

Memanfaatkan Jaringan Sensor Nirkabel Dengan Sensor Percepatan H48C Sebagai Sistem Akuisisi Data dan Sistem Peringatan Dini Bencana Tanah Longsor

Oleh: Dwi Kurniawan

Abstract

The soil types are often found in Indonesia is the result of volcanic eruptions that have the bulk composition of the clay soil with a little sand. A Location of these soil in the hills / mountains with moderate to steep slope. If the hills are not firmly rooted and deeply, the area have a risk to landslides. At the some time, developments of technological have supported the existence of an electronic device that is able to readings of physical quantities including the acceleration of the movement by the accelerometer. So that the progress of this technology should be useful for disaster management such as landslides. Developments in the telecommunications world can also be used for disaster prevention and mitigation efforts such as wireless communications for the manufacture of wireless sensor networks as a data acquisition system and early warning system for natural disasters.

Keyword: *Wireless sensor networks, Accelerometer, landslides*

I. PENDAHULUAN

2.1. Latar Belakang

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

Suatu daerah yang dikategorikan rawan longsor umumnya memiliki titik areal rawan terjadinya longsor yang jumlahnya beragam dan umumnya berjarak relatif jauh antara yang satu dengan lainnya. Sehingga diperlukan suatu perangkat yang mampu melakukan akuisisi data faktor penyebab longsor pada tiap – tiap titik pada saat bersamaan dan penggunaan kabel untuk pertukaran data

antar perangkat mempunyai beberapa keterbatasan.

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.

Robert Faludi (2010) dari New York University, USA, mengaplikasikan jaringan Zigbee¹ sebagai jaringan sensor nirkabel dengan memanfaatkan modul

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

Xbee sebagai modul komunikasinya. Yang mana dalam jaringan sensor nirkabel ini komunikasi data tiap – tiap *mote*² dilakukan dengan menggunakan frekuensi radio sehingga memungkinkan dilakukan pertukaran data antar *mote* pada jarak yang relatif jauh tanpa menggunakan kabel. Sehingga jaringan Zigbee memungkinkan untuk digunakan sebagai jaringan sensor nirkabel untuk akuisisi data dan sistem peringatan dini bencana tanah longsor.

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 menanggunalangnya dibutuhkan mikrokontroler eksternal. Beberapa modul mikrokontroler yang cukup terkenal dan banyak digunakan dalam aplikasi sistem embeded adalah Arduino, PIC Chip, BASICstamp, Beagle Board.

2.1. 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 memanfaatkan jaringan sensor nirkabel menggunakan protokol Zigbee untuk komunikasi data percepatan pergerakan tanah antar *mote*?

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

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

2.1. 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 detail tentang topologi jaringan.
4. Perancangan system tidak membahas masalah keamanan jaringan.

2.1. Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu :

1. Melakukan pengukuran terhadap pergerakan material longsor menggunakan sensor percepatan.
2. Melakukan kalibrasi dan menentukan tingkat akurasi terhadap modul sensor akselerometer H48C.
3. Merancang dan membuat sistem *telemetry* berbasis *Zigbee wireless RF*.

2.1. 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 di bidang lain.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. 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.

Ada 6 jenis tanah longsor (BNPB, 2011), 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.

1. Longsor Translasi.
2. Longsor Rotasi.
3. Pergerakan Blok
4. Runtuh Batu
5. Rayapan Tanah
6. Aliran Bahan Rombakan

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
2. Lereng terjal
3. Tanah yang kurang padat dan tebal
4. Batuan yang kurang kuat
5. Jenis tata lahan
6. Getaran
7. Susut muka air danau atau bendungan.
8. Adanya beban tambahan
9. Adanya material timbunan pada tebing
10. Bekas longsor lama
11. Adanya bidang diskontinuitas (bidang tidak sinambung)
12. Penggundulan hutan
13. Daerah pembuangan sampah

2.2. Jaringan Sensor Nirkabel

Jaringan Sensor Nirkabel (*Wireless Sensor Network*) merupakan suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa sensor (*node sensor*) yang diletakkan 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.

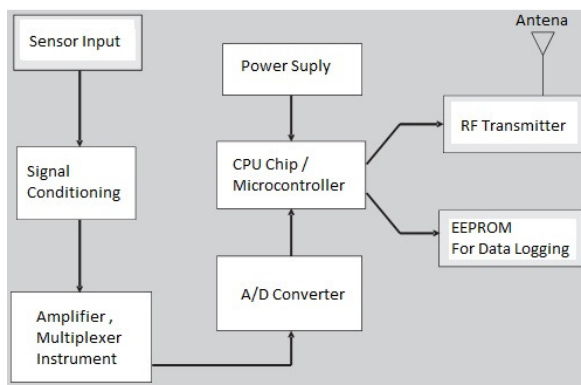
Sensor yang digunakan beraneka ragam sesuai dengan kebutuhan. Sensor-sensor tersebut akan melakukan akuisisi data objek dan mengirimnya ke *gateway* kemudian ke server.

