PERANCANGAN TELEMETRI AKTIVITAS GUNUNG BERAPI MENGUNAKAN SENSOR SEISMIK 3C DENGAN GELOMBANG WIFI 2.4GHz

Chotib Alwan¹, Achfas Zacoeb², D. J Djoko H. Santjojo³, Didik R. Santoso³

¹Mahasiswa/Program Magister Teknik Elektro/FT Universitas Brawijaya

²Dosen/Jurusan Teknik Sipil/FT Universitas Brawijaya

³Dosen/Jurusan Fisika/FMIPA Universitas Brawijaya

Jl. MT Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Korespondensi:chotibalwan@gmail.com

ABSTRACT

Remote monitoring using high-frequency Wifi telemetry communications media is a solution that enables to benefits from data transfer speed, remote communication, data security system and uses less energy. This study aims to establish a telemetry communication system of integrated sensor networks for the volcanic geographic area with some advantages such as the physical parameters of a volcano conditions accurately in real-time and online, the higher transmission speed, easily duplicated, and the flexibility for additional high sensors as a part of the decision making to determine the volcano status. Wifi telemetry 2.4GHz offers a high data transfer speed, the current supported equipment or modules have been reached a speed of 100Mbps. Range coverage's performed on this test reached a maximum distance of 2 km line of sight, the data in the form of sensor data and moving images. The visual data expected is not in fully real-time, because there are 5 seconds delays from the production time. To use a shorter delay in order to the image goes faster, the main processor of raspberry experienced some over heat, and then it is not suitable for a long-term continuous use.

Keywords : Access Point, Raspberry Pi, Seismic Sensor, Telemetry, Wifi

1. PENDAHULUAN

Gempa vulkanik adalah jenis gempa yang terjadi karena aktivitas magma di perut bumi. Gempa ini tergolong gempa yang cukup intensif terjadi di kepulauan Indonesia yang memiliki banyak gunung berapi. Setiap adanya letusan gunung berapi pasti sebelumnya terjadi getaran yang di rasakan oleh masyarakat sekitar gunung tersebut. Gempa inilah yang dimaksud dengan gempa vulkanik, contoh gempa yang terjadi di daerah gunung Kelud sebelum meletus.

Pemantauan aktivitas gunung berapi dapat dilakukan dengan melihat atau memonitor beberapa perilaku fisik sebagai parameter tanda akan adanya letusan. Salah satu yang dapat di *monitoring* adalah aktivitas seismik atau getaran diser gunung berapi. Dari aktivitas seismik yang terpantau secara *real time* ini akan bisa dilakukan *monitoring* dari jarak jauh dengan sebuah sistem komunikasi

atau telemetri, untuk selanjutnya dapat di gunakan sebagai salah satu parameter penunjang keputusan status dari sebuah gunung berapi (Maryanto dkk, 2011).

Selama ini instrumen komunikasi yang digunakan sebagai *monitoring* adalah menggunakan telemetri analog dengan radio modem, tetapi sistem komunikasi dengan telemetri radio modem memiliki beberapa kelemahan. WSN yang digunakan berbasis radio *modem analog* dibentuk dalam sebuah jaringan *multihop*, yaitu terdiri dari *node-node* yang berkomunikasi dengan *node*lain melalui sebuah *node* tertentu atau *node relay*. Dengan cara ini maka tidak memungkinkan komunikasi secara langsung dengan pos sentral karena terkendala jarak dan kondisi geografis pegunungan. Gunung akan menjadi semacam *obstacle*/penghalang yang sangat besar untuk sistem komunikasi (Santoso dkk, 2012^a).

