* yang dibuat dan berfungsi sebagai instruksi untuk *front panel*.

Tampilan dari blok diagram dapat dilihat pada gambar 2.20



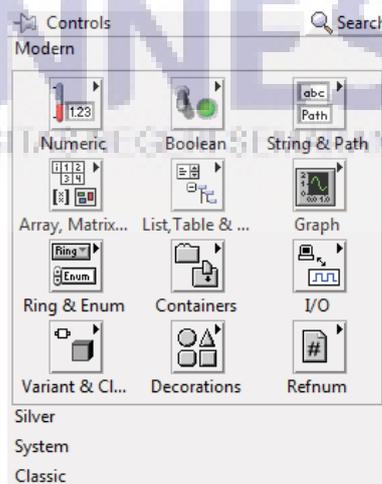
**Gambar 2.20** Blok Diagram Labview

### 3. Control dan Functions Palette

*Control* dan *Functions Palette* digunakan untuk membangun sebuah Vi.

#### a. Control palette

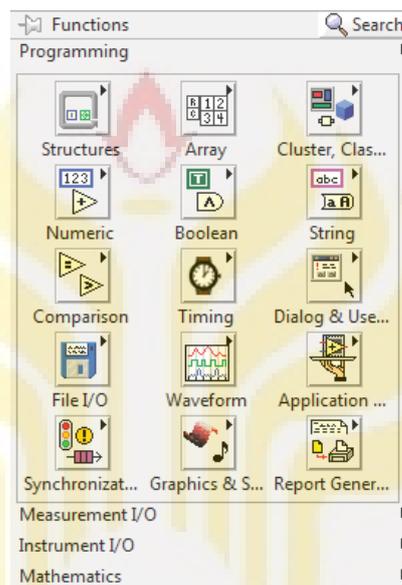
*Control palette* merupakan tempat beberapa *control* dan indikator pada *front panel*, *control palette* hanya tersedia di *front panel*. Contoh *control palette* ditunjukkan pada gambar 2.21



**Gambar 2.21** Control Palette

b. *Functions Palette*

*Functions Palette* digunakan untuk membangun sebuah blok diagram, *Functions Palette* hanya tersedia pada blok diagram. Contoh dari *Functions Palette* ditunjukkan pada gambar 2.22



**Gambar 2.22** *Functions Palette*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah dibuat sebuah rancang bangun sistem peringatan dini daerah rawan longsor dengan menggunakan sensor akselerometer sebagai pendeteksi pergerakan tanah dan sensor LDR sebagai pendeteksi debit curah hujan yang dimonitoring melalui komputer.
2. Rancang bangun sistem peringatan dini daerah rawan longsor dapat bekerja dengan baik namun kurang begitu akurat dalam pembacaan sudut pada sensor akselerometer, dengan rata-rata presentase nilai error 1,47%.
3. Alat peringatan dini tanah longsor dapat dirancang dengan baik dan layak sesuai uji kelayakan oleh ahli/pakar dengan nilai presentase sebesar 83,88% diatas batas minimal kategori layak yaitu 70%.

#### **5.2 Saran**

Setelah melakukan penelitian disarankan perlu ada pengembangan lebih lanjut untuk alat pengaman brangkas yang telah dibuat, maka penulis menyarankan sebagai berikut:

- 5.2.1 Menggunakan sistem monitoring dengan jarak yang lebih jauh yaitu menggunakan Wi-Fi.
- 5.2.2 Dalam pemilihan sensor harus diperhatikan keakurasiannya sehingga ketika diterapkan dalam sebuah alat nilai error yang dihasilkan tidak besar.

5.2.3 Alat yang dibuat diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut oleh mahasiswa Universitas Negeri Semarang untuk bahan penelitian lebih lanjut.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E & Susanto, R.D. 2003. Identification of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia and Their Relationship To Sea Surface Temperature, *International Journal Of Climatology*, 23, 1435-1452.
- Alwi, dkk. 2005. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Departemen Pendidikan Nasional Balai Pustaka. Jakarta.
- Asy'ari, Hasyim. 2013. Pemanfaatan Solar Cell Dengan PLN Sebagai Sumber Energi Listrik Rumah Tinggal. *Jurnal Emitor*. Vol 14 No. 01.
- Bejo, A. 2008. *C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535*. Edisi Pertama. Cetakan Pertama. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Djunaidi, F. 2011. Pengenalan Arduino. <http://www.tokobuku.com>. (Diakses 15 Januari 2016)
- Gutierrez, J. 2012. Labview + Arduino, [e-book], diakses tanggal 23 Maret 2016.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah II*. Beta Offset. Yogyakarta. 401 hlm.
- <http://www.electronics-tutorial.ws>. Diakses 15 Januari 2016
- <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/pdf/DataSheetADXL345>, Diakses 20 Januari 2016.
- Iswanto, Nia Maharani R, Alif Subardono. 2009. Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis Atmega8535. Seminar Nasional Informatika 2009.
- Kadir, A. 2013. *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya menggunakan Arduino*. ANDI OFFSET. Yogyakarta.