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 1 berikut.



Gambar 1. Arsitektur individual node

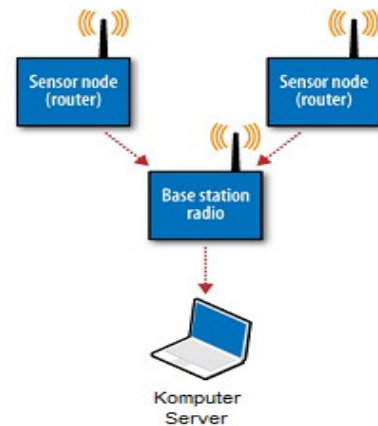
2. Gateway / Base Station

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.

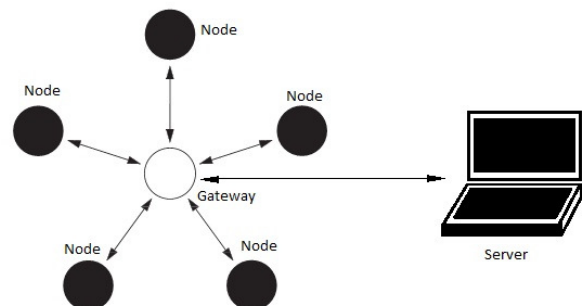
Desain minimum dari sebuah jaringan sensor nirkabel dapat dilihat dari gambar 2 berikut :



Gambar 2. Konfigurasi Sebuah Jaringan Sensor Nirkabel Sederhana

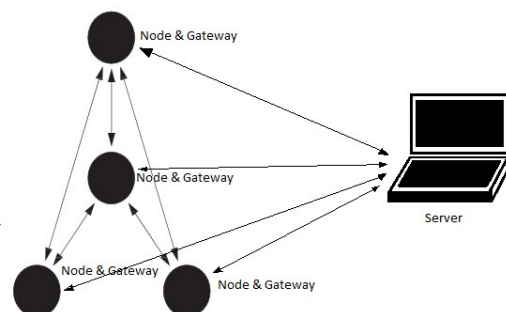
Konfigurasi ketiga komponen tersebut (*node*, *gateway*, dan *server*) dapat beraneka ragam sesuai dengan kebutuhan. Diantaranya adalah sebagai berikut .

1. Topologi Star/Bintang (Gambar 3)



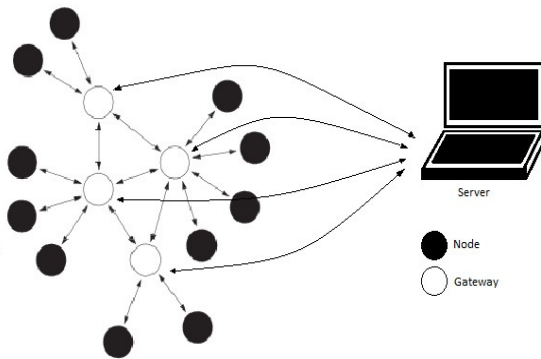
Gambar 3. Topologi Mesh pada Jaringan Sensor Nirkabel

2. Topologi Mesh (Gambar 4)



Gambar 4. Topologi Mesh pada Jaringan Sensor Nirkabel

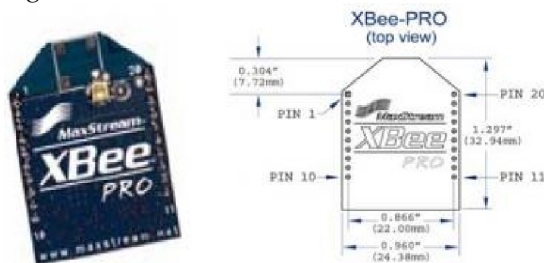
3. Hybrid Star - Mesh (Gambar 5)



Gambar 5. Topologi Hybrid Star – Mesh pada Jaringan Sensor Nirkabel

Modul Wireless RF

Pada masa sekarang ini telah banyak dikembangkan modul *wireless RF*. Salah satu modul *wireless RF* yang sering dipakai adalah *X-Bee Pro* (gambar 6) yang dibuat oleh *Maxstream*. *X-Bee pro* dirancang agar dapat memenuhi teknologi *Zigbee/IEEE 802.15.4*.



Gambar 6. X-Bee Pro Series 1

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*)

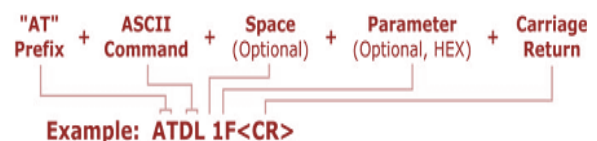
2. Sensitivitas penerimaan -100dBm.
3. RF data rate 250.000 bps.
4. Setiap *channel* menyediakan alamat jaringan lebih dari 65.000 alamat.
5. Mendukung topologi *peer to peer*, *point to multiple point* dan *point to point*.
6. Bentuk paket modul relatif kecil.
7. Kompatible dengan perangkat lain yang mendukung teknologi *Zigbee/IEEE 802.15.4*.