Fokus dalam penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan sebuah instrument komunikasi jarak jauh untuk WSN seismik dengan jangkauan yang luas dan dalam kecepatan tinggi untuk mendukung sistem *monitoring* sensor atau jaringan sensor terpadu yang mampu memberikan informasi secara terpadu, akurat *real time* dan *online*, murah, hemat energi dan dengan standar keamanan yang tinggi, dan juga mudah duplikasi.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Sensor seismik WSN

Sensor-sensor ini dapat berdiri sendiri secara tunggal (seperti seismometer atau tilt sensor) maupun dapat dalam membentuk jaringan sensor yang dihubungkan dengan kabel. Jarak antar sensor biasanya dekat, dan dapat saja diintegrasikan dengan jaringan yang besar yang dihubungkan secara *point-to-point* (Scarpa & Tiling, 1996).

Perekaman data seismik dilakukan secara periodik atau dipicu oleh kejadian seismik. Data yang direkam disimpan secara lokal, sehingga harus diambil secara periodik atau dikirimkan melalui saluran telepon atau komunikasi radio jarak jauh ke pos pemantauan (Santoso dkk, 2012^b).

2.2 Akses *point to multipoint*

Secara garis besar, frekuensi dan perhitungan power pada jaringan *point-to-multipoint* hampir sama dengan *point-to-point*. Hanya saja jaringan *point-to-multipoint* ada yang mampu membentuk jaringan yang baik walaupun di antaranya terdapat penghalang (NLOS = *Not Line of Sight*).

2.3 Modul MMA7631 untuk Arduino

Arduino merupakan pilihan yang tepat untuk membaca modul sensor MMA7361. Karena selain dapat melakukan pengaturan secara digital pin kontrol sensor, Arduino juga dapat membaca nilai tegangan analog keluaran sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z. Hasil pembacaan tegangan analog dari tiap sumbu tersebut kemudian dikonversi menjadi nilai digital melalui fitur ADC yang terdapat pada Arduino.

2.4 *Raspberry Pi*

Raspberry Pi dapat dihubungkan dengan sensor kamera, yang dapat digunakan untuk

mengambil gambar. Sistem ini juga memiliki port *General Purpose Input Output* (GPIO) yang dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan Arduino.

3. METODE PENELITIAN

Fokus masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah desain perangkat keras komunikasi nya. Masalah media komunikasi merupakan bagian penting yang harus di selesaikan. Pada penelitian sebelumnya, proses pengiriman dan penerimaan data digital menggunakan media/*carrier* gelombang radio pada frekuensi 433 MHz menggunakan modul RLP TLP 433MHz. Pada frekuensi ini, data yang dikirimkan tentu saja tidak bisa dalam kapasitas besar. Data visual berupa gambar bergerak tidak dapat diikuti, karena *bandwidth* yang sempit dan juga kecepatan transmisi yang tidak seimbang dengan transmisi data pada modul *raspberry* di bagian *node* sensor. Pada *node* sensor sebenarnya sudah bisa didapatkan cukup banyak data dalam kapasitas besar dan *transfer rate* yang tinggi, tetapi media pembawanya tidak memungkinkan untuk menyampaikannya ke sisi penerima.

Masalah pada pemakaian gelombang radio frekuensi 433MHz adalah selain ketidakseimbangan antara besar data dan kecepatan transfer data antara pengirim dan media pembawanya adalah kemampuan gelombang frekuensi rendah untuk menembus halangan. Jika pada kondisi *Line of Sight*, hal ini tidak akan menjadi masalah. Masalah pada penelitian ini adalah karena penelitian ini ditujukan untuk penggunaan di gunung yang tentunya memiliki kondisi geografis yang tidak memenuhi persyaratan *Line of Sight*, banyak *obstacle*/penghalang, misal berupa pepohonan, maupun kontur dari gunung itu sendiri. Demikian juga, walaupun bisa sedikit diabaikan faktor interferensi dengan gelombang lain karena di gunung, tetapi hal ini sebaiknya juga diantisipasi.

Gelombang radio pada frekuensi rendah mempunyai jarak jangkauan atau *bandwidth* yang lebar walaupun dengan konsumsi daya yang kecil, sebenarnya ini adalah keuntungan, tetapi dalam penelitian ini dengan memperhatikan data dari sensor yang akan dibawa cukup besar, berupa data digital, karakter dan visual yang memiliki kapasitas besar dengan persyaratan *realtime*, dapat

dipantau secara *online*, dapat dialamati dan dapat dimuati sistem keamanan, maka penelitian ini menggunakan frekuensi tinggi dalam orde Giga, yaitu gelombang Wifi 2,4GHz.

