

**PROPOSAL TUGAS AKHIR**

**APLIKASI JARINGAN SENSOR NIRKABEL UNTUK PENGUKURAN  
PERGERAKAN TANAH MENGGUNAKAN SENSOR PERCEPATAN 3 SUMBU  
PADA DAERAH RAWAN LONGSOR**



Oleh :

**DWI KURNIAWAN**

**I1A006019**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
PURWOKERTO**

**2013**

## KATA PENGANTAR

Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) semakin berkembang karena sifatnya yang fleksibel dan portabel. Berbagai macam aplikasi dapat dipadukan dengan sistem komunikasi radio untuk membentuk Jaringan Sensor Nirkabel. JSN sangat tepat diaplikasikan di-Indonesia mengingat topografi Indonesia yang berupa kepulauan, daratannya beragam tipe seperti pegunungan, lembah, daratan landai dan sebagainya.

Dalam skripsi ini difokuskan pada aplikasi JSN untuk pengukuran pergerakan material tanah yang mana sangat bermanfaat pada pemantauan daerah rawan bencana longsor. Dengan adanya data pergerakan tanah yang terekam secara kontinyu, maka penanganan terhadap daerah rawan bencana akan lebih mudah. Begitu juga dengan upaya mitigasi bencananya.

Dalam penelitian ini pengukuran pergerakan tanah hanya memanfaatkan akselerometer yang tentunya masih memiliki banyak kelemahan dalam pengukuran. Akan tetapi aplikasi ini dapat memberi gambaran umum dalam perancangan sistem pemantauan bencana tanah longsor yang lebih komplek.

Akuisisi data pada sensor tentunya tak lepas dari adanya derau. Upaya penanganan derau pada akuisisi data sensor secara lengkap dibahas pada bab IV dalam sub bab *Reduksi Error Pada Pengukuran dan Perhitungan*. Pada bab IV juga dibahas sekilas mengenai analisis *Quality Of Service (QOS)* yang mencakup *losses* daya pada komunikasi nirkabel dan konsumsi daya sistem.

Meskipun telah berupaya dengan segenap daya dan upaya, penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kekeliruan dalam penyusunan laporan ini sehingga kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan.

Penulis berharap semoga penulisan laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri serta kalangan civitas akademika dan para pembaca secara keseluruhan.

Purbalingga, Agustus 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>PROPOSAL TUGAS AKHIR.....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1    Latar Belakang .....	1
I.2    Perumusan Masalah .....	3
I.3    Batasan Masalah .....	4
I.4    Tujuan .....	4
I.5    Manfaat .....	5
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
II.1    Longsor .....	6
II.1.1    Jenis - jenis longsor.....	6
II.1.2    Faktor Penyebab Tanah Longsor .....	10
II.2    Integrasi Numerik .....	15
II.2.1    Integrasi data diskret .....	17
II.3    Jaringan Sensor Nirkabel ( <i>Wireless Sensor Network</i> ) .....	17
II.3.1    Arsitektur Jaringan Sensor Nirkabel .....	18
II.3.2    Sensor Percepatan 3 Sumbu .....	20
a.    Prinsip Kerja Akselerometer .....	20
b.    Accelerometer H48C.....	22
c.    Pengukuran Perpindahan Posisi .....	24
II.4    Sistem Komunikasi Nirkabel ( <i>wireless</i> ) RF ( Radio Frekuensi).....	25

II.4.1	Protokol.....	26
II.4.2	Modul X-BeePro .....	27
II.4.3	Enkripsi / Deskripsi Data .....	29
II.5	Mikrokontroller.....	31
<b>METODE PENELITIAN .....</b>		<b>34</b>
III.1	Waktu dan Tempat.....	34
III.2	Alat dan Bahan.....	34
III.3	Metode Penelitian .....	34
III.1	Studi Pustaka.....	34
III.2	Identifikasi Permasalahan .....	35
III.3	Perancangan Sistem .....	35
a.	Desain peralatan.....	35
b.	Perancangan perangkat lunak ( software ) .....	41
III.4	Pembuatan Alat.....	44
III.5	Pengujian Sistem.....	45
III.6	Pengaplikasian Sistem.....	46
III.4	Jadwal Penelitian .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>48</b>
<b>LAMPIRAN - LAMPIRAN .....</b>		<b>50</b>

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **I.1 Latar Belakang**

Berdasarkan tinjauan aspek geologis, jenis tanah yang sering dijumpai di Indonesia adalah hasil letusan gunung api. Tanah ini memiliki komposisi sebagian besar lempung dengan sedikit pasir dan bersifat subur. Tanah pelapukan yang berada di atas batuan kedap air pada perbukitan / punggung dengan kemiringan sedang hingga terjal berpotensi mengakibatkan tanah longsor pada musim hujan dengan curah hujan berkuantitas tinggi. Jika perbukitan tersebut tidak ada tanaman keras berakar kuat dan dalam, maka kawasan tersebut rawan bencana tanah longsor.

Tercatat selama tahun 2011 terjadi 210 kejadian tanah longsor dengan yang mengakibatkan 177 korban meninggal, 837 orang menderita dan mengungsi dan kerusakan bangunan mencapai 2992 rumah dan bangunan (BNPB, 2012<sup>a</sup>). Angka kejadian bencana ini terbilang sangat tinggi sehingga diperlukan penanganan khusus terhadap upaya penanggulangan dan mitigasi bencana terhadap tanah longsor.

Salah satu parameter dari tanah longsor adalah kecepatan pergerakan tanah (BNPB, 2011). Yang mana kecepatan merupakan besaran turunan dari jarak perpindahan. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk mendeteksi adanya perpindahan material tanah adalah dengan cara melakukan pengukuran perpindahan posisi tanah secara berkala.

Pada saat ini didalam sistem instrumentasi elektronik telah dikembangkan sensor percepatan yang mana percepatan merupakan turunan dari kecepatan pergerakan sehingga dengan menggunakan teknik integrasi hasil pembacaan sensor percepatan dapat diperoleh nilai dari kecepatan. Sebagai contoh modul *accelerometer* H48C buatan Parallax mampu membaca percepatan pada 3 sumbu axial. Sehingga besar kemungkinan sensor percepatan H48C dapat diaplikasikan untuk pengukuran perpindahan material tanah secara berkala.

Dalam areal material longsor, jarak perpindahan material dari suatu daerah dengan daerah yang lain beraneka ragam dan umumnya daerah yang rawan bencana longsor merupakan daerah perbukitan sehingga perlu adanya suatu perangkat yang mampu melakukan pengukuran terhadap jarak perpindahan material tersebut pada titik yang berbeda secara bersamaan. Titik – titik yang dianggap perlu dilakukan pengukuran umumnya berjarak relatif jauh antara yang satu dengan lainnya, sehingga penggunaan kabel untuk pertukaran data antar perangkat mempunyai beberapa keterbatasan.

Robert Faludi (2010) dari New York University, USA, mengaplikasikan jaringan Zigbee<sup>1</sup> sebagai jaringan sensor nirkabel dengan memanfaatkan modul Xbee sebagai modul komunikasinya. Yang mana dalam jaringan sensor nirkabel ini komunikasi data tiap – tiap *mote*<sup>2</sup> dilakukan dengan menggunakan frekuensi radio sehingga memungkinkan dilakukan pertukaran data antar *mote* pada jarak yang relatif jauh tanpa menggunakan kabel. Sehingga

---

<sup>1</sup> Standar protokol jaringan *wireless* yang ditujukan untuk otomasi dan kontrol jarak jauh dengan konsumsi daya dan *transfer rate* yang relatif rendah.

<sup>2</sup> Unit dari jaringan sensor nirkabel yang tersusun dari modul komunikasi, kontroler, memori, sensor – sensor, dan catu daya.

jaringan Zigbee memungkinkan untuk digunakan sebagai jaringan sensor nirkabel untuk pembacaan kecepatan pergerakan tanah.

Robert Faludi juga menegaskan bahwa, modul wireless Xbee yang digunakan mampu menangani input dan output secara langsung karena modul telah terintegrasi dengan mikrokontroler. Akan tetapi penggunaan modul xbee secara *standalone* dalam sebuah *mote* memiliki beberapa keterbatasan diantaranya adalah kurangnya fleksibilitas dalam pemrograman, keterbatasan fungsi input – output modul, proses kalkulasi pada mikrokontroler internal dapat mengganggu stabilitas frekuensi pengiriman maupun penerimaan data sehingga untuk menanggulangnya dibutuhkan mikrokontroler eksternal. Beberapa modul mikrokontroler yang cukup terkenal dan banyak digunakan dalam aplikasi sistem embeded adalah Arduino, PIC Chip, BASICstamp, Beagle Board.

## **I.2 Perumusan Masalah**

Dari uraian di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana memanfaatkan sensor percepatan untuk akuisisi data kecepatan pergerakan tanah?
2. Bagaimana melakukan kalibrasi dan menentukan tingkat akurasi sensor percepatan dalam melakukan pengukuran pergerakan tanah?
3. Bagaimana memanfaatkan jaringan sensor nirkabel menggunakan protokol Zigbee untuk komunikasi data percepatan pergerakan tanah antar *mote*?



4. Bagaimana sinkronisasi data antara akselerometer, mikrokontroler eksternal, dan modul wireless?

### **I.3 Batasan Masalah**

Dalam pembuatan skripsi ini penulis hanya akan membahas sebagai berikut:

1. Perangkat yang digunakan adalah sebagai berikut.
  - a. Sensor percepatan menggunakan modul *accelerometer* H48C.
  - b. Mikrokontroler eksternal menggunakan Arduino type Arduino Deumilanove.
  - c. Modul wireless menggunakan Xbee Pro *Series 1*.
2. Bagaimana merancang sebuah sistem akusisi data yang mampu melakukan pengambilan data dari lingkungan sekaligus berkomunikasi dengan perangkat lain.
3. Topologi jaringan ZigBee yang digunakan adalah topologi *star* dan tidak membahas detil tentang topologi jaringan.
4. Perancangan system tidak membahas masalah keamanan jaringan.

### **I.4 Tujuan**

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu :

1. Melakukan pengukuran terhadap pergerakan material longsor menggunakan sensor percepatan.

2. Menemukan tingkat akurasi terhadap modul sensor akselerometer H48C.
3. Mendapatkan parameter pengkondisian sinyal yang sesuai untuk akselerometer H48C.
4. Merancang dan membuat sistem *telemetry* berbasis *Zigbee wireless RF*.
5. Mengetahui konsumsi daya sebuah sistem jaringan sensor nirkabel *Zigbee*.

