

OBSERVASI ALIRAN SUNGAI UNTUK PERINGATAN DINI BANJIR LAHAR DINGIN MEMANFAATKAN JARINGAN SENSOR NIRKABEL

Agung Priyanto, Widyawan, Sujoko Sumaryono

Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

agungpriyanto@hotmail.com

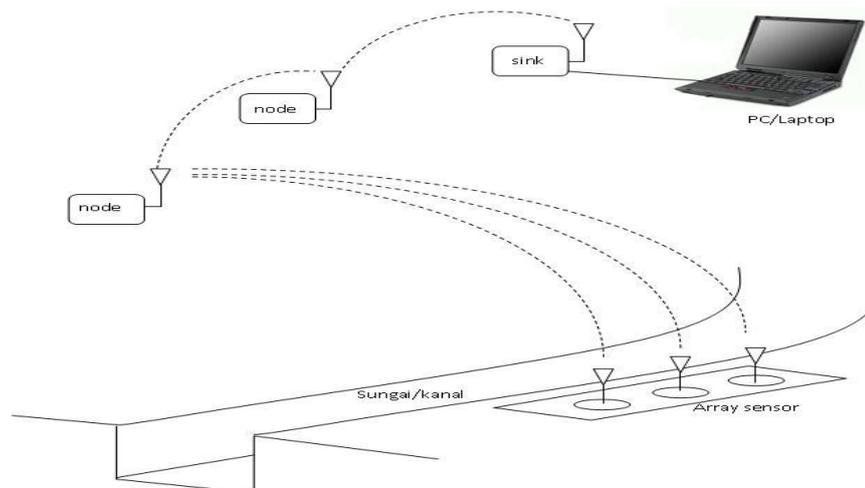
Abstrak

Banjir lahar dingin merupakan bencana yang biasanya menyertai letusan atau erupsi gunung berapi. Ini terjadi ketika material vulkanik hasil erupsi yang menumpuk di lereng dan kaki gunung berapi terbawa air hujan melewati sungai-sungai yang berhulu di gunung tersebut. Air yang bercampur dengan material vulkanik ini memiliki massa jenis yang besar sehingga gelombang suara yang dihasilkan ketika mengalir berbeda dengan aliran yang terdiri dari air saja. Parameter inilah yang akan diteliti perbedaannya melalui percobaan yang akan dilakukan. Sinyal suara aliran sungai diperoleh menggunakan serangkaian sensor suara yang disusun secara array. Masing-masing sensor terhubung dengan sebuah node jaringan sensor nirkabel IQRF. Data yang diperoleh masing-masing node dikumpulkan dan dikirimkan ke pusat pengolahan data berupa sebuah PC. Pengolahan data suara ini dilakukan menggunakan signal processing MATLAB untuk memperoleh informasi apakah aliran air sungai tercampur material vulkanik seperti abu dan pasir hasil erupsi. Informasi yang diperoleh dapat membantu untuk pengembangan sistem peringatan dini banjir lahar dingin.

Kata Kunci: gelombang suara, sensor suara, array sensor, jaringan sensor nirkabel IQRF, signal processing MATLAB.

1. Pendahuluan

Jaringan sensor nirkabel (*wireless sensor network*, WSN) membuat observasi fenomena alam menjadi lebih mudah dan murah. Fenomena alam seperti aktivitas gunung berapi, tanah longsor, banjir dan lain-lain merupakan contoh fenomena alam yang dapat dipantau menggunakan jaringan sensor nirkabel (Ramesh, 2009; Seal, dkk., 2010; Warner-Allen, dkk., 2006). Pemantauan terhadap bencana alam yang sudah dilakukan kebanyakan bergantung pada infrastruktur yang ada di sekitar tempat bencana, seperti ketersediaan daya listrik PLN dan jaringan komunikasi, sehingga pembangunan situs pemantauan bencana alam terbatas oleh ketersediaan fasilitas-fasilitas tersebut. Pemantauan terhadap banjir lahar dingin biasanya dilakukan di hulu sungai yang jauh dari pemukiman yang tentunya juga jauh dari fasilitas-fasilitas tersebut di atas. Oleh karena itu penggunaan jaringan sensor nirkabel merupakan solusi yang tepat.



Gambar 1: Skema prototipe jaringan sensor nirkabel untuk observasi aliran sungai.