Xbee pro menyediakan beberapa mode pengalaman untuk proses komunikasi. Salah satu mode pengalaman yang disediakan adalah *short 16 bit addressing*. Mode pengalaman 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 7).



Gambar 7. 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. Selanjutnya untuk menutup AT Command mode kirim ATCN.

2.3. Sensor Percepatan 3 Axis H48C (3 Axis 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)³ dapat dihitung dengan persamaan berikut :

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

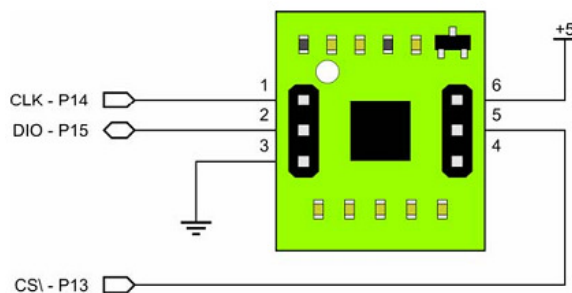
Dimana :

G = Percepatan

$Axis$ = Tegangan keluaran tiap sumbu

$vRef$ = Tegangan referensi ADC

Skematik konfigurasi sederhana dari H48C dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Skematik konfigurasi sederhana dari H48C

Pengukuran perpindahan tanah

Accelerometer H48C memberikan data keluaran berupa percepatan

pergerakan dari 3 sumbu yaitu sumbu x, sumbu y dan sumbu z.

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 2.1).

$$s(t) = \int_{t_a}^{t_b} v(t) dt \dots \dots \dots (1)$$

Sedangkan untuk menghitung kelajuan sesaat (v_t) dari percepatan sesaat (a_t) adalah sesuai persamaan 2.2 berikut.

$$v(t) = \int_{t_a}^{t_b} a(t) dt \dots \dots \dots (2)$$

Berdasarkan persamaan (1) dan persamaan (2) untuk memperoleh jarak perpindahan sesaat (s_t) dari percepatan sesaat (a_t) dapat dilakukan substitusi persamaan (2) ke persamaan (1) sehingga menjadi persamaan (3).

$$s(t) = \int_{t_a}^{t_b} \int_{t_a}^{t_b} a(t) dt \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

t = waktu

$s(t)$ = Jarak perpindahan setelah t

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

t_a = Waktu awal

t_b = Waktu akhir

Proses perhitungan data pada kontroler merupakan perhitungan data digital. Sehingga perlu dilakukan konversi persamaan (1) dan (2) kedalam format persamaan digital.

Dalam bentuk diskrit, proses integral pada dasarnya adalah proses penjumlahan dan perkalian sederhana. Persamaan (1) dan (2) dalam bentuk digital adalah sebagai berikut.

$$s = \sum_{t_a}^{t_b} v(t) \cdot \Delta t \dots \dots \dots (4)$$

³Simbol G diambil dari *g-force*

$$v = \sum_{t_a}^{t_b} a(t) \cdot \Delta t \dots\dots\dots(5)$$

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakasakan selama 5 bulan dari bulan Febuari 2012 sampai dengan Mei 2012. Sedangkan penelitian dilaksanakan di Cilacap.

3.2. 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.

3.3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut.

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.

2. Identifikasi Permasalahan

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

3. Perancangan Sistem

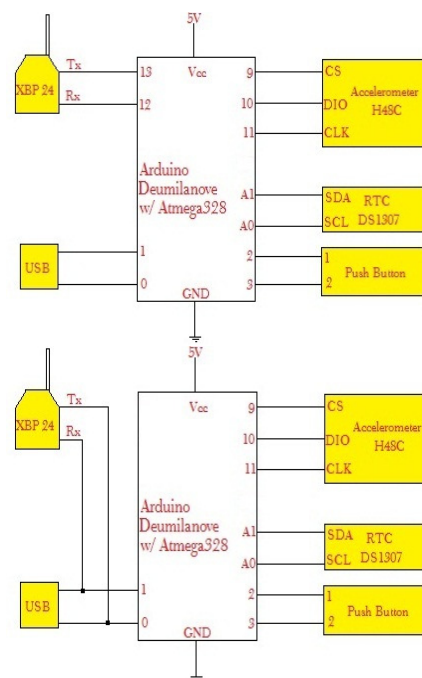
Tahap perancangan ini mengacu terhadap tahap sebelumnya yakni identifikasi permasalahan sehingga tahap ini merupakan tahap merancang suatu alat yang sesuai dengan kebutuhan.