## **I.5 Manfaat**

Manfaat dari melakukan penelitian ini yaitu :

1. Mengaplikasikan jaringan sensor secara nirkabel terhadap sistem peringatan dini bencana tanah longsor.
2. Untuk menyelesaikan permasalahan dari sistem peringatan dini bencana tanah longsor yang ada sebelumnya yang masih terkendala masalah fleksibilitas dan portabilitas.
3. Dapat melakukan alih teknologi tentang jaringan sensor nirkabel yang masih terkategori baru untuk Indonesia.
4. Sebagai bahan kajian untuk aplikasi jaringan sensor nirkabel dibidang lain.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Longsor**

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan sebagai berikut: air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

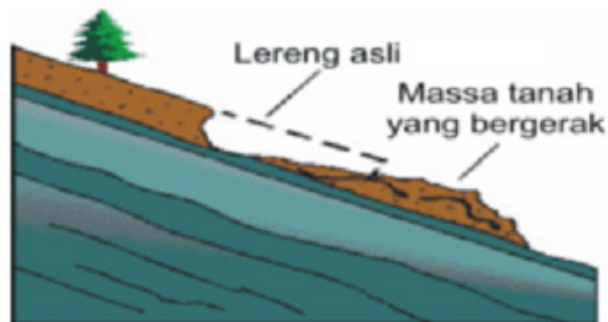
##### **II.1.1 Jenis - jenis longsor**

Ada 6 jenis tanah longsor (BNPB, 2011), yakni: longsoran translasi, longsoran rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan. Jenis longsoran translasi dan rotasi paling banyak terjadi di Indonesia. Sedangkan longsoran yang paling banyak memakan korban jiwa manusia adalah aliran bahan rombakan.

##### **1. Longsoran Translasi.**

Longsoran translasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.

Ilustrasi dari longsor translasi dapat dilihat pada gambar 2.1.



*Gambar 2.1 Longsor translasi*

## 2. Longsoran Rotasi.



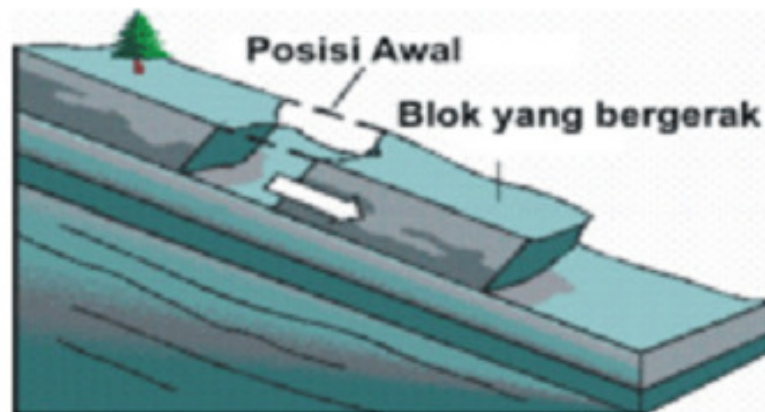
*Gambar 2.2 Longsor rotasi*

Longsoran rotasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung. Ilustrasi dari longsoran rotasi dapat dilihat pada gambar 2.2.

## 3. Pergerakan Blok

Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsoran ini disebut juga longsoran translasi blok batu.

Ilustrasi dari pergerakan blok dapat dilihat pada gambar 2.3.



*Gambar 2.3 Pergerakan blok*

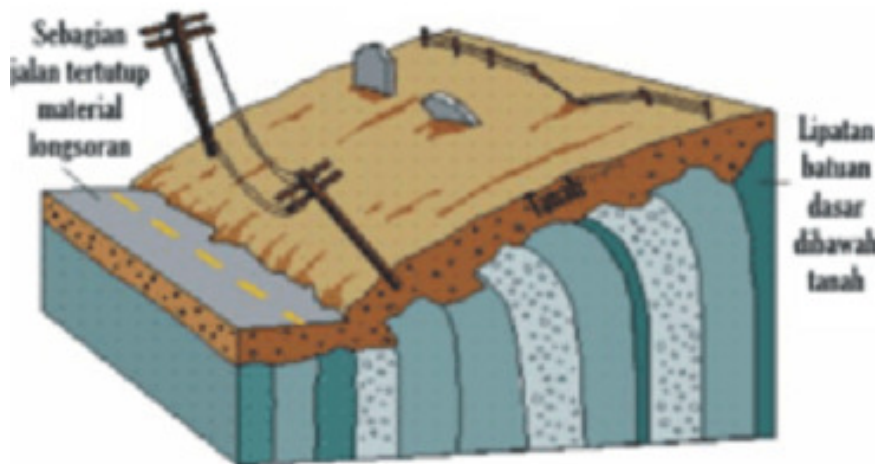
#### 4. Runtuhan Batu



*Gambar 2.4 Pergerakan batu*

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. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah. Ilustrasi dari pergerakan batu dapat dilihat pada gambar 2.4.

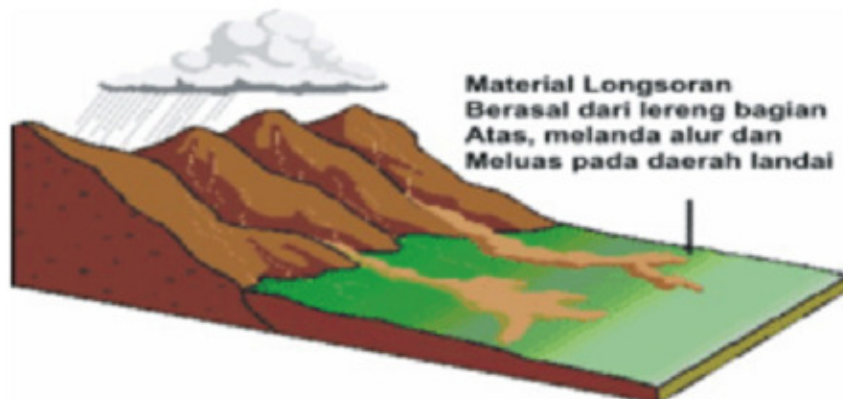
#### 5. Rayapan Tanah



*Gambar 2.5 Rayapan tanah*

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. Ilustrasi dari rayapan tanah dapat dilihat pada gambar 2.5.

#### 6. Aliran Bahan Rombakan



*Gambar 2.6 Aliran bahan rombakan*

Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada

kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunungapi. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak. Ilustrasi dari aliran bahan rombakan dapat dilihat pada gambar 2.6.

### **II.1.2 Faktor Penyebab Tanah Longsor**

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada 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.

Faktor-faktor Penyebab Tanah Longsor :

#### **1. Hujan**

Ancaman tanah longsor biasanya dimulai pada bulan November karena meningkatnya intensitas curah hujan. Musim kering yang panjang akan menyebabkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Hal itu mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah hingga terjadi retakan dan merekahnya tanah permukaan.

Ketika hujan, air akan menyusup ke bagian yang retak sehingga tanah dengan cepat mengembang kembali. Pada awal

musim hujan, intensitas hujan yang tinggi biasanya sering terjadi, sehingga kandungan air pada tanah menjadi jenuh dalam waktu singkat.

Hujan lebat pada awal musim dapat menimbulkan longsor, karena melalui tanah yang merekah air akan masuk dan terakumulasi di bagian dasar lereng, sehingga menimbulkan gerakan lateral. Bila ada pepohonan di permukaannya, tanah longsor dapat dicegah karena air akan diserap oleh tumbuhan. Akar tumbuhan juga akan berfungsi mengikat tanah.

## 2. Lereng terjal

Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin. Kebanyakan sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah 180 apabila ujung lerengnya terjal dan bidang longsorannya mendatar.

## 3. Tanah yang kurang padat dan tebal

Jenis tanah yang kurang padat adalah tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 m dan sudut lereng lebih dari 220. Tanah jenis ini memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan. Selain itu tanah ini sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena menjadi lembek terkena air dan pecah ketika hawa terlalu panas.



#### 4. Batuan yang kurang kuat

Batuan endapan gunung api dan batuan sedimen berukuran pasir dan campuran antara kerikil, pasir, dan lempung umumnya kurang kuat. Batuan tersebut akan mudah menjadi tanah bila mengalami proses pelapukan dan umumnya rentan terhadap tanah longsor bila terdapat pada lereng yang terjal.

#### 5. Jenis tata lahan

Tanah longsor banyak terjadi di daerah tata lahan persawahan, perladangan, dan adanya genangan air di lereng yang terjal. Pada lahan persawahan akarnya kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan membuat tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air sehingga mudah terjadi longsor. Sedangkan untuk daerah perladangan penyebabnya adalah karena akar pohonnya tidak dapat menembus bidang longsor yang dalam dan umumnya terjadi di daerah longsor lama.

#### 6. Getaran

Getaran yang terjadi biasanya diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin, dan getaran lalu lintas kendaraan. Akibat yang ditimbulkannya adalah tanah, badan jalan, lantai, dan dinding rumah menjadi retak.

#### 7. Susut muka air danau atau bendungan

Akibat susutnya muka air yang cepat di danau maka gaya penahan lereng menjadi hilang, dengan sudut kemiringan

waduk 220 mudah terjadi longsoran dan penurunan tanah yang biasanya diikuti oleh retakan.

8. Adanya beban tambahan

Adanya beban tambahan seperti beban bangunan pada lereng, dan kendaraan akan memperbesar gaya pendorong terjadinya longsor, terutama di sekitar tikungan jalan pada daerah lembah. Akibatnya adalah sering terjadinya penurunan tanah dan retakan yang arahnya ke arah lembah.

9. Pengikisan/erosi

Pengikisan banyak dilakukan oleh air sungai ke arah tebing. Selain itu akibat penggundulan hutan di sekitar tikungan sungai, tebing akan menjadi terjal.

10. Adanya material timbunan pada tebing

Untuk mengembangkan dan memperluas lahan pemukiman umumnya dilakukan pemotongan tebing dan penimbunan lembah. Tanah timbunan pada lembah tersebut belum terpadatkan sempurna seperti tanah asli yang berada di bawahnya.

Sehingga apabila hujan akan terjadi penurunan tanah yang kemudian diikuti dengan retakan tanah.

11. Bekas longsoran lama

Longsoran lama umumnya terjadi selama dan setelah terjadi pengendapan material gunung api pada lereng yang relatif

terjal atau pada saat atau sesudah terjadi patahan kulit bumi.

Bekas longsoran

lama memiliki ciri:

- a. Adanya tebing terjal yang panjang melengkung membentuk tapal kuda. Umumnya dijumpai mata air, pepohonan yang relatif tebal karena tanahnya gembur dan subur.
- b. Daerah badan longsor bagian atas umumnya relatif landai.
- c. Dijumpai longsoran kecil terutama pada tebing lembah.
- d. Dijumpai tebing-tebing relatif terjal yang merupakan bekas longsoran kecil pada longsoran lama.
- e. Dijumpai alur lembah dan pada tebingnya dijumpai retakan dan longsoran kecil.

Longsoran lama ini cukup luas.

## 12. Adanya bidang diskontinuitas (bidang tidak sinambung)

Bidang tidak sinambung ini memiliki ciri:

- a. Bidang perlapisan batuan
- b. Bidang kontak antara tanah penutup dengan batuan dasar
- c. Bidang kontak antara batuan yang retak-retak dengan batuan yang kuat.