Secara singkat konsep perancangan pada penelitian ini adalah melakukan transmisi data digital dan data visual bergerak secara *real time* dari sebuah jaringan lokal intranet (*node* sensor di punggung gunung) menuju jaringan internet global (pusat *monitoring* di daerah yang sudah terjangkau akses internet). Dengan frekuensi tinggi sesuai regulasi yaitu pada frekuensi *carrier* 2,4 GHz pada daya maksimal yang diijinkan. Untuk itu dipilih modul-modul yang sudah tersedia dan mudah didapatkan dengan tingkat efisien dan efektifitas yang tinggi, yaitu

node sensor seismik MEMs, *Raspberry Pi* B+, dan *Bullet2HP Wifi amplifier*. Untuk alat penunjangnya digunakan antena grid 2.4GHz, modul panel surya, inverter DC to AC, dan mikrokontroler ATMEGA8.

3.1 Komunikasi *point to multipoint* menggunakan telemetri Wifi.

Konsep perancangan seperti **Gambar 1** menawarkan proses transfer data yang cepat karena telemetrinya menggunakan sinyal Wifi 2.4GHz, jarak jangkauan yang lebih jauh dari telemetri radio modem 413 MHz. Proses enkripsi data lebih mudah, hemat perangkat keras komunikasi karena merupakan sistem *point to multipoint*.

Gambar 1. Diagram alir perancangan sistem

Jaringan 4 sensor yang dinyatakan sebagai 4 point melakukan komunikasi teralamat ke satu *transceiver multipoint*. Komunikasi Wifi yang sebelah kiri atau dari mini pc *raspberry* (1unit sensor) adalah dalam lingkup intranet/lokal. Sementara dari WAN akan terhubung dengan internet global menuju *server* utama seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.

Gambar 2. Pemasangan WSN seismik secara *point to multipoint*

Blok diagram perangkat keras pada *node* sensor dapat dilihat pada **Gambar 3**. Penempatan *node* sensor adalah di sekeliling punggung gunung, diusahakan untuk memiliki *Line of Sight* yang baik dengan antena server. Walaupun secara teoritis seperti dijelaskan sebelumnya bahwa *obstacle*/penghalang bisa dijadikan sebagai media pemantul.

Gambar 3. Blok perangkat keras *node* sensor

3.2 Aplikasi lapangan konfigurasi *point to multipoint*

Solusi terburuk dari konfigurasi *point to multipoint* adalah menambahkan beberapa titik sebagai *repeater*, atau dipasang juga sebuah antenna omni *multidirectional* lagi di ser punggung gunung juga, dan kemudian sinyal dari antenna omni pengumpul di punggung gunung dipancarkan dengan antenna *directional* (grid) ke server pusat secara *point to point* dengan antenna grid yang saling berhadapan hadapan *Line of Sight* seperti pada **Gambar 4**.

Gambar 4. Mode WSN seismik *point to multipoint*

3.3 Langkah pengerjaan

Langkah pengerjaan disusun berurutan mulai dari pembuatan modul *hardware* untuk *node* sensor, meliputi sensor seismik, DAQ *raspberry pi B+*. Langkah pertama adalah menyusun modul-modul antenna omni, Bullet2HP Wifi *amplifier*, dan PC desktop. Kedua adalah melakukan pengesetan alamat server dan proses enkripsi.

3.3.1 Rancangan dan uji *node* sensor

Sensor *accelerometer* adalah sensor yang digunakan untuk mengukur getaran berdasarkan nilai percepatan gravitasi bumi yang diterima oleh sensor. Jenis sensor ini adalah jenis semikonduktor yang terdiri dari 3 arah pengukuran yaitu X, Y, dan Z, sehingga bisa digunakan untuk mengamati getaran (*seismic*) dengan frekwensi > 1 Hz dari segala arah. Satuan ukur sensor ini adalah g (gaya gravitasi), dimana akan bernilai 1g tatkala benda diam tegak lurus terhadap pusat bumi.