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 9 berikut:



Gambar 9. Diagram Blok unit elektronik(atas:gateway, bawah:router)

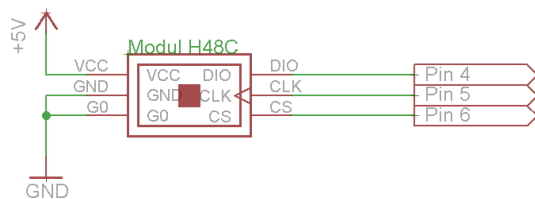
Terdapat perbedaan konfigurasi antara *gateway* dan *router* dikarenakan kebutuhan jalur komunikasi yang berbeda.

Desain sensor dan Pengkondisian sinyal

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

a. Pengkondisian sinyal *accelerometer* H48C

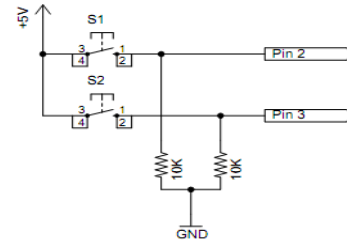
Dalam perancangan rangkaian, sensor *accelerometer* H48C telah terintegrasi dengan IC MCP324 sehingga keluaran modul berupa data serial sehingga tidak diperlukan lagi rangkaian pengkondisian sinyal yang lain. Skematik pengkondisian sinyal modul *accelerometer* H48C sesuai gambar 10.



Gambar 10. Skematik rangkaian pengkondisian sinyal *accelerometer* H48C

b. Push Button

Push button dirancang memberikan aksi *active high* yakni apabila ditekan memberikan nilai keluaran tegangan level tinggi (logika “1”). Pada rangkaian *push button* diberi *pull down resistor* untuk menghindari terjadinya ayunan tegangan pada pin input mikrokontroler yang dapat mengakibatkan pembacaan program tidak sesuai. Gambar 11 menunjukan skematik rangkaian *push button* yang digunakan.



Gambar 11. Skematik rangkaian *push button*

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.

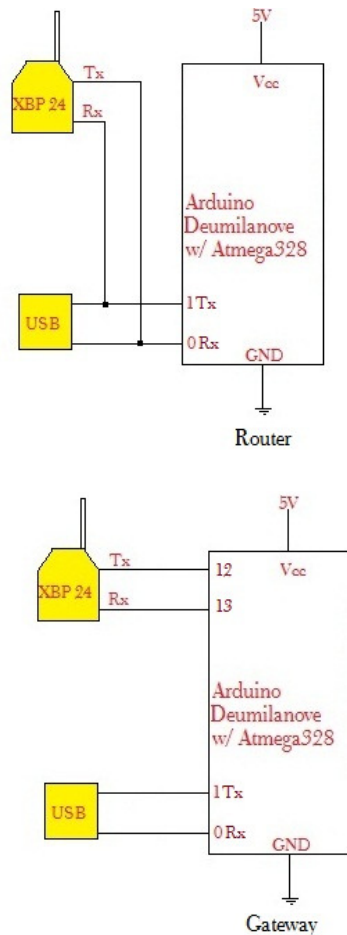
Unit Komunikasi

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 12 menunjukkan konfigurasi pin modul Xbee dengan *arduino board*.



Gambar 12. Konfigurasi Pin pada modul Xbee dengan Arduino board

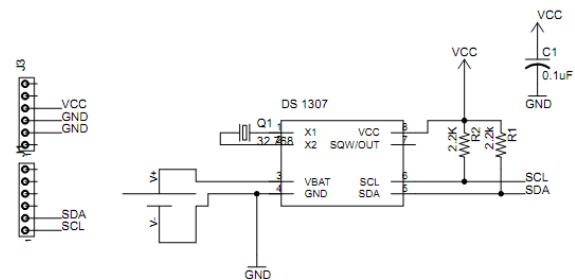
Unit RTC (Real Time Condition)

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*.

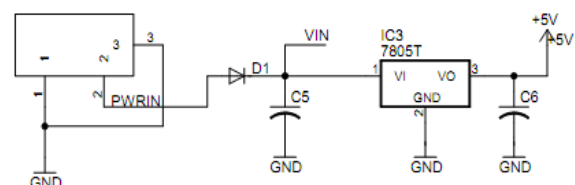
Skematik unit RTC ditunjukkan oleh gambar 13.



Gambar 13. Skematik rangkaian RTC menggunakan DS1307

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 14) :