- d. Bidang kontak antara batuan yang dapat melewati air dengan batuan yang tidak melewati air (kedap air).
- e. Bidang kontak antara tanah yang lembek dengan tanah yang padat.
- f. Bidang-bidang tersebut merupakan bidang lemah dan dapat berfungsi sebagai bidang luncuran tanah longsor.

#### 13. Penggundulan hutan

Tanah longsor umumnya banyak terjadi di daerah yang relatif gundul dimana pengikatan air tanah sangat kurang.

#### 14. Daerah pembuangan sampah

Penggunaan lapisan tanah yang rendah untuk pembuangan sampah dalam jumlah banyak dapat mengakibatkan tanah longsor apalagi ditambah dengan guyuran hujan, seperti yang terjadi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Leuwigajah di Cimahi. Bencana ini menyebabkan sekitar 120 orang lebih meninggal.

## II.2 Integrasi Numerik

Integrasi numerik umumnya dilakukan apabila :

- 1 Fungsi yang akan diintegrasikan sedemikian hingga tidak ada metode analitik untuk menyelesaikannya.

- 2 Fungsi yang akan diintegrasi, bentuk eksplisitnya tak diketahui, tetapi diberikan nilai-nilai variabel bebasnya dan nilai-nilai fungsi yang berkorespondensi di dalam suatu interval  $[a...b]$  .

Masalah umum dari integrasi numerik dapat dinyatakan sebagai berikut:

Diberikan sekumpulan titik  $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$  dari fungsi  $y=f(x)$  , dimana bentuk eksplisit dari  $f(x)$  tidak diketahui, dan dari data (keterangan) tersebut akan dihitung nilai integral tentu berikut:

$$I = \int_a^b y \, dx \dots\dots\dots(2.1)$$

seperti didalam diferensiasi numerik,  $f(x)$  akan diaproksimasi oleh interpolasi polinom  $\theta(x)$ , dan hasilnya pada integrasi tersebut adalah nilai aproksimasi integral tentu. Jadi, perbedaan formula integrasi bergantung pada bentuk dari *selisih maju dari Newton*.

Misalkan interval  $[a...b]$  dibagi menjadi n interval bagian, sedemikian hingga  $a = x_1 < x_2 < x_3 < \dots < x_n = b$ . Oleh karena itu  $x_n = x_0 + nh$ . Dengan demikian diperoleh.

$$I = \int_{x_0}^{x_n} y \, dx \dots\dots\dots(2.2)$$

Aproksimasi y oleh formula selisih maju Newton, kita peroleh:

$$I = \int_{x_0}^{x_n} \left[ y_0 + \Delta P y_0 + \frac{p(p-1)}{2} \Delta^2 y_0 + \frac{p(p-1)(p-2)}{6} \Delta^3 y_0 + \dots \right] dx \dots\dots(2.2)$$

Karena  $x = x.ph$  maka  $dx = h \, dp$  jika disubstitusikan ke persamaan 2.2 maka akan menghasilkan persamaan 2.3 berikut.

$$\int_{x_0}^{x_n} y \, dx = \left[ y_0 + \Delta P y_0 + \frac{n}{2} \Delta^2 y_0 + \frac{n(2n-3)}{12} \Delta^3 y_0 + \frac{n(n-2)^2}{24} \Delta^3 y_0 + \dots \right] \dots\dots\dots(2.3)$$

### II.2.1 Integrasi data diskret

Data diskret adalah sekumpulan data yang diambil dengan interval pengambilan sampel tertentu. Pada proses integrasi diskrit, perhitungan jauh lebih sederhana karena proses integrasi hanyalah proses penjumlahan. Jika  $y_{(n)}$  adalah sekumpulan data diskrit dengan  $n$  [a...b], sedangkan selang waktu kejadian antara data ke- $n$  dengan data ke- $(n-1)$  adalah  $\Delta t$ , maka integral dari  $y_{(n)}$  adalah  $x_{(n)}$  sesuai dengan persamaan 2.4.

$$x_n = x_{n-1} + (y_n \cdot \Delta t) \dots\dots\dots(2.4)$$

## II.3 Jaringan Sensor Nirkabel ( *Wireless Sensor Network* )

Jaringan Sensor Nirkabel ( *Wireless Sensor Network* ) merupakan suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa sensor (*node sensor*) yang diletakan diberbagai lokasi yang berbeda untuk memonitoring suatu plan.

Konsep dasar perancangan Jaringan Sensor Nirkabel yaitu memadukan fungsi sensing dari suatu piranti dengan CPU (*Central Processing Unit*) sebagai unit pengolahan dan perhitungan data kemudian dipadukan dengan RF (*Radio Frequency*) untuk komunikasi data.

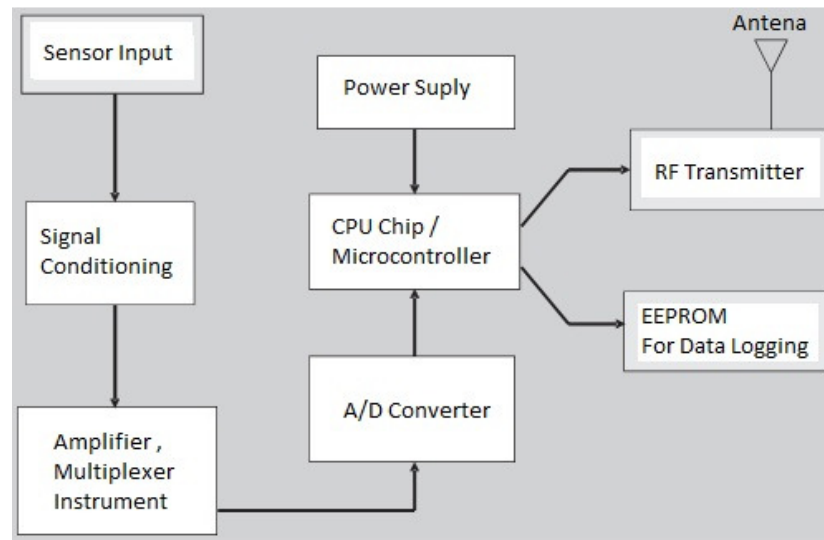
Sensor yang digunakan beraneka ragam sesuai dengan kebutuhan. Sensor-sensor tersebut akan melakukan akusisi data objek dan mengirimnya ke *gateway* kemudian ke server.

### II.3.1 Arsitektur Jaringan Sensor Nirkabel

Komponen utama jaringan sensor nirkabel yaitu :

#### 1. Node / Mote

Node merupakan komponen yang berfungsi untuk pembacaan data lingkungan, penyimpanan data , serta pengiriman data. Sehingga sebuah *node* minimal harus didukung oleh fungsi *sensing*, *data logging* dan *data transmit*. Arsitektur sebuah *node* dapat dilihat dari gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7 Arsitekture individual node

#### 2. Gateway / Base Station

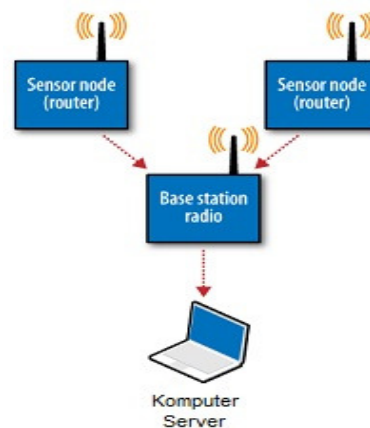
*Base station* memiliki fungsi utama sebagai pengumpul data dari *node – node* yang tersebar di lapangan kemudian mengirimkannya ke komputer server.

#### 3. Komputer Server

Merupakan piranti yang berfungsi sebagai pusat basis data, sistem jaringan dan penyedia aplikasi. Dengan adanya

komputer server memungkinkan data yang dikirimkan oleh *gateway* terhubung dengan internet, dilakukan pengolahan data untuk keperluan prediksi dan analisis, serta monitoring *node* yang tersebar dilapangan.

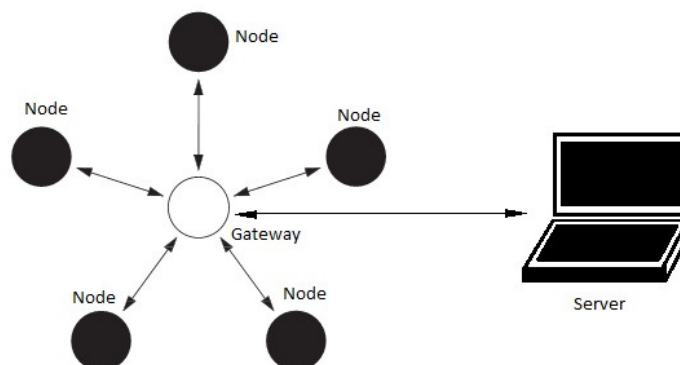
Desain minimum dari sebuah jaringan sensor nirkabel dapat dilihat dari gambar 2.8 berikut :



*Gambar 2.8 Konfigurasi Sebuah Jaringan Sensor Nirkabel Sederhana*

Konfigurasi ketiga komponen tersebut (*node*, *gateway*, dan *server*) dapat beraneka ragam sesuai dengan kebutuhan. Diantaranya adalah sebagai berikut .

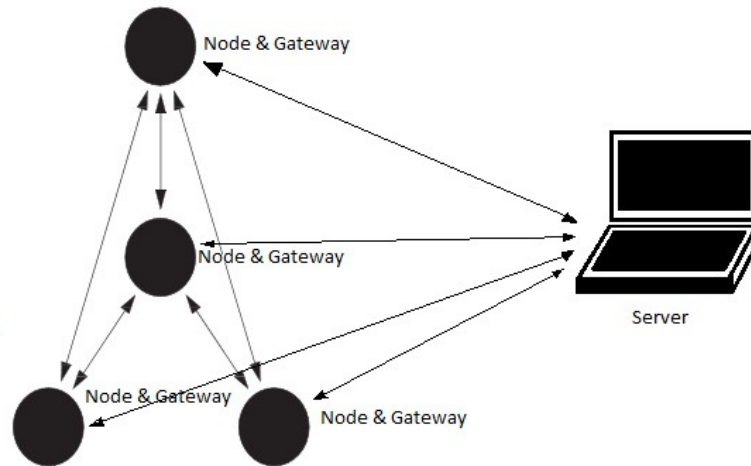
1. Topologi *Star* / Bintang (Gambar 2.9)