Dalam prototipe yang dibangun, diperkenalkan jaringan sensor nirkabel untuk pemantauan aliran sungai yang digunakan baik untuk mengumpulkan data dan untuk mentransmisikan data. Data yang dikumpulkan berupa parameter lingkungan yang berkaitan dengan aliran sungai untuk mitigasi bencana banjir lahar dingin.

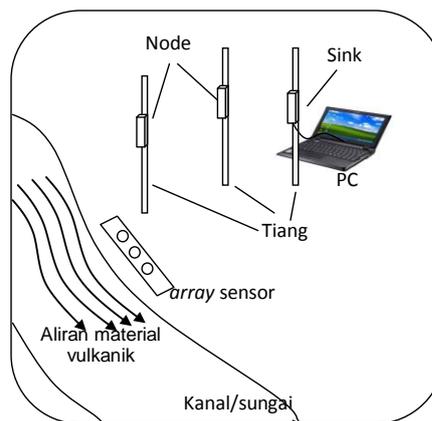
Arattano dan Marchi (2008) mengusulkan metode untuk mitigasi bencana aliran lumpur dengan memasang sensor-sensor bandul atau pendulum, kawat bentangan melintasi kanal, dan kamera CCD. Akan tetapi instalasi sensor-sensor tersebut memakan tempat serta rawan rusak ketika terjadi terjangan banjir lahar dingin dan tentu saja mahal karena perangkat yang digunakan banyak macamnya, meskipun dengan demikian akan semakin akurat hasilnya. Khusus untuk daerah aliran Sungai Boyong di Kabupaten Sleman, Yogyakarta, sensor yang digunakan berupa sensor ketinggian muka air menggunakan 3 (tiga) bilah elektroda aluminium yang tentu saja memiliki banyak kekurangan karena sensor tersebut tidak dapat membedakan material yang mengalir, apakah air saja atau air yang bercampur dengan material vulkanik. Prototipe yang diusulkan menggunakan jaringan sensor nirkabel dengan ujung depan sensor suara yang disusun secara array untuk menyasiasi keterbatasan kemampuan penyimpanan, komputasi dan komunikasi, spesifikasi lazim sebuah jaringan sensor nirkabel seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Adapun keuntungan-keuntungan dari sistem yang diusulkan dapat dirangkum sebagai berikut:

1. *Array sensor* dipasang secara kuat pada konstruksi beton dengan penempatan yang sedekat mungkin dengan aliran sehingga kepekaan sensor tidak berkurang dengan bertambahnya jarak.

2. Penyusunan sensor secara *array* memiliki kelebihan dalam hal pemungutan data yang memiliki resolusi tinggi karena data dibagi dalam sejumlah anggota *array*.
3. Biaya untuk perangkat, *deployment* dan perawatan tergolong rendah karena tidak membutuhkan infrastruktur untuk *link* komunikasi.
4. Akurasi yang tinggi untuk memperoleh salah satu parameter yang dapat digunakan untuk membangun sistem peringatan dini banjir lahar dingin.

2. Cara Kerja Sistem

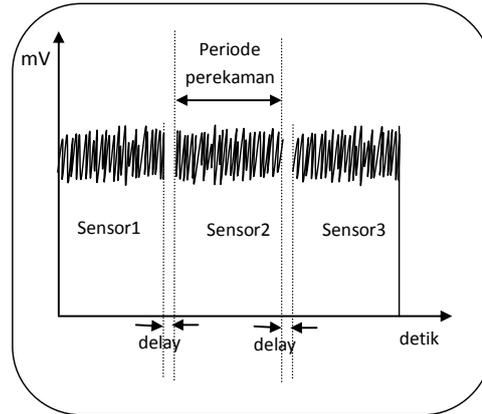
Prototipe yang dibangun menggunakan beberapa *node*, 3 *node* atau lebih difungsikan sebagai *array* sensor yang ujung depannya dilengkapi dengan pemungut gelombang suara seperti mikrofon, dan 3 *node* untuk *link* komunikasi termasuk 1 *node* akhir untuk *sink* dan terhubung dengan sebuah PC. Cara kerja sistem dapat diilustrasikan seperti pada gambar 2.