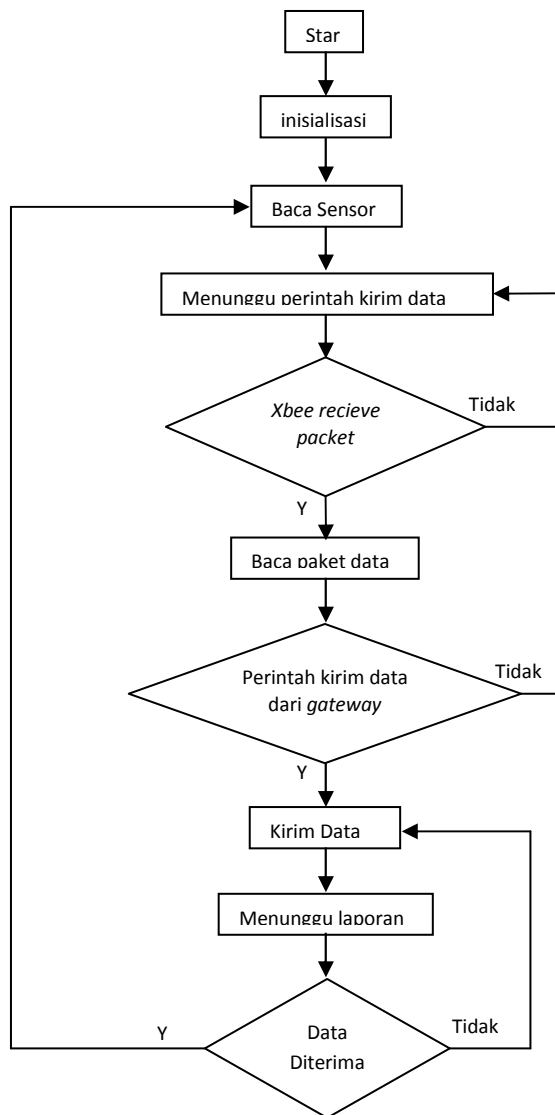


Gambar 14. Skematik regulator tegangan menggunakan IC 7805

Perancangan perangkat lunak (software)

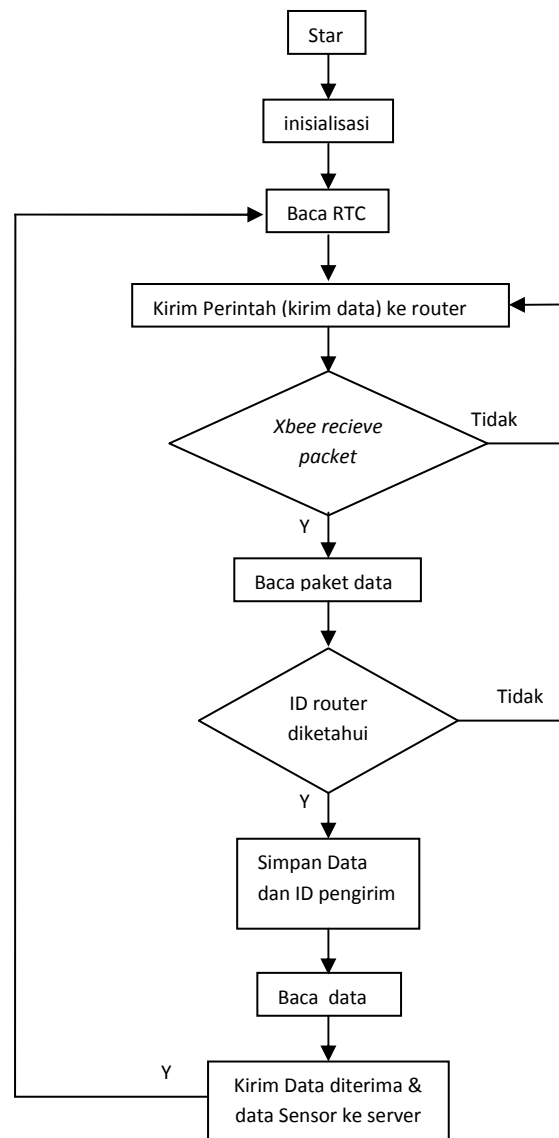
Perangkat lunak terdiri dari program untuk *node* dan program untuk server. Program untuk *node* sendiri terdiri dari 2 jenis yaitu program untuk *router* dan program untuk *gateway*.

Flowchart program pada router sesuai gambar 15 berikut:



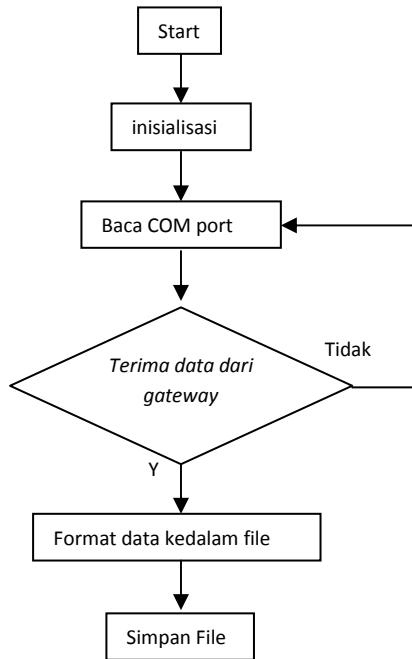
Gambar 15. Flowchart program pada router

Flowchart untuk program pada gateway adalah sebagai berikut (gambar 16).



Gambar 16. Flowchart program gateway

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 17.