*Gambar 2.9 Topologi Star pada Jaringan Sensor Nirkabel*

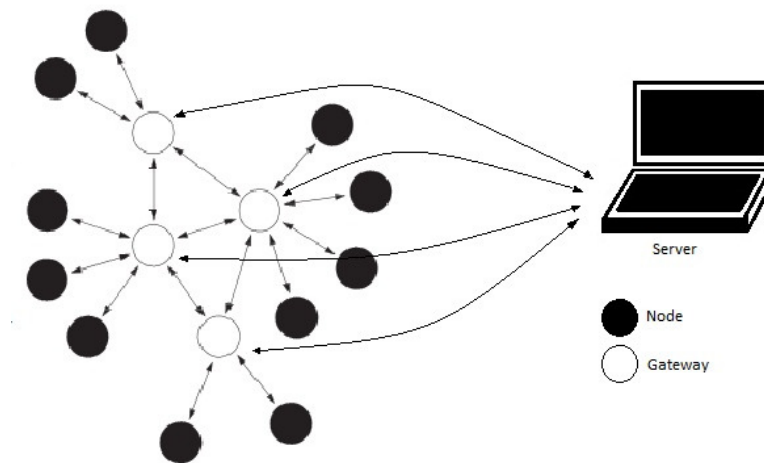


## 2. Topologi Mesh (Gambar 2.10)



*Gambar 2.10 Topologi Mesh pada Jaringan Sensor Nirkabel*

## 3. Hybrid Star - Mesh (Gambar 2.11)



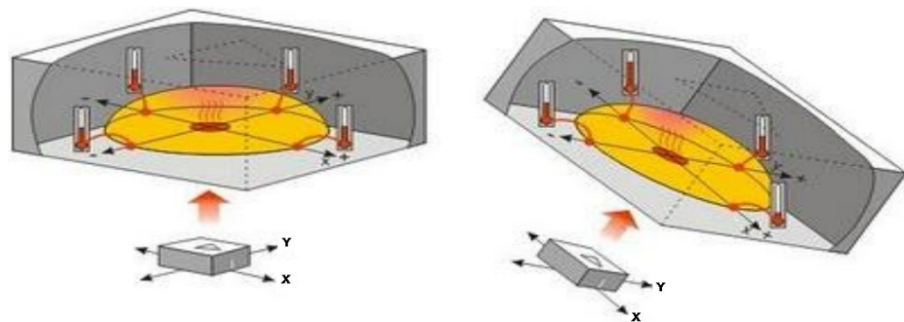
*Gambar 2.11 Topologi Hybrid Star – Mesh*

### II.3.2 Sensor Percepatan 3 Sumbu

#### a. Prinsip Kerja Akselerometer

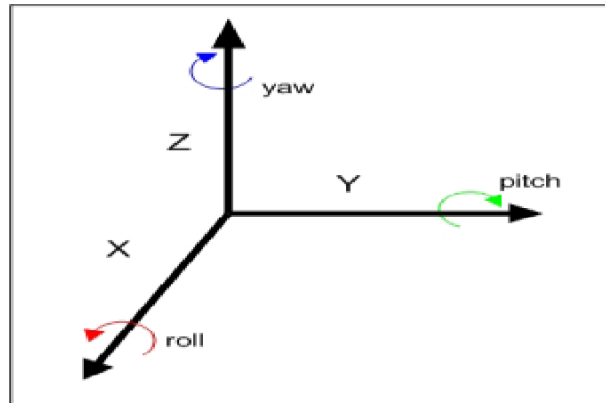
Prinsip kerja sensor ini adalah seperti di tunjukkan oleh gambar 2.12. Sensor menghasilkan panas yang mana jika dimiringkan maka

panas tersebut akan memanasi bagian pinggir sensor yang merupakan bahan seperti thermocoupler. sehingga jika dipanaskan akan menghasilkan perubahan dan perbedaan panas yang mengakibatkan terjadinya perubahan tegangan yang nantinya dimasukkan kedalam ADC.



*Gambar 2.12 Perinsipkerja akselerometer*

Sensor akselerometer 3 sumbu ini memiliki sifat pergerakan *roll*, *pitch* dan *yaw*. Sifat ini merupakan sifat pergerakan terhadap sumbu X, Y dan Z yang telah disesuaikan dengan titik gravitasi bumi. Sumbu X merepresentasikan gerakan perputaran. Sumbu Y merepresentasikan gerakan terhadap kemiringan pada sumbu Y. Sumbu Z merepresentasikan gerakan menoleh atau berbelokan terhadap bidang. Gambar 2.13 menunjukkan analogi pergerakan pada sensor akselerometer 3 sumbu.



Gambar 2.13. Analogi pergerakan sensor akselerometer 3 sumbu

#### b. Accelerometer H48C

H48C merupakan sensor percepatan yang mampu mendeteksi pergerakan dari 3 sumbu yaitu x, y, dan z. Sensor ini memberikan keluaran berupa data digital hasil konversi tegangan dengan resolusi ADC 12 bit. Percepatan tiap sumbu(G)<sup>3</sup> dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$G = (Axis - vRef) \times 0,0022$$

Dimana : G = Percepatan

Axis = Tegangan keluaran tiap sumbu

vRef = Tegangan referensi ADC

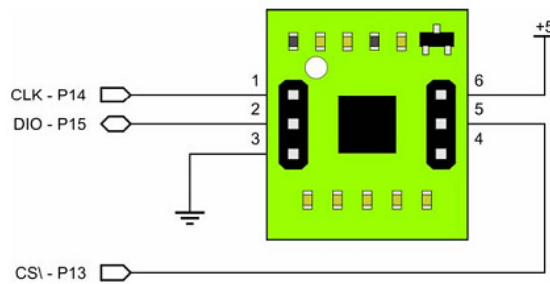
Skematik konfigurasi sederhana dari H48C dapat dilihat pada gambar 2.14.

Pada gambar 2.14, fungsi pin CLK adalah sebagai *synchronous clock input* karena penggunaan bersama jalur data (DIO)<sup>4</sup>. Sedangkan

<sup>3</sup>Simbol G diambil dari *g-force*

<sup>4</sup> DIO = bi-directional digital input/output dimana modul akan mengirimkan data dan meminta data referensi dari jalur ini.

CS merupakan pin *chip select* yang digunakan untuk memilih modul yang digunakan apabila modul yang dipakai lebih dari satu.

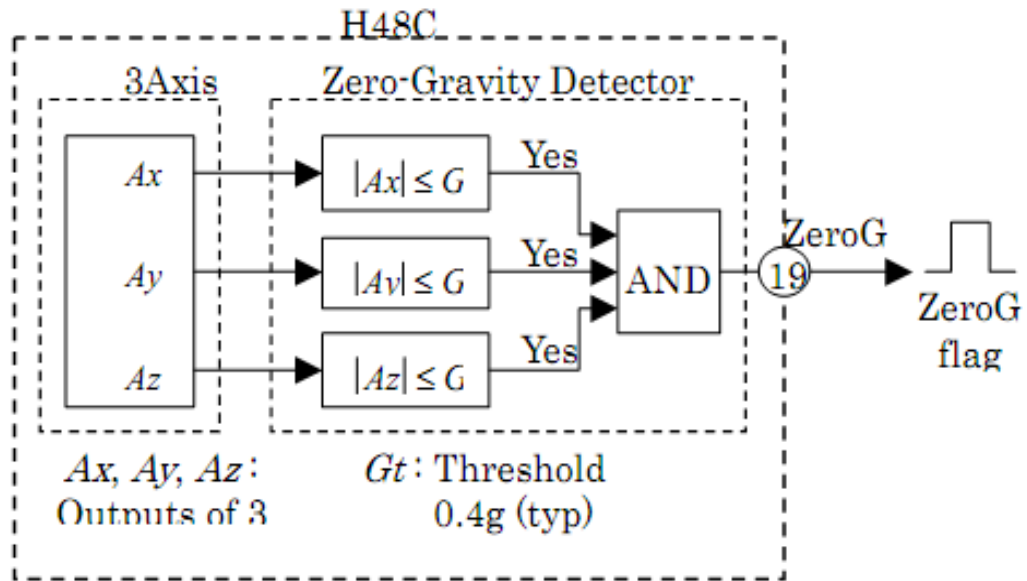


Gambar 2.14. Skematik konfigurasi sederhana dari H48C

Dalam penelitian ini modul sensor H48C yang digunakan adalah modul *3 axis accelerometer H48C* buatan Parallax yang mana sensor percepatan H48C telah terintegrasi dengan *analog signal conditioning MCP3204*.

Prinsip pengiriman dan penerimaan data dari H48C adalah dengan menggunakan teknik geser keluar (*shift out*) untuk mengirim data, dan teknik geser ke dalam (*shift in*) untuk menerima data dari kontroler (*host*).

Pada H48C terdapat *zeroG* detector untuk kalibrasi perhitungan. Pada kondisi jatuh bebas, output *zeroG* bernilai 3.3V. Gambar 2.15 menunjukkan diagram blok dari *zeroG detector*.



### c. Pengukuran Perpindahan Posisi

Dalam domain waktu ( $t$ ), jarak perpindahan sesaat ( $s_t$ ) dapat diperoleh dengan melakukan integrasi data kelajuan sesaat ( $v_t$ ) dan kelajuan sesaat ( $v_t$ ) dapat diperoleh dengan melakukan integrasi percepatan sesaat ( $a_t$ ). Persamaan untuk menghitung jarak perpindahan sesaat ( $s_t$ ) dari kelajuan sesaat ( $v_t$ ) adalah sebagai berikut (persamaan 2.5).

$$s(t) = \int_{t_a}^{t_b} v(t) dt \dots \dots \dots (2.5)$$

Sedangkan untuk menghitung kelajuan sesaat ( $v_t$ ) dari percepatan sesaat ( $a_t$ ) adalah sesuai persamaan 2.6 berikut.

$$v(t) = \int_{t_a}^{t_b} a(t) dt \dots \dots \dots (2.6)$$

Berdasarkan persamaan 2.6 dan persamaan 2.7 untuk memperoleh jarak perpindahan sesaat ( $s_t$ ) dari percepatan sesaat ( $a_t$ )

dapat dilakukan substitusi persamaan 2.7 ke persamaan 2.6 sehingga menjadi persamaan 2.7.

$$s(t) = \int_{t_a}^{t_b} a(t) dt \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :  $t$  = waktu

$s(t)$  = Jarak perpindahan setelah  $t$

$a(t)$  = percepatan sesaat pada waktu  $t$

$t_a$  = Waktu awal

$t_b$  = Waktu akhir

## II.4 Sistem Komunikasi Nirkabel ( wireless ) RF ( Radio Frekuensi)

Sistem komunikasi nirkabel merupakan suatu sistem komunikasi yang menggunakan media transmisi non fisik ( kabel tembaga, kabel fiber ). Umumnya, sistem komunikasi ini memanfaatkan gelombang elektromagnetik sebagai media penyalurnya. Dengan kata lain, sebuah data / informasi dikirimkan dengan cara dimodulasi ke dalam gelombang elektromagnetik. Pada sistem komunikasi nirkabel menggunakan RF berarti media transmisi yang digunakan yakni gelombang elektromagnetik dalam *bandwidth* gelombang radio yakni pada rentang frekuensi 300 Hz sampai dengan 300 GHz.