Gambar 2: Aliran material mulai melewati *array* sensor

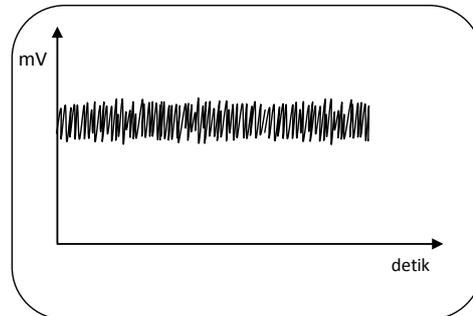
Ketika aliran material mulai melewati *array* sensor, maka *volume* gelombang suara yang dihasilkan akan melewati suatu *threshold* yang mengaktifkan mode operasional sensor menjadi aktif dan mulai merekam dan menyimpan suara selama periode waktu tertentu, bersambung antara sensor pertama sampai sensor terakhir di dalam *array* tersebut. Data yang tersimpan dikirimkan ke *node* yang berada tidak jauh dari situs mulai dari sensor pertama sampai terakhir secara bergantian. Ketika sampai di *sink*, data dikumpulkan dan disatukan kembali di dalam PC sehingga utuh menjadi sebuah *timeframe* sinyal suara yang sudah layak untuk diproses menggunakan MATLAB.

Gambar 3 menunjukkan bahwa sebelum disatukan, sinyal yang terkumpul masih memiliki *delay* karena waktu pengiriman dan protokol komunikasi. Gambar 4 menunjukkan sinyal suara yang sudah disatukan atau dihilangkan *delay*-nya.



Gambar 3: Sinyal suara masih terdapat *delay*

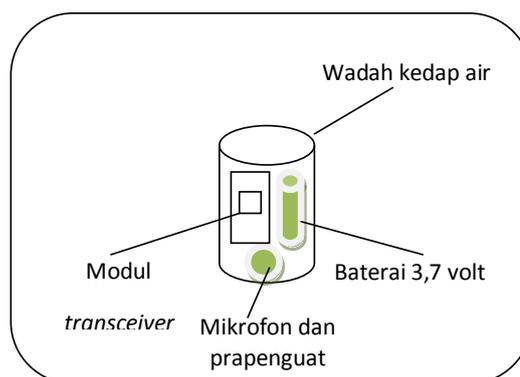
Setelah disatukan maka sinyal suara tersebut selanjutnya diproses menggunakan MATLAB sehingga diperoleh informasi mengenai ada dan tidaknya material vulkanik yang mengalir bersama air sungai.



Gambar 4: Sinyal suara yang telah disatukan dengan menghilangkan *delay*

3. Desain Sistem

3.1 Perangkat Keras dan Pengemasannya



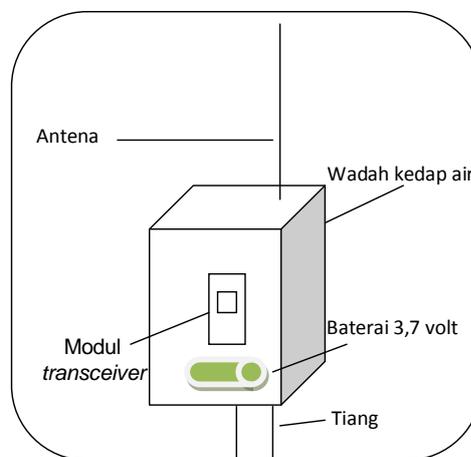
Gambar 5: Pengemasan *node* sensor anggota *array* sensor

Seperti terlihat dalam gambar 5, sensor dalam *array* dikemas sedemikian rupa sehingga tahan air, tahan benturan serta dapat dipasangkan presisi dan kuat dalam lubang beton. Kemudahan untuk melepas dan memasang dalam beton menjadi syarat penting mengingat sensor ditenagai oleh baterai yang

dalam waktu tertentu harus diganti atau di-charge jika menggunakan baterai *rechargeable*. Menurut spesifikasi modul *transceiver* yang digunakan, baterai akan tahan beberapa bulan sampai orde tahunan tergantung pada mode operasional jaringan sensor.