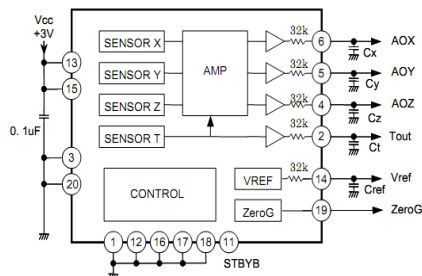


Gambar 17. Flowchart program pada komputer server

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Akuisisi Data Percepatan Pergerakan Tanah

Dalam penelitian ini, pembacaan percepatan pergerakan tanah menggunakan modul acelerometer buatan Parallax.Inc dimana dalam modul ini sensor yang digunakan adalah H48C dan telah terintegrasi dengan 4 chanel 12-bit A/D converter with serial interface MCP3204.



Gambar 18. Blok diagram H48C

Blok diagram dari H48C ditunjukkan oleh gambar 1. Dengan AOX sebagai analog output sumbu x, AOY sebagai

analog output sumbu y, AOZ sebagai analog output sumbu y, dan Vref sebagai tegangan referensi. Maka, untuk mengetahui besarnya percepatan yang dinyatakan dalam level tegangan analog untuk tiap sumbu adalah sebagai berikut.

$$gX = AOX - Vref \text{ (mV)} \dots\dots\dots(6)$$

$$gY = AOY - Vref \text{ (mV)} \dots\dots\dots(7)$$

$$gZ = AOZ - Vref \text{ (mV)} \dots\dots\dots(8)$$

Skema Rangkaian Percobaan

Rangkaian pengujian menggunakan modul 3 axis accelerometer H48C dan kontrolernya menggunakan Arduino board tipe Deumilanove. Skematik rangkaian pengujian ditunjukkan oleh gambar 10.

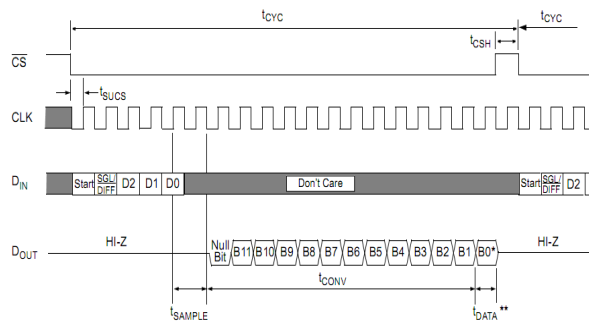
Dari modul accelerometer hanya dibutuhkan 3 pin untuk melakukan pembacaan, yakni :

1. Pin DIO sebagai jalur digital input / output, terhubung dengan pin 4 Arduino board.
2. Pin CLK untuk pemberian clock trigger sensor dan terhubung dengan Pin 5 Arduino board.

Pin CS (Chip Select) untuk aktifasi modul, terhubung dengan Pin 6 Arduino board.

Algoritma Pembacaan Percepatan Tiap Sumbu

Pembuatan algoritma pembacaan tiap sumbu didasarkan pada timing diagram dari MCP3204 (gambar 19). Dalam modul accelerometer yang digunakan, jalur D_{IN} dan D_{OUT} digabungkan menjadi 1 dan disebut pin DIO.



Gambar 19. Timing Diagram MCP3204

Karena pin D_{IN} dan D_{OUT} digabungkan menjadi 1 pin, maka untuk memungkinkan pembacaan data sensor diperlukan kontroler untuk mengatur kondisi pin DIO sebagai output pada saat pengiriman *control bit* dan sebagai input pada saat pembacaan data hasil konversi MCP3204. Konfigurasi kontrol bit untuk pembacaan tiap *channel* sesuai dengan tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi Bit Kontrol MCP3204

Control Bit Selections				Input Configuration	Channel Selection
Single/Diff	D2*	D1	D0		
1	X	0	0	single-ended	CH0
1	X	0	1	single-ended	CH1
1	X	1	0	single-ended	CH2
1	X	1	1	single-ended	CH3
0	X	0	0	differential	CH0 = IN+ CH1 = IN-
0	X	0	1	differential	CH0 = IN- CH1 = IN+
0	X	1	0	differential	CH2 = IN+ CH3 = IN-
0	X	1	1	differential	CH2 = IN- CH3 = IN+

Mengingat bahwa CH0 = AOX, CH1 = AOY, CH2 = AOZ, CH3 = Vref maka alternatif konfigurasi input yang paling mudah adalah dengan input *single – ended* yakni dengan men-set bit Single/Diff bernilai 1.

Notasi algoritmik untuk pembacaan modul *accelerometer* adalah sebagai berikut .