Karena pengiriman informasi menggunakan frekuensi radio, maka komunikasi ini diatur oleh jenis hukum yang sama dan digunakan untuk mengatur hal-hal seperti AM/FM radio. Federal Communications Commission ( FCC ) mengatur penggunaan alat dari wireless LAN. Dalam pemasaran wireless sekarang, menerima beberapa standard operasional dan syarat dalam

Amerika Serikat yang diciptakan dan dirawat oleh *Institute of Electrical Electronic Engineers (IEEE)*. Beberapa Standar wireless LAN :

**IEEE 802.11** – Standar asli wireless LAN menetapkan tingkat perpindahan data yang paling lambat dalam teknologi transmisi light-based dan RF.

**IEEE 802.11b** – Menggambarkan tentang beberapa transfer data yang lebih cepat dan lebih bersifat terbatas dalam lingkup teknologi transmisi.

**IEEE 802.11a** – Gambaran tentang pengiriman data lebih cepat dibandingkan (tetapi kurang sesuai dengan) IEEE 802.11b, dan menggunakan 5 GHZ frekuensi band UNII.

**IEEE 802.11g** – Syarat yang paling terbaru berdasar pada 802.11 standard yang menguraikan transfer data sama dengan cepatnya seperti IEEE 802.11a, dan sesuai dengan 802.11b yang memungkinkan untuk lebih murah.

#### **II.4.1 Protokol**

Protokol adalah sebuah standar yang mengatur atau mengijinkan terjadinya hubungan komunikasi, dan perpindahan data antara dua atau lebih pernakat. Protokol dapat diterapkan pada perangkat keras, perangkat lunak, atau kombinasi dari keduanya. Pada tingkatan yang terendah, protokol mendefinisikan koneksi perangkat keras.

Hal – Hal yang perlu diperhatikan mengenai protokol adalah :

1. Melakukan deteksi ada atau tidak adanya koneksi fisik antar perangkat keras.
2. Melakukan metode jabat tangan ( *Handshaking*).
3. Negosiasi berbagai macam karakteristik hubungan.
4. Bagaimana mengawali dan mengahiri suatu pesan.
5. Bagaimana format pesan yang digunakan.
6. Yang harus dilakukan saat terjadi kerusakan pesan atau pesan tidak sempurna.
7. Mendeteksi rugi – rugi pada hubungan jaringan dan langkah – langkah yang dilakukan selanjutnya.
8. Mengakhiri suatu koneksi

Dalam membuat protokol ada tiga hal yang harus dipertimbangkan yaitu efektifitas, kehandalan, dan fleksibilitas.

#### **II.4.2 Modul X-BeePro**

Pada masa sekarang ini telah banyak dikembangkan modul *wireless RF*. Salah satu modul *wireless RF* yang sering dipakai adalah *X-Bee Pro* yang dibuat oleh *Maxstream*. *X-Bee pro* dirancang agar dapat memenuhi teknologi *Zigbee/IEEE 802.15.4*.

*Zigbee/IEEE 802.15.4* merupakan teknologi yang memfokuskan transfer data (*data rate*) rendah, konsumsi daya rendah, biaya murah dan target protokol untuk jaringan *wireless* aplikasi otomasi dan kendali *remote*. Modul *X-Bee pro* yang digunakan memiliki spesifikasi XBP-



24/1083 yang beroperasi pada daerah 2,4 GHz. Fitur yang dimiliki oleh modul ini adalah :

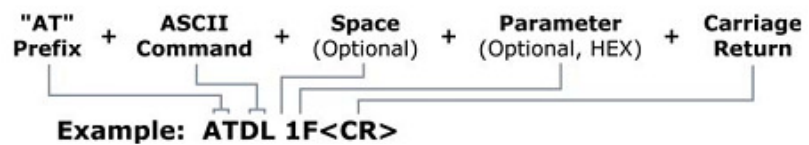
1. Jarak komunikasi *indoor* sampai 300 m dan *outdoor* hingga 1500 m LOS ( *Line Of Sight* )
2. Sensitivitas penerimaan -100 dBm.
3. RF data rate 250.000 bps.
4. Setiap *channel* menyediakan alamat jaringan lebih dari 65.000 alamat.
5. Mendukung topologi *peer to peer*, *point to multiple point* dan *point to point*.
6. Bentuk paket modul relatif kecil.
7. Kompatible dengan perangkat lain yang mendukung teknologi Zigbee/IEEE 802.15.4.

Xbee *pro* menyediakan beberapa mode pengalamatan untuk proses komunikasi. Salah satu mode pengalamatan yang disediakan adalah *short 16 bit addressing*. Mode pengalamatan ini memiliki beberapa parameter yaitu :

1. MY, merupakan alamat diri dari setiap modul.
2. DL, merupakan alamat tujuan komunikasi.
3. CH, merupakan channel dimana komunikasi RF terjalin
4. ID, merupakan alamat PAN (Personal Area Networking) ID dari tiap modul RF.

Pengaturan parameter pada modul wireless RF dilakukan dengan menggunakan AT Command. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan AT Command adalah :

1. Untuk membuka AT Command mode kirim 3 character plus ("+++") dalam waktu kurang dari 1 detik.
2. Untuk mengirim AT Command gunakan aturan sebagai berikut (gambar 2.16).



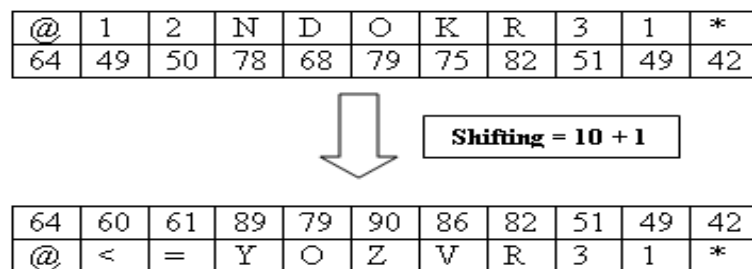
*Gambar 2.16 Aturan penulisan AT Command*

3. Untuk pembacaan parameter biarkan parameter kosong
4. Jika AT Command sukses dikirimkan dan dieksekusi maka akan ada respon OK ( untuk pengaturan ) atau nilai parameter (untuk pembacaan)
5. Untuk menyimpan parameter konfigurasi kirim ATWR
6. Untuk menutup AT Command mode kirim ATCN.

### **II.4.3 Enkripsi / Deskripsi Data**

Enkripsi / deskripsi data dimaksudkan untuk menjaga keamanan data selama proses transmisi data. Metode yang dipakai pada enkripsi / deskripsi data adalah metode Caesar. Prinsip utama dari metode Caesar adalah adanya suatu pergeseran dari elemen data yang akan dienkripsi / dideskripsi. Pada sistem enkripsi yang dibuat nilai pergeseran ditentukan oleh suatu konstanta ditambah nilai BCD

dari elemen FCS yang kedua. Elemen dari protokol yang dienkripsi / dideskripsi adalah setelah delimiter "@" sampai data yang dikirimkan, untuk code data, FCS dan terminator tidak dienkripsi. Secara umum proses enkripsi dapat diilustrasikan sebagai berikut (gambar 2.17).



*Gambar 2.17 Ilustrasi metode Caesar Chipper*

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa ketika sebuah frame protokol dikirimkan, FCS ditempatkan setelah kode data untuk mengecek apakah ada data yang hilang atau tidak sesuai. Secara umum FCS merupakan hasil dari XOR kode ASCII karakter – karakter sebelumnya yang diimplementasikan ke dalam 2 byte BCD dari nilai XOR dari kode ASCII karakter tersebut. Jadi secara umum FCS juga digunakan untuk pengecekan data yang diterima selain adanya pengecekan delimiter "@" dan terminator "\*" sebelumnya.

Secara umum ilustrasi dari perhitungan FCS adalah sebagai berikut.

@	1	2	N	D	O	K	R	3	1	*
FCS Range Calculation							FCS	T		

Selanjutnya setiap karakter pada frame dikonversi menjadi kode ASCII dan di-XOR-kan dengan kode ASCII karakter sesudahnya sehingga diperoleh suatu nilai ASCII terakhir dan FCS merupakan 2 byte nilai BCD dari kode ASCII tersebut.

## II.5 Mikrokontroller

Mikrokontroler merupakan komponen utama yang berfungsi untuk mengolah informasi yang diperoleh oleh, kemudian diproses untuk mengambil kesimpulan respon apa yang akan dilakukan oleh sistem. Mikrokontroler memiliki sifat yang dapat diprogram oleh pemakai sehingga sangat fleksibel jika dimanfaatkan sebagai piranti kontrol.

Sebuah mikrokontroler memiliki minimal tiga blok penting yakni :

1. CPU ( *Cental Processing Unit* )

Yakni unit dimana terjadinya operasi aritmatika ataupun logika serta register-register geser. Semua perhitungan sistem kontrol dan operasi input/output terjadi di bagian ini.

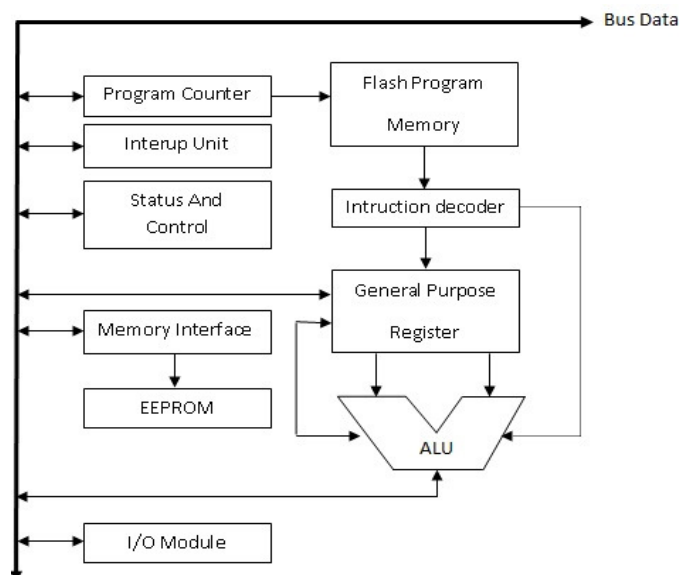
2. *Memori*

Merupakan unit penyimpanan data. Instruksi-instruksi yang paling dasar di set pada *high level* program, yang terinstal dalam *Read Only Memory (ROM)*. Sedangkan program-program *logic* disimpan pada *Electrically Eraseble Permanent Read Only Memory (EEPROM)*. Selama program tersimpan dalam EEPROM, maka program logika tersebut masih dapat dilakukan perubahan sesuai dengan kebutuhan.