Sensor nirkabel yang digunakan merupakan modul *transceiver* TR-52B dari IQRF dengan *platform* TinyOS. Sensor pemungut suara menggunakan mikrofon yang memiliki range frekuensi yang lebar dengan kepekaan yang tinggi. Dengan menggunakan rangkaian prapenguat sinyal suara akan dikuatkan. Rangkaian prapenguat ini juga dilengkapi dengan pengatur *volume* yang dapat disetel ambang batasnya. Jika *volume* suara yang dipungut sudah melebihi ambang batas maka akan dikirimkan isyarat berupa tegangan searah untuk mengaktifkan *node*. *Node* siap untuk merekam sinyal suara.

Tidak berbeda jauh dengan *node* di *array* sensor, *node* yang berfungsi sebagai *link* komunikasi juga terdiri atas modul *transceiver* TR-52B dari IQRF. Bedanya, *node* ini tidak dilengkapi dengan sensor apapun. Instalasinya dipasang pada sebuah tiang agar jangkauan radionya lebih jauh, lebih aman dari jangkauan manusia maupun binatang. Sebuah antena ditambahkan pada *node* ini untuk menambah jarak jangkauan radionya, seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6: Node sebagai link komunikasi

3.2 Penghematan daya dan Waktu Respon

Sumber energi utama dari *array* sensor dan *node-node* adalah baterai 3,7 volt 1300mA *rechargeable*. Konsumsi energi merupakan faktor kritis agar jaringan sensor nirkabel dapat bekerja lama. Modul *transceiver* TR-52B sejauh ini merupakan piranti yang paling banyak menarik energi dari baterai, terlebih jika dalam mode operasi aktif. Menurut *datasheet* dari IQRF, modul *transceiver* ini menarik arus sebesar 1 μ A selama mode *sleep* dan 35 μ A selama mode

operasional aktif. Ini merupakan jaringan sensor nirkabel yang menarik arus paling sedikit dibanding jenis yang lain. (MICRORISC, 2012)

Lee, dkk. (2009) menyatakan, untuk mengurangi konsumsi daya RF (*Radio Frequency*) maka dibutuhkan mekanisme yang dapat membuat semua *node* berada pada status *sleep* ketika tidak ada *event*, dalam hal ini banjir lahar dingin. Sebaliknya, ketika material vulkanik mulai tersensor maka sesegera mungkin *array* sensor berada pada status aktif dan mengirim pesan aktif ke *node* terdekat yang kemudian diteruskan sampai ke *sink*.

4. Penutup

Prototipe yang dibuat belum tentu langsung dapat berfungsi dengan baik jika diterapkan di lingkungan sesungguhnya. Diperlukan penyetelan ulang dan kalibrasi untuk sensor suara agar ambang batas gelombang suara masukan dapat ditentukan. Untuk sistem peringatan dini banjir lahar dingin yang sesungguhnya diperlukan lebih banyak sensor lain untuk membantu akurasi sistem agar tidak terjadi kesalahan keputusan, serta manajemen dan perawatan yang mendukung. Di samping itu perlu juga dipertimbangkan untuk alternatif sumber energi selain baterai, misalnya dengan modul sel surya untuk mengisi baterai dan menopang kebutuhan energi pada saat siang hari.

Daftar Pustaka

- Arattano, M. dan Marchi, L., 2008, Systems and Sensors for Debris-flow Monitoring and Warning, *Sensors*, 8, hal. 2436-2452.
- Lee, H., Cho, C., King, C., Fang, Y. dan Lee, B., 2009, Design and Implementation of Non-Autonomous Mobile Wireless Sensor for Debris Flow Monitoring, *Proceedings of IEEE 6th International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems*, hal. 1062-1064.
- MICRORISC, 2012, *TR-52B Transceiver Modul Datasheet*, MICRORISC s.r.o: Delnicka.
- Ramesh, M. V., 2009. Real-time Wireless Sensor Network for Landslide Detection, *Proceedings of Third International Conference on Sensor Technologies and Applications*, hal. 405-409.
- Seal, V., Raha, A., Maity, S., Mitra, S. K., Mukherjee, A. dan Naskar, M. K., 2012, A Simple Flood Forecasting Scheme Using Wireless Sensor Networks, *International Journal of Ad hoc: Sensor and Ubiquitous Computing*, 3, hal. 45-60.
- Werner-Allen, G., Lorincz, K., Welsh, M., Marcillo, O., Johnson, J., Ruiz, M. dan Lees, J., 2006, Deploying a Wireless Sensor Network on an Active Volcano, *IEEE Internet Computing*, April, hal. 18-25.