Procedure getH48C (input=D1,D0)

Set DIO sebagai Output

Set CLK sebagai output

Set /CS sebagai output

{--Kirim start bit--}

CLK ke 1 (*Falling edge*),CS=0,DIO=1

{--Kirim kontrol bit--}

CLK ke 2, DIO=1 {--single ended--}

CLK ke 3, DIO=0 {--D2 (don't care)--}

CLK ke 4, DIO=D1

CLK ke 5, DIO=D0

{--D1.D0 = 00 → sb x

D1.D0 = 01 → sb y

D1.D0 = 10 → sb z

D1.D0 = 11 → sb Vref--}

CLK ke 6 {--sample time--}

CLK ke 7 {--nul bit--}

Set DIO sebagai Input

{--ambil data dan simpan di array--}

CLK ke 8, dValue[11] = DIO

CLK ke 9, dValue[10] = DIO

CLK ke 10, dValue[9] = DIO

CLK ke 11, dValue[8] = DIO

CLK ke 12, dValue[7] = DIO

CLK ke 13, dValue[5] = DIO

CLK ke 14, dValue[6] = DIO

CLK ke 15, dValue[4] = DIO

CLK ke 16, dValue[3] = DIO

CLK ke 17, dValue[2] = DIO

CLK ke 18, dValue[1] = DIO

CLK ke 19, dValue[0] = DIO

For i=11 to i=0 begin

Data += dValue[i]*2ⁱ

End.

CS=1

Return data

{--end procedure--}

Dari notasi algoritmik diatas, kemudian dikonversi kedalam bahasa C versi arduino karena kontroler yang digunakan adalah *arduino board*..

Untuk pembacaan nilai tegangan dilakukan dengan memanggil prosedur getH48C(D1,D0) dengan D1 = 1 dan D0 =

0 untuk membaca Vref, D1 = 0, D0 = 0 untuk membaca nilai sumbu X, D1 = 0, D0 = 1 untuk membaca nilai sumbu Y, dan D1 = 1 dan D0 = 0 untuk membaca nilai pada sumbu Z. Contoh pemanggilan prosedur untuk pembacaan nilai Vref, sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z adalah sebagai berikut.

```
integer dX, dY, dZ = 0;
ref = getH48C(1,1);
dX = getH48C(0,0);
dY = getH48C(0,1);
dZ = getH48C(1,0);
```

Sesuai dengan persamaan (6), (7), dan (8) maka level tegangan untuk tiap sumbu dinyatakan dengan mengeksekusi perintah berikut.

```
float gX, gY, gZ = 0.00;
gX = (((float)dX) - ((float)ref));
gY = (((float)dY) - ((float)ref));
gZ = (((float)dZ) - ((float)ref));
```

Nilai gX, gY, dan gZ masih dalam level tegangan yang dinyatakan dengan nilai ADC 12 bit (0 hingga 4095). Untuk menyatakan kedalam nilai g sesuai dengan jangkauan pembacaan sensor (-3 g hingga +3g) maka digunakan persamaan berikut.

$$g = \left(\frac{\text{data Axis} - V_{\text{ref}}}{4095} \right) \times \left(\frac{3.3}{0.3663} \right) \dots \dots \dots (9)$$

Berdasarkan persamaan 4.4, nilai 4095 adalah nilai maksimum ADC 12 bit, 3.3 adalah tegangan suplai H48C dan 0.3663 adalah nilai tegangan keluaran 1g. Untuk memudahkan penulisan program, persamaan diatas disederhanakan menjadi persamaan 4.5 berikut.

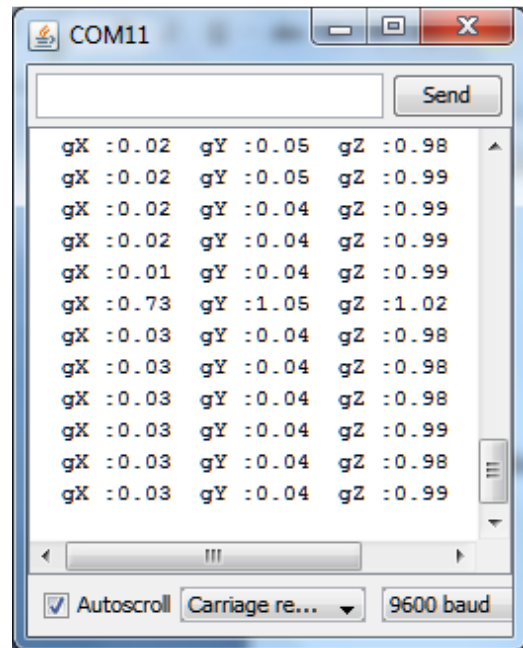
$$g = (\text{data Axis} - V_{\text{ref}}) \times 0.0022 \dots \dots \dots (10)$$

Sehingga, *source code* untuk pembacaan nilai g untuk tiap sumbu adalah sebagai berikut.

```
float gX, gY, gZ = 0.00;
gX = (((float)dX) - ((float)ref)) * 0.0022;
```

```
gY = (((float)dY) - ((float)ref)) * 0.0022;
gZ = (((float)dZ) - ((float)ref)) * 0.0022;
```

Hasil pengujian program untuk pembacaan nilai g menggunakan *source code* diatas dilihat menggunakan serial monitor dengan *baud rate* 9600 bps sesuai dengan gambar 20.



Gambar 20. Hasil pembacaan modul accelerometer

4.2. Komunikasi Data X-Bee Wireless RF

Untuk mengirimkan data percepatan menggunakan *wireless X-Bee* digunakan 2 buah modul yakni modul *router* dan *coordinator*.