Nilai positif menunjukkan adanya percepatan melawan gravitasi, dan nilai negatif menunjukkan percepatan benda jatuh searah dengan vektor gravitasi (Novianta & Setyaningsih, 2015)

Output dari sensor seismik adalah *output* TTL (*Transistor-Transistor-Logic*) dengan *range* tegangan 0 - 5 volt DC. *Output* dari sensor seismik ini diumpankan ke modul DAQs yang berbasis mikrokontroller PIC sebagai pengumpul data dan jembatan menuju *raspberry pi B+*. *Output* dari DAQs berupa TTL UART yang akan diproses selanjutnya oleh *raspberry pi B+* untuk kemudian di umpankan ke modul Wifi Bullet2HP yang selanjutnya akan di transmisikan melalui antenna grid 2,4GHz. Dengan adanya pembagian tugas ini, modul-modul tersebut akan ringan kerjanya.

Software pada *Raspberry pi B+* fungsinya adalah untuk membuat *Raspberry pi B+* bekerja pada mode *idle*. Pengesetan komunikasi UART antara DAQs dan *Raspberry*. Pengesetan komunikasi dengan server, salah satunya adalah pengalamatan *node* sensor.

Setelah perancangan *hardware* dan *software*, maka dilakukan pengujian, yaitu:

1. Uji komunikasi UART data antara modul sensor *seismic* – DAQs -*Raspberry*.
2. Uji konektivitas antara *Raspberry pi B+* dengan modul Wifi Bullet2HP, contohnya adalah alamat Modul mini pc *Raspberry pi B+* sudah bisa terhubung secara nirkabel dengan laptop/PC.
3. Pengukuran daya yang digunakan oleh semua sistem pada *node* sensor dengan menggunakan *digital wattmeter*.

3.3.2 Pengujian lapangan

Pengujian lapangan ditujukan untuk mengetahui sejauh mana performa sistem komunikasi yang sudah di rancang pada kondisi alam pegunungan yang sebenarnya, yaitu mengetahui jarak maksimal pancaran sinyal transmisi, pengaruh cuaca, dan efek penempatan tiap titik dari pengaruh halangan alami. Skema komunikasi antar modul dalam jaringan sensor nirkabel seperti ditunjukkan pada **Gambar 5**.

Gambar 5. Sistem komunikasi dalam jaringan sensor nirkabel

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perancangan, dan pengujian alat. Sistem telemetri *Wifi* untuk *monitoring* data seismik gunung api ini bisa bekerja dengan baik. Tetapi pengujian ini dilakukan tidak di lapangan yang sesungguhnya, skema pengujian juga mengalami sedikit modifikasi tanpa mengubah konsep dasarnya. Hal ini terutama untuk mengatasi keterbatasan alat pengujian pada peralatan *Wifi* amplifier dan akses *point*.

Jarak jangkauan yang dilakukan di pengujian ini maksimal pada jarak 2km *line of sight*, data berupa data sensor dan gambar bergerak bisa diterima dengan baik. Itupun dengan menggunakan pusat pemancar adalah antena omni yang *beamwidth*-nya melingkar, sehingga kurang maksimal jangkauannya untuk penggunaan *point-to-point* yang saling berhadapan.

Gambar 6. Hasil pengukuran kekuatan sinyal

Dari **Gambar 6** terlihat bahwa pada jarak 1km signal *strenght* yang didapatkan masih cukup tinggi yaitu -58 dbm, *noise floor* -84 dbm, dan transmit ccq 100% (tidak terjadi *loss data transmission*). Jadi pengujian tidak dapat dilakukan pada daya maksimal supaya diperoleh signal *strenght* yang lebih tinggi lagi.