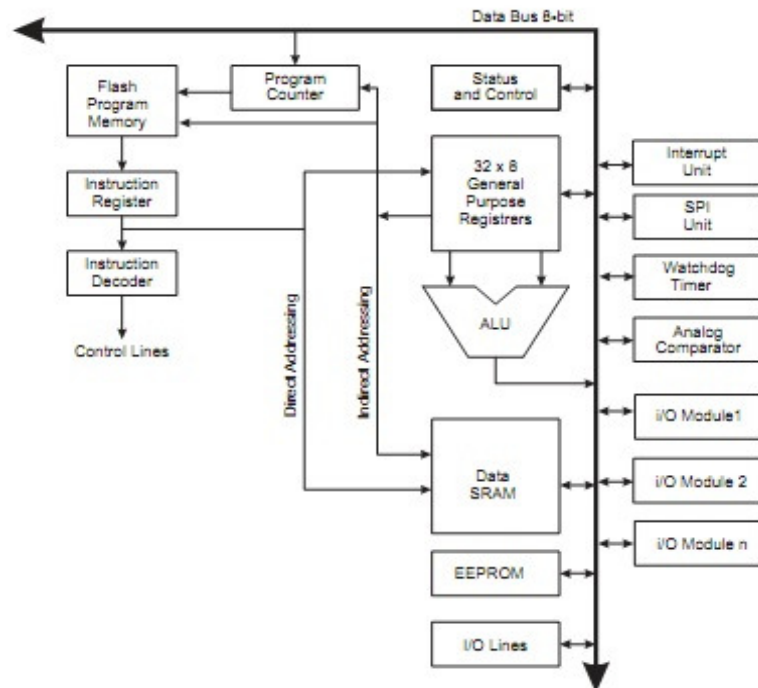
3. I/O Unit ( *Unit Input / Output* )

Merupakan bagian yang bertugas melakukan komunikasi dengan dunia luar. Unit input bertugas dalam memproses masukan dari dunia luar untuk diproses lebih lanjut oleh CPU. Sedangkan unit output merupakan bagian yang bertugas sebagai perantara CPU melakukan operasi terhadap piranti luar yang merupakan unit aktuator dari sebuah sistem ataupun unit HMI ( *Human and Machine Interfaces*) seperti *LCD display*.

Gambar 2.18 merupakan blok diagram dari arsitektur mikrokontroler sederhana. Akan tetapi secara garis besar, blok diagram tersebut dapat mewakili sebagian besar jenis mikrokontroler karena pengembangan mikrokontroler didasarkan dari blok diagram tersebut. Sebagai contoh ATmega8 ( ditunjukan oleh gambar 2.19 ) yang merupakan mikrokontroler jenis AVR buatan dari ATMEL Corp Inc.



Gambar 2.18 Blok diagram arsitektur dasar mikrokontroler



Gambar 2.19 Arsitektur mikrokontroler ATmega8

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **III.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian ini akan dilaksanakan selama 5 bulan yang akan dilaksanakan mulai dari bulan Februari 2012 sampai dengan Mei 2012. Sedangkan penelitian akan dilaksanakan di Labolatorium Teknik Elektro Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto.

#### **III.2 Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Seperangkat komputer dengan sistem operasi Windows 7, RAM 1Gb
2. *Arduino Board* dan *Software Arduino IDE 0022*.
3. Paket *mote (Xbee Pro Series 1)*.
4. Unit RTC ( IC DS1307, *Crystal 32.768KHz*, Baterai 3V).
5. Model fisik pergerakan tanah.

#### **III.3 Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut.

##### **III.1 Studi Pustaka**

Pada metode ini dilakukan dengan cara mencari dan membaca buku-buku referensi ataupun juga dari sumber-sumber internet yang menunjang untuk penelitian ini.

### **III.2 Identifikasi Permasalahan**

Tahap ini mencakup identifikasi permasalahan lapangan sehingga dapat menentukan spesifikasi peralatan yang sesuai dengan kondisi lapangan. Pada tahap ini, dilakukan juga pencatatan daftar kebutuhan sebagai persiapan dari perancangan.

### **III.3 Perancangan Sistem**

Tahap perancangan ini mengacu terhadap tahap sebelumnya yakni identifikasi permasalahan sehingga tahap ini merupakan tahap merancang suatu alat yang sesuai dengan kebutuhan.

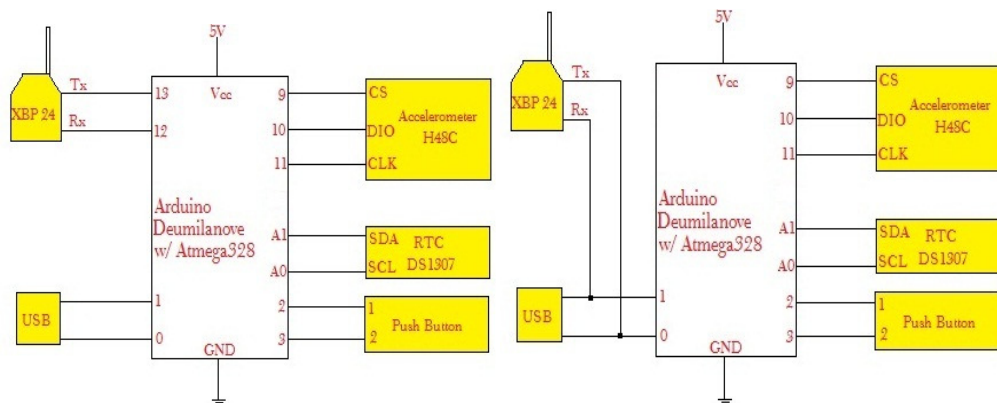
Dalam tahap ini dilakukan proses – proses berikut :

#### **a. Desain peralatan**

Mencakup desain sensor dan pengkondisian sinyal, kontroler, unit komunikasi serta unit catu daya.

Secara umum, unit elektronis ditunjukkan oleh diagram blok pada gambar 3.1. Terdapat perbedaan konfigurasi antara *gateway* dan *router* dikarenakan kebutuhan jalur komunikasi yang berbeda.





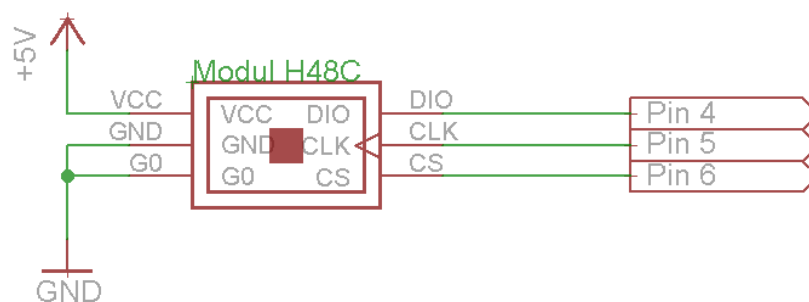
Gambar 3.1. Diagram Blok unit elektronik(kiri:gateway, kanan:router)

## 1. Desain sensor dan Pengkondisian sinyal

Sensor yang digunakan berupa *accelerometer* H48C untuk mendeteksi pergerakan tanah.

Dalam perancangan rangkaian , sensor *accelerometer* H48C telah terintegrasi dengan IC MCP324 sehingga keluaran modul berupa data serial sehingga tidak diperlukan lagi rangkaian pengkondisian sinyal yang lain.

Skematik pengkondisian sinyal modul *accelerometer* H48C sesuai gambar 3.2 berikut:



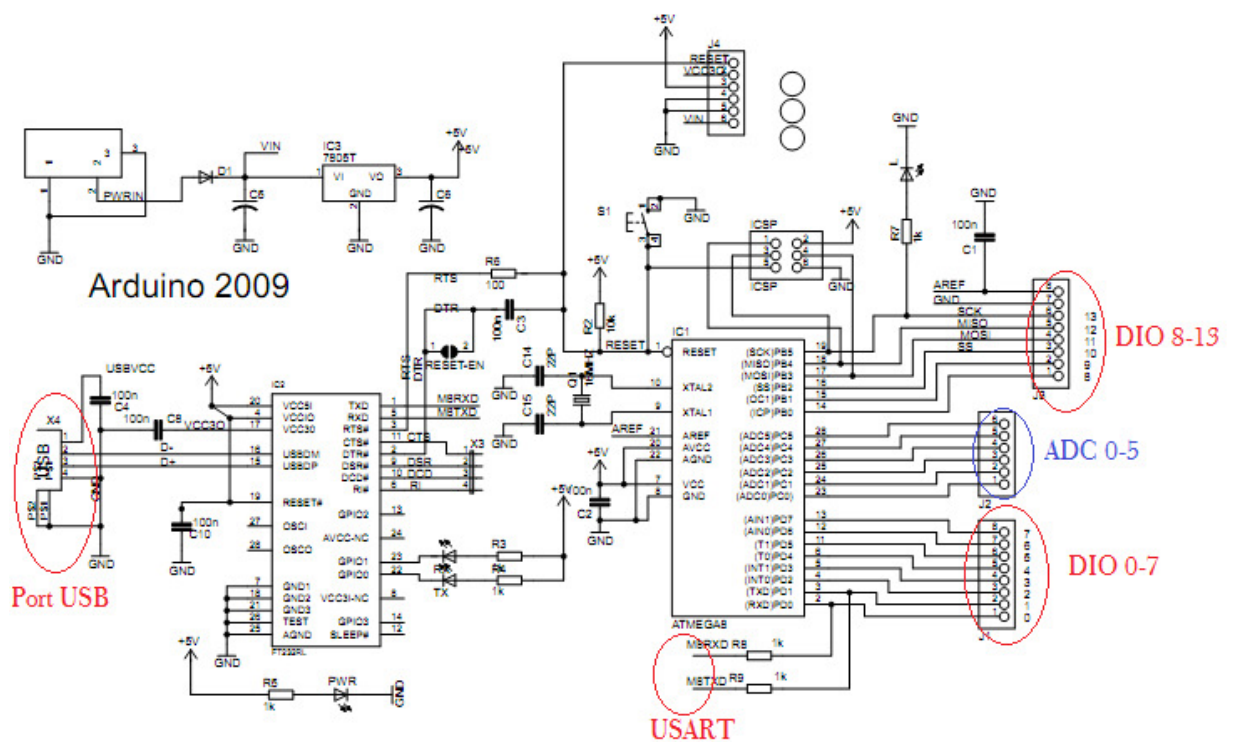
Gambar 3.2. Pengkondisian Sinyal pada accelerometer H48C

## 2. Kontroler

Kontroler yang digunakan merupakan kit mikrokontroler *Arduino board* tipe *Deumilanove* dengan mikrokontroler Atmega328.

Pemilihan penggunaan *Arduino Board* dikarenakan kemudahan dalam penggunaan terutama fasilitas *plug and play* pada komunikasi serial dengan komputer.

Gambar 3.3 menunjukan skematik *arduino board* tipe *Deumilanove*. Dapat dilihat bahwa *Arduino board* memiliki 13 jalur input/output digital, 5 jalur input analog dan port USB untuk komunikasi serial dengan komputer via USB. Untuk komunikasi dengan perangkat lain dapat menggunakan jalur Tx dan Rx komunikasi USART.