Modul *router* berfungsi untuk melakukan pengukuran percepatan kemudian mengirimkannya ke modul *coordinator* sedangkan fungsi *coordinator* untuk menerima data dari *router* kemudian mengirimkannya ke server.

Sehingga masing – masing modul menjalankan program yang berbeda.

Pada pengujian digunakan 2 buah *router* dan 1 buah *coordinator* dengan alamat sebagai berikut.

Router 1 = 5070
Router 2 = 4D36
Coordinator = 7E63

Algoritma Program Router

1. Menentukan alamat tujuan (ATDL dan ATDH)
2. Menentukan jumlah payload untuk menampung data yang akan dikirimkan.
3. Melakukan pembacaan data RTC dan accelerometer.
4. Menampung data pada payload dan encode data.
5. Mengirim data.

Pada pengujian digunakan coordinator dengan alamat : 7E63 kemudian jumlah payload adalah 15 dengan rincian sebagai berikut.

- Payload [0] menampung data jam.
- Payload [1] menampung data menit
- Payload [2] menampung data detik
- Payload [3] menampung data tanggal
- Payload [4] menampung data bulan
- Payload [5] menampung data tahun
- Payload [6]&[7] menampung data Vref
- Payload [8] &[9] menampung data Ax
- Payload [10] &[11] menampung data Ay
- Payload [12] &[13] menampung data Az
- Payload [14] menampung data 0x00

Algoritma Program Coordinator

1. Membaca data dari router.
2. Decode data.
3. Mengirim data ke server via USB.

Hasil pembacaan dari frame data yang dikirim oleh router adalah sebagai berikut.

7E 00 14 81 4D 36 24 00 02 2D 0E 1A 01 0C 07 FF 08 D9 07 7C 09 6D 00 C7

Sehingga dapat di decode kan sebagai berikut.

- 7E = Start byte

- 00 14 = Panjang data
- 81 = frame type API
- 4D36 = Alamat pengirim
- 24 = Kuat sinyal (RSSI)
- 00 = Sisa data terkirim
- 02 = Data Jam
- 2D = Data menit
- 0E = Data Detik
- 1A = Data tanggal
- 01 = Data bulan
- 0C = Data tahun
- 07 FF = data Vref
- 08 D9 = Data Ax
- 07 7C = Data Ay
- 09 6D = Data Az
- 00 = Data payload [14]
- C7 = Check Sum

Gambar 21 menunjukkan contoh hasil pembacaan coordinator yang ditampilkan menggunakan *hyperterminal* pada komputer server.

```
7E 00 14 81 4D 36 28 00 02 2E 36 1A 01 0C 07 FF 07 FB 08 2F 09 BB 00
00
Router : 4D36
RSSI :28
2:46:54 26/1/12
2047 -0.0088000001 0.1055999994 0.9767999649
7E 00 14 81 50 70 29 00 00 00 00 00 00 08 01 07 E4 08 12 09 C2 00
43
Router : 5070
RSSI :29
0:0:0 0/0/0
2049 -0.0638000011 0.0374000024 0.9878000259
7E 00 14 81 4D 36 24 00 02 2E 37 1A 01 0C 07 FF 07 FB 08 30 09 BB 00
BC
Router : 4D36
RSSI :24
```

Gambar 21. Hasil Pembacaan data yang diterima oleh coordinator

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang didapat maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Accelerometer H48C dapat digunakan sebagai alat akuisisi data pergerakan tanah.

2. Data hasil pembacaan sensor *accelerometer* H48C dapat dikirimkan secara *remote* menggunakan wireless RF dengan memanfaatkan modul X-Bee.
3. Dengan mengetahui struktur frame data komunikasi wireless yang menggunakan protokol ZigBee maka kita dapat dengan leluasa melakukan pengiriman dan penerimaan data sesuai kebutuhan.
4. Jaringan sensor nirkabel memiliki kelebihan dalam segi fleksibilitas dibandingkan transmisi data menggunakan kabel.

5.2. Saran

Pada penelitian ini hanya menggunakan sensor percepatan untuk deteksi pergerakan tanah, sehingga diharapkan adanya pengembangan dengan melengkapi sistem menggunakan sensor lain misalnya sensor curah hujan, sensor kelembapan, extensometer dan sebagainya sehingga data yang didapat lebih akurat.

Digi Manual. 2008. *Xbee Znet 2.5 / Xbee PRO Znet 2.5 OEM RF Modules*. 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

VI. DAFTAR PUSTAKA

A.E Putra. 2009. *Embeded System Menggunakan Mikrokonroler dan Pemrograman C*. Andi : Yogyakarta

ATMEL Corp. 2003. *Atmega8 And Atmega8L Preliminery*. ATMEL Corporation : Parkay

BNPB^a. 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^b. 2007. *Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia edisi III*. Direktorat Mitigasi : Jakarta