Data visual yang diharapkan *real time* tetapi tidak sepenuhnya *real time*, karena dibuat ada *delay* 5detik, karena ketika dicoba pada *delay* yang pendek sekali agar gambar berjalan lebih cepat, mesin/processor utama pada *raspberry* mengalami *over heat*, jadi tidak sesuai untuk pemakaian terus menerus dalam jangka waktu yang lama

Sistem *node* pada penelitian ini menggunakan *Raspberry Pi* sebagai pengatur utama sistem. Sensor MMA7631 yang berfungsi untuk mendeteksi akselerasi grafitasi dihubungkan dengan *Raspberry Pi* melalui port GPIO.

Mode jaringan pada *Bullet* dapat dikonfigurasi sebagai *Bridge* atau *AccessPoint*. Pada mode *bridge*, sistem jaringan pada *Raspberry Pi* dan *Bullet* dijadikan satu, sehingga *Raspberry Pi* terhubung secara langsung dengan sistem jaringan nirkabel. Pada mode access point, *Raspberry Pi* berfungsi sebagai *client*. Sehingga untuk terhubung ke jaringan nirkabel, harus melalui jaringan pada *Bullet* terlebih dahulu.

4.1 Desain perancangan

Desain sistem telemetri yang digunakan adalah dengan beberapa *node* yang terhubung pada *access point*. Karena menggunakan sistem jaringan komputer, maka tiap *node* dapat dialamati, masing-masing *node* memiliki IP *Address* yang berbeda, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 7**.

Gambar 7. Jaringan *node* sensor dan *monitoring*

Bullet yang terdapat pada *node*, dikonfigurasi sebagai *bridge*, sehingga *Bullet* berfungsi sebagai antena nirkabel dari *Raspberry Pi*. Pada mode *bridge*, dua jaringan digabungkan menjadi satu, yaitu jaringan *Raspberry Pi* dan jaringan dari *Bullet*. Dengan

mode ini, *Raspberry Pi* mendapatkan akses langsung pada jaringan nirkabel, tanpa melalui sistem jaringan internal pada *Bullet*, sehingga alamat pada *Raspberry Pi* dapat dipanggil langsung dari sistem *Access Point*. Hal ini menjadikan sistem *monitoring* dapat memanggil langsung alamat tiap *node*.

Pada *Access Point*, mode jaringan *bullet* dikonfigurasi sebagai *Access Point*. Dengan mode ini, *bullet* berfungsi untuk mengatur lalu lintas jaringan nirkabel. Trafik data akan diteruskan antara sistem *monitoring* dan *node* sesuai alamat jaringannya masing-masing. Sistem *monitoring* dihubungkan secara nirkabel melalui *Access Point*, sehingga sistem *monitoring* dapat terhubung dengan tiap *node* dengan memanggil *IP Address* node yang akan dimonitor.

4.2 Desain pada pengujian

Pada pengujian, karena hanya menggunakan satu *node*, maka desain dapat disederhanakan. *Node* diberlakukan juga sebagai *access point*. Sistem *monitoring* disambungkan secara nirkabel dengan *node*. Pada desain ini, ubahan yang dilakukan adalah model jaringan pada *Bullet* di sistem *node*, dikonfigurasi sebagai *access point*. Rangkaian pengujian dapat dilihat pada **Gambar 8**. *Raspberry Pi* berlaku sebagai *client* dari *Bullet* yang terhubung langsung melalui kabel UTP pada tiap port RJ45 kedua perangkat, sedangkan Sistem *monitoring* terhubung dengan *Bullet* melalui nirkabel. *Bullet* berfungsi untuk mengatur lalu lintas data, dari sistem *monitoring*, ke *Raspberry Pi*. Sehingga sistem *monitoring* dapat menghubungi

Raspberry Pi sesuai dengan *IP Address* yang terkonfigurasi.