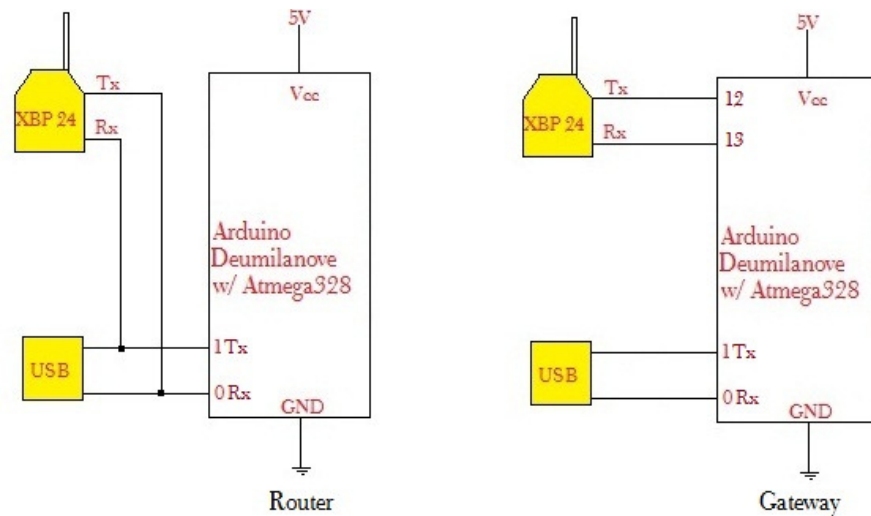
Gambar 3.3. Skematik *Arduino Deumilanove*

### 3. Unit Komunikasi

Unit komunikasi antar *node* menggunakan modul *wireless* Xbee Pro 24 Series 1. Pada perancangan, topologi yang digunakan adalah topologi *star* dengan konfigurasi 2 buah *node* sebagai *router* dan 1 buah *node* sebagai *gateway* / *base station*. Jalur komunikasi *gateway* dengan komputer server menggunakan USB, sehingga terdapat perbedaan konfigurasi pin pada mikrokontroler antara *router* dan *gateway*.

Pada *router*, pin Tx dari modul Xbee dihubungkan dengan pin Rx dari *arduino board* dan pin Rx dari modul Xbee dihubungkan dengan pin Tx dari *arduino board*. Sedangkan pada *gateway*, pin Tx modul Xbee dihubungkan dengan pin 12 dari *arduino board* dan pin Rx modul Xbee dihubungkan dengan pin 13 dari *arduino board*. Hal ini dikarenakan pin Tx dan Rx pada *arduino board* yang dikonfigurasi sebagai *gateway* digunakan untuk komunikasi dengan komputer server via USB.

Gambar 3.4 menunjukkan konfigurasi pin modul Xbee dengan *arduino board*.



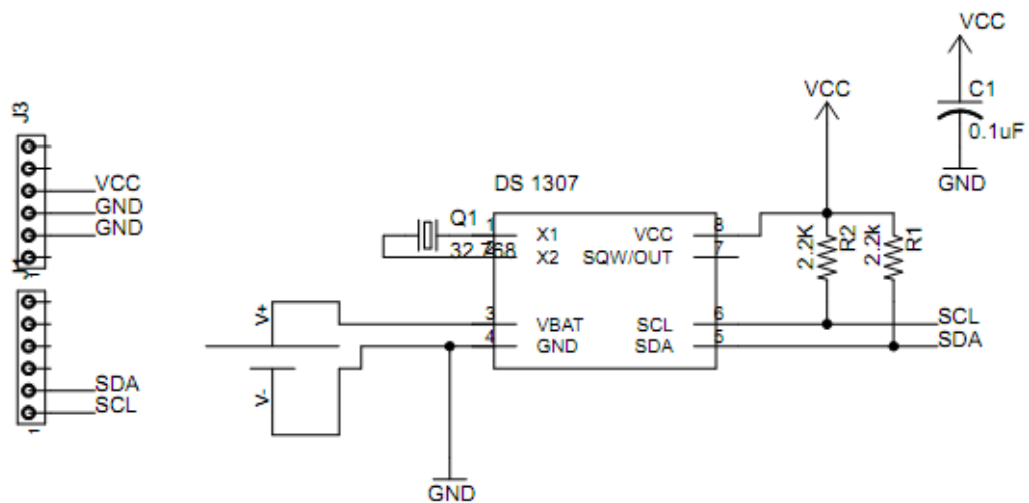
Gambar 3.4. Konfigurasi Pin pada modul Xbee dengan Arduino board

#### 4. Unit RTC ( *Real Time Condition* )

Unit RTC digunakan sebagai unit *sinkronisasi* waktu dari tiap - tiap node. Unit RTC terhubung dengan *arduino board* pada pin SCL/A0 dan Pin SDA/A1 karena menggunakan konfigurasi *2 wire*.

Piranti yang digunakan adalah IC DS1307. Tegangan kerja unit RTC diberikan oleh *arduino board* dan menggunakan baterai *lithium 3V* sebagai *back up voltage* jika terjadi kegagalan tegangan suplai dari *arduino board*.

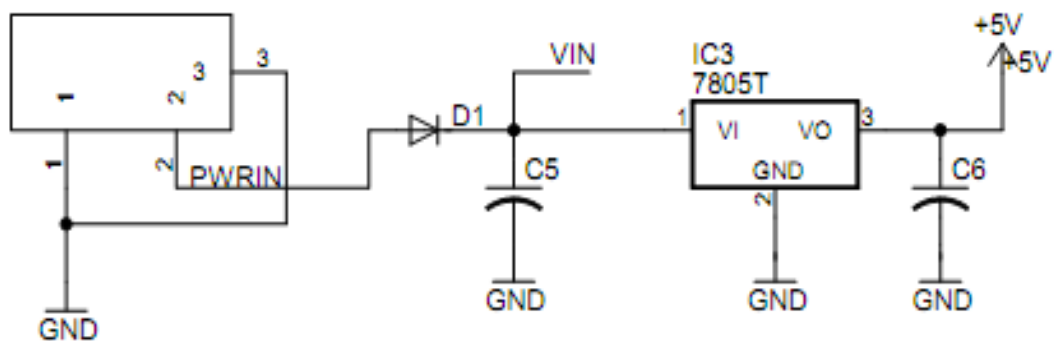
Skematik unit RTC ditunjukkan oleh gambar 3.5.



Gambar 3.5. Skematik rangkaian RTC menggunakan DS1307

## 5. Unit Catu Daya

Setiap node disuplai oleh baterai karena setiap *node* diletakan diberbagai tempat dengan jarak yang relatif jauh sehingga penggunaan baterai pada tiap *node* akan lebih efektif. Penyesuaian level tegangan baterai dengan tegangan kerja *node* menggunakan rangkaian regulator dengan memanfaatkan IC regulator 7805. Skematik rangkaian regulator 7805 adalah sebagai berikut (gambar 3.6) :



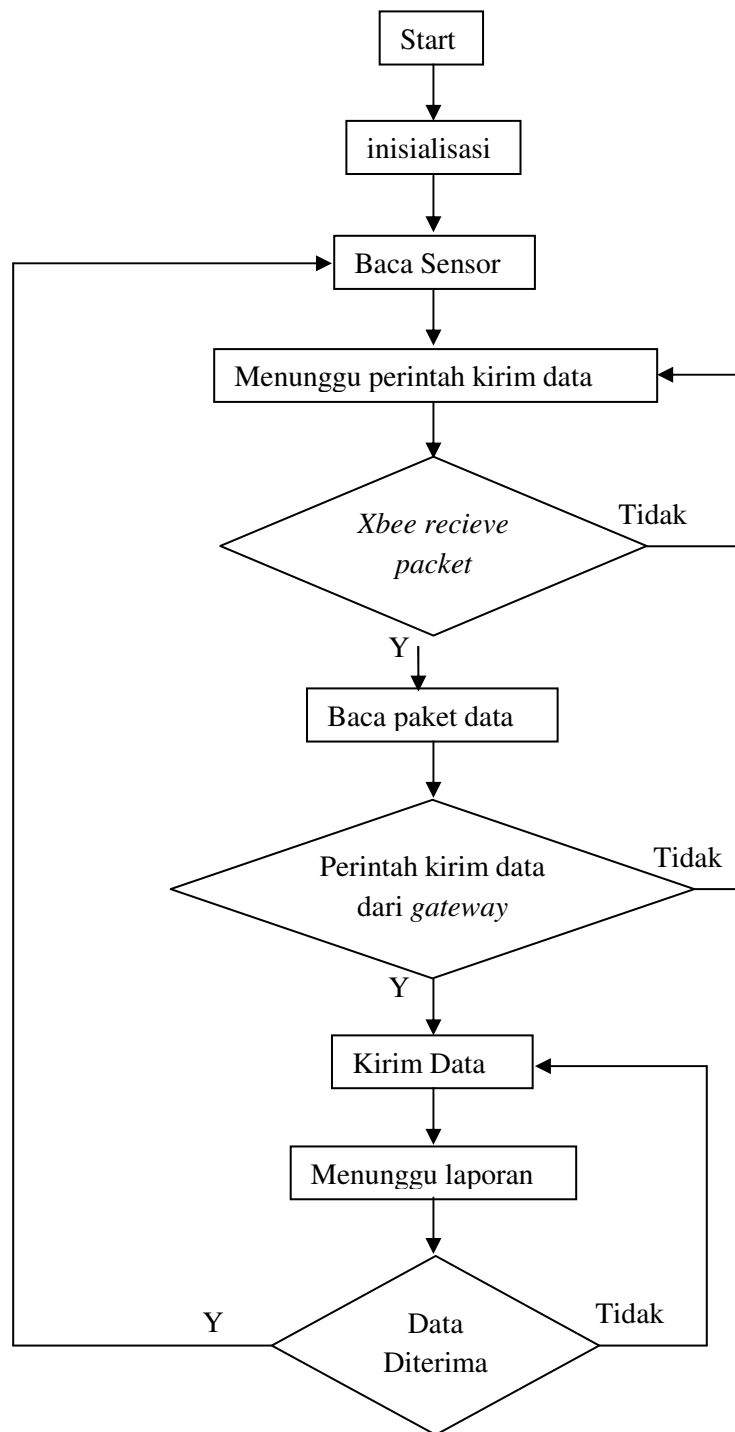
Gambar 3.6. Skematik regulator tegangan menggunakan IC 7805