- L. Swathy & Lizy Abraham. 2014. Vibration Monitoring Using MEMS Digital Accelerometer with Atmega and LabVIEW Interface for Space Application. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. Vol. 1.
- Laia. 2014. Pengertian Perencanaan (Planning) dan langkah-langkahnya. <https://lailaallatief.wordpress.com/2014/10/10/pengertian-perencanaan-planning-dan-langkah-langkahnya/>. 29 Januari 2016 (09.30).
- Lisnawati, Sri Wahyu S, Warsito. 2013. Rancang Bangun Sensor Extensometer Elektris Sebagai Pendeteksi Pergeseran Permukaan Tanah Dan Sistem Akuisi Data Pada Komputer. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol.01, No.01, Januari 2013.
- Manullang, S.V. 2013. Modifikasi Penakar Hujan Otomatis Tipe Tipping Bucket Dengan Hall Effect Sensor ATS276. *Jurnal Instrumentasi FMIPA*. Universitas Sumata Utara.
- Maulana, Rhobby. 2014. Rancang Bangun Perangkat Telemetri Radio 433Mhz Untuk Transmisi Data Gambar. *Skripsi*. Universitas Sumatra Utara.
- Pamungkas, Putra. 2008. *Tanah Longsor*. <http://klastik.wordpress.com/2008/01/15/tanah-longsor/>. Diakses 10 Januari 2016
- Pramana, A. Y. 2013. Implentasi sensor Accelerometer, Gyroscope dan Magnetometer Berbasis Mikrokontroler Untuk Menampilkan Posisi Benda Menggunakan *Internal Navigation System (INS)*.
- Pratama, F.M. 2016. Rancang Bangun Dongkrak Elektrik Dengan Kendali Android. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang (UNNES). Semarang.
- Rohman, Z. A. 2015. Rancang Bangun Alat Ukur Getaran Menggunakan Sensor Micro Electro Mechanical System (MEMS) Akselerometer. *Edu Elekrika Journal UNNES*.
- Sari, Ratna. 2016. Rancang Bangun Sistem Telemetri Suhu, Kelembaban, dan Posisi dengan PC (Personal Computer) Sebagai Media Penampil Data . *Jurnal Universitas Negeri Malang*.

- Schwartz, Marco. 2015. *Programing Arduino With LabVIEW*, [e-book], diakses tanggal 23 Maret 2016.
- Serridge, Mark. Torben R Licht. 1987. *Piezoelectric Accelerometer and Vibrationn Preamplifier Handbook*. Bruel & Kjaer. [Online : [www.bksv.com/doc/bb0694.pdf](http://www.bksv.com/doc/bb0694.pdf). Diakses tanggal 20 Maret 2016]
- Setyani, S. 2016. Rancang Bangun Alat Pengaman Brankas Menggunakan RFID (Radio Frequency Identification) Dengan memanfaatkan E-KTP Sebagai Tag berbasis Arduino. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang (UNNES). Semarang.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta. Bandung.
- \_\_\_\_\_. 2015. *Metode Penelitian & Pemngembangan Research and Development*. Cetakan Pertama. Alfabeta. Bandung.
- Sulistiyanti, S. R, Warsito, Darmawan A.2008. Rancang Bangun Model Sistem Pemantauan Tinggi Muka Air Sungai Menggunakan Telemeti Radio. *Electrian Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*. Volume 2 N0.1.
- Syahwil, Muhammad. 2013. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Tjasyono, B.H.K. 2007. *Variasi Iklim Musiman dan Non Musiman di Indonesi, Prosding Lokakarya Meteorologi Geofisika dan Klimatologi untuk Media dan Pengguna Jasa*, Jakarta: BMKG.
- Wardoyo, Siswo. 2013. Rancang Bangun Data *Logger* Suhu Menggunakan *Labview*. *Jurnal Ilmiah Elite Elektro*, Vol .4, NO. 1, Maret 2013: 23-30.
- Widodo, Amien. 2011. Tanah Longsor Bencana Alamkah? <http://geologi.iagi.or.id/2011/02/04/tanah-longsor-bencana-alamkah/>. Diakses pada 10 Januari 2016
- Weathershack. 2010. *Tipping Bucket Rain Gauge The Most Common Type Of Automated Rain Sensor*. [http://www .weathershack.com/education/tipping-bucket-rain-gauge.html](http://www.weathershack.com/education/tipping-bucket-rain-gauge.html). Diakses tanggal: 19 Januari 2016.