Gambar 8. Modifikasi rangkaian pengujian

4.3 Penyajian data

Hasil *output* dari program yang dibuat berbasis *Web Framework CherryPy*, dimana data disajikan dalam dua bentuk, yaitu :

- Dalam bentuk halaman web
- Dalam bentuk *Application Programming Interface (API)*

Pada penyajian berbentuk web, maka pengguna cukup mengetik alamat *IP Raspberry Pi* pada browser, baik dari komputer atau dari perangkat *mobile (handphone dan tablet)*. Jika ada permintaan penyajian dalam bentuk halaman web, maka sistem akan mengirimkan halaman web, dimana didalamnya terdapat data lengkap nilai-nilai sensor untuk setiap sumbu sensor. Dalam halaman ini juga disajikan plot data berbentuk grafik yang akan menampilkan data secara *real-time* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 9**. Halaman web juga menampilkan hasil gambar yang diambil oleh sensor kamera , sebagai contoh <http://192.168.1.9>.

Gambar 9. Hasil pengujian sensor seismik dan kondisi visual pada gunung api

Penyajian berbentuk API, merupakan penyajian dalam bentuk data mentah, yang dapat dimanfaatkan oleh aplikasi lain. Untuk mendapatkan data mentah tersebut, aplikasi dapat melakukan pemanggilan *http request*

sebagai contoh <http://192.168.1.9/sensor>, sedangkan permintaan gambar dapat menggunakan cara yang sama sebagai contoh <http://192.168.1.9/image.jpg>. Diagram alir penyajian data dapat dilihat pada **Gambar 10**.

Gambar 10.Diagram alir penyajian data

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Sistem komunikasi telemetri jaringan sensor terpadu untuk wilayah geografis gunung berapi dengan kelebihan sistem dapat memberikan informasi parameter fisik dari kondisi gunung berapi yang akurat *real time*, *online*, kecepatan transmisi yang tinggi, mudah diduplikasi, fleksibilitas untuk penambahan sensor yang lain tinggi sebagai satu bagian untuk pengambilan keputusan penentuan status gunung berapi.

Penggabungan data sensor seismik dan data visual di ser gunung dapat dilakukan sekaligus, walaupun untuk data visualnya masih dibatasi tidak benar-benar *real time*, karena harus dilakukan *delay* supaya modul yang digunakan sebagai pemrosesnya dapat dipakai dalam waktu yang lama secara terus menerus. Data visual yang dihasilkan oleh kamera *Raspberry Pi* masih mempunyai *delay* 5 detik. Hal ini dilakukan karena jika dibuat *real time* per detik, mesin dari *Raspberry Pi* menjadi panas.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini perlu dicarikan solusi untuk membuat mesin *Raspberry Pi* agar

mampu membaca data secara *real time* untuk kamera resolusi tinggi tanpa perlu dilakukan *delay* waktu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maryanto, S., Santoso, D.R., Mulyana, I., & Hendrasto, M., 2011. Fractal and Chaos Properties of Explosion Earthquakes Followed By Harmonic Tremor at Semeru Volcano, East Java, Indonesia, *IJSER Journal*, Vol. 2, Issue 7, pp. 1-7.
- [2] Novianta, M.A., & Setyningasih, E., 2015. Rancang Bangun Sistem Deteksi Dini Gempa Bumi Berdasarkan Fluktuasi Medan Magnet Menggunakan Sensor MEMS. *Techno*, Vol. 16 No. 1, pp. 35-44.
- [3] Santoso, D.R., Maryanto, S., & Purnama, R. 2012^a. Development of Internet Based Instrumentation System for Real Time Visual Monitoring of Volcano. *IJERD Journal*, Vol. 4, Issue 12, pp. 23-29.
- [4] Santoso, D.R., Maryanto, S., & Wardoyo, A.Y.P. 2012^b. Development of Simple and Low Cost Instrumentation for Real Time Volcano Monitoring. *IJAET Journal*, Vol. 2, issue 1, pp. 432-542
- [5] Scarpa, R., & Tilling, R.I., 1996. *Monitoring And Mitigation of Volcano Hazard*. Berlin, Germany, Springer-Verlag