**b. Perancangan perangkat lunak ( software )**

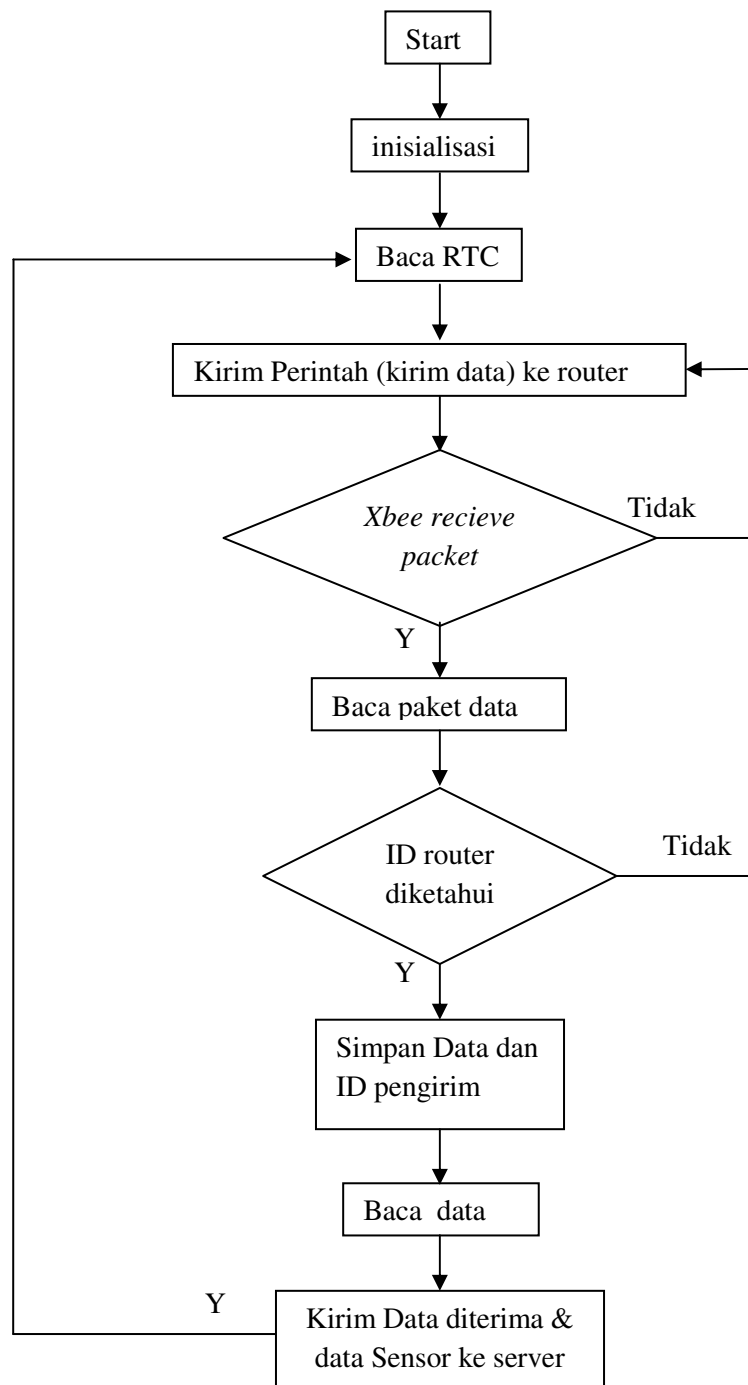
Perangkat lunak terdiri dari program untuk *node* dan program untuk server. Program untuk *node* sendiri terdiri dari 2 jenis yaitu program untuk *router* dan program untuk *gateway*.

*Flowchart* program pada router sesuai gambar 3.7. *Flowchart* untuk program pada gateway sesuai gambar 3.8.

Sedangkan *flowchart* program pada server merupakan program *data logger* yang berfungsi untuk mengumpulkan informasi yang dikirimkan oleh *gateway* yang kemudian disimpan memori dengan format data *comma separated vector*(.csv) untuk mempermudah proses pengolahan data selanjutnya. *Flowchart* program pada server ditunjukkan oleh gambar 3.9

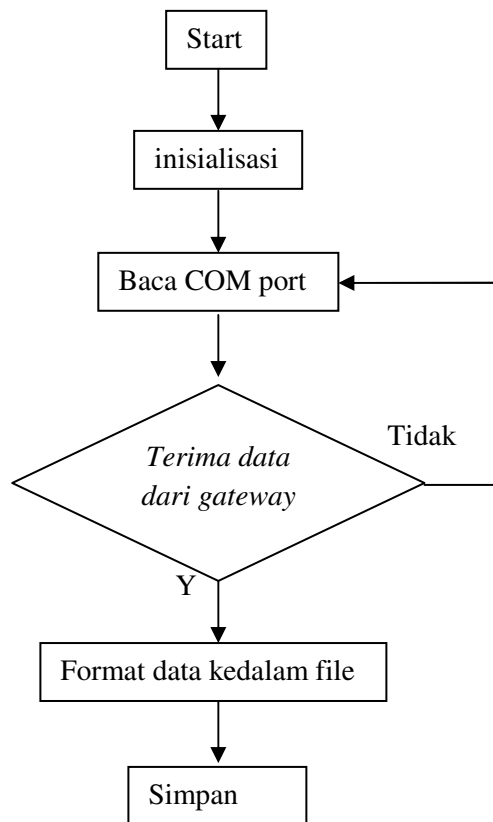


Gambar 3.7. Flowchart program pada router



Gambar 3.8. Flowchart program gateway





*Gambar 3.9. Flowchart program pada komputer server*

#### **III.4 Pembuatan Alat**

Berpedoman dari hasil perancangan pada tahap sebelumnya, maka tahap ini mencakup beberapa proses yakni :

- a. Pembuatan sistem elektronis dan mekanis  
Mencakup pembuatan sistem minimum mikrokontroler, pembuatan sensor – sensor, pembuatan unit pengkondisian sinyal, unit komunikasi ( *wireless*) serta unit catu daya.
- b. Pembuatan perangkat lunak ( *software* )

Merupakan pengaplikasian dari diagram alir program yang dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman.

c. Pembuatan perangkat keras ( *hardware* )

Merupakan pembuatan perangkat keras dengan berpedoman dari desain perangkat keras yang didapat dari proses sebelumnya.

### **III.5 Pengujian Sistem**

Proses pengujian sistem dilakukan di laboratorium. Pengujian ini dilakukan untuk dapat memantau kinerja sistem, kesesuaian kinerja sistem dengan apa yang diharapkan ( hasil identifikasi permasalahan ), serta kehandalan sistem.

Proses yang dilakukan dalam pengujian sistem diantaranya:

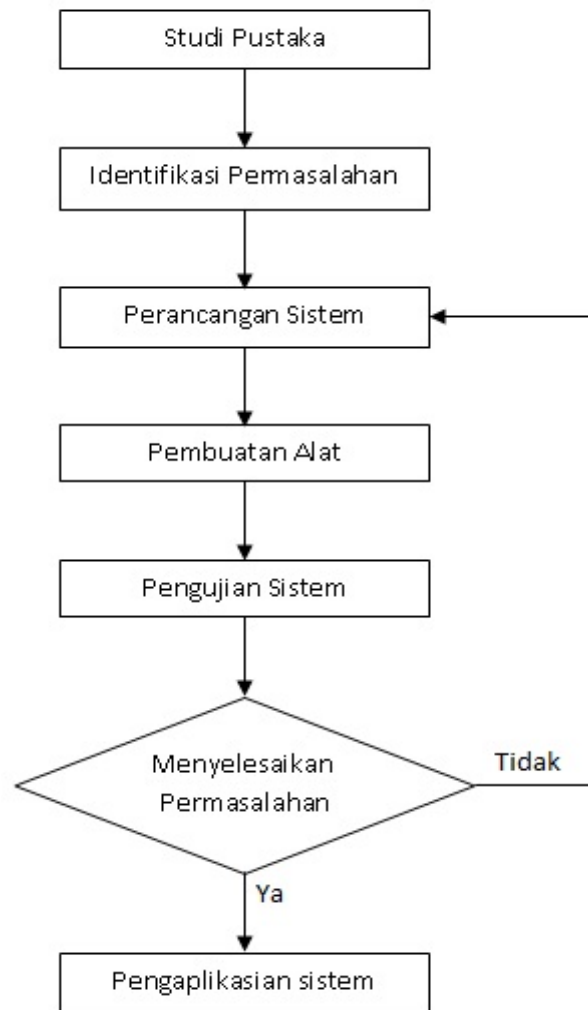
- a. Kalibrasi *accelerometer* H48C dalam melakukan pengukuran percepatan pergerakan tanah.
- b. Menentukan frekuensi optimal pembacaan data percepatan menggunakan *accelerometer* H48C dan pengiriman data menggunakan Xbee Pro Series 1.
- c. Membandingkan kuat sinyal komunikasi dalam berbagai medan.
- d. Menghitung konsumsi daya tiap *mote*.

Jika pada tahap pengujian ini ditemui hal – hal yang tidak sesuai dengan apa yang diharapkan maka dapat dilakukan pengkajian ulang terhadap proses perancangan sistem.

### **III.6 Pengaplikasian Sistem**

Proses ini dilakukan jika pengujian sistem telah berhasil sehingga dianggap sistem yang dibuat telah siap diaplikasikan dilapangan.

Secara keseluruhan metode penelitian yang digunakan dapat dilihat dari *flowchart* ( diagram alir ) gambar 3.10 berikut :



*Gambar 3.10. Diagram alir metode penelitian*

### III.4 Jadwal Penelitian

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan															
		Februari 2012				Maret 2012				April 2012				Mei 2012			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Studi pustaka																
2	Pembuatan proposal																
3	Perancangan sistem																
4	Persiapan alat dan bahan																
5	Pembuatan sistem																
6	Pengujian sistem																
7	Pengaplikasian sistem																
8	Pembuatan laporan																

## DAFTAR PUSTAKA

- A.E Putra. 2009. *Embedded System Menggunakan Mikrokonroler dan Pemrograman C*. Andi : Yogyakarta
- ATMEL Corp. 2003. *Atmega8 And Atmega8L Preliminery*. ATMEL Corporation : Parkay
- BNPB<sup>a</sup>. 2012. *Rekapitulasi Kejadian Bencana Tahun 2011 di Indonesia* .  
<http://www.bnpb.go.id/website/asp/benc.asp?p=11> diakses pada: Kamis 29 Maret 2011.
- BNPB<sup>b</sup>. 2007. *Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia edisi III*. Direktorat Mitigasi : Jakarta
- Budiaji, Agung. 2012. *Analisis Quality Of Servis (QOS) Pada Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Modul Komunikasi Xbee Series 1*. Universitas Jenderal Soedirman : Purwokerto
- Digi Manual. 2008. *Xbee Znet 2.5 / Xbee PRO Znet 2.5 OEM RF Modules*. Digi International Inc : United States
- Digi Manual. 2009. *Xbee/Xbee-PRO RF Modules Product Manual v1.xEx – 802.15.4 Protocol*. Digi International Inc : United States

Ergen , S.C. 2004. *ZigBee / IEEE802.15.4 Summary* .  
<http://www.sinemergen.com/academic/publications/zigbee.pdf> diakses  
tanggal 8 November 2011.

Faludi, Robert. 2010. *Buliding Wireless Sensor Network*. O'Reilly : United States

Hill, Jasson Lester. 2003. *System Architecture Of Wireless Sensor Network*.  
University Of California : Berkeley

I.F Akyidiz dan Mehmet Can Vuran. 2010. *Wireless Sensor Network*. Wiley:  
United Kingdom

**LAMPIRAN - LAMPIRAN**