

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

Agung Priyanto^{*)}, Widyawan, and Sujoko

Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika 2, Yogyakarta 55281, Indonesia

^{*)}E-mail: 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

Abstract

Lahars or volcanic mudflows commonly occur following volcanic eruption. Lahars initiation is led by heavy rainfall in the slopes of volcano where deposits of volcanic material sit. Lahars flow down through the river valleys originating at the volcano. Lahars have greater density than that of water, so they make different sound waves when flowing. This parameter will be examined through experiments. Sound signal or acoustic of flowing lahars taken by an array of sound sensors. Each sensor has its own transceiver that acts as a node in a wireless sensor network (WSN). Data collected and transmitted to the PC via sink attached to its USB port. Data are then analyzed and processed by using MATLAB to obtain information of flowing material, lahars or water. This information can be useful to the development of lahars early warning system.

Keywords: sound wave, sound sensors, array sensor, IQRF platform wireless sensor network, MATLAB signal processing

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 [1],[2],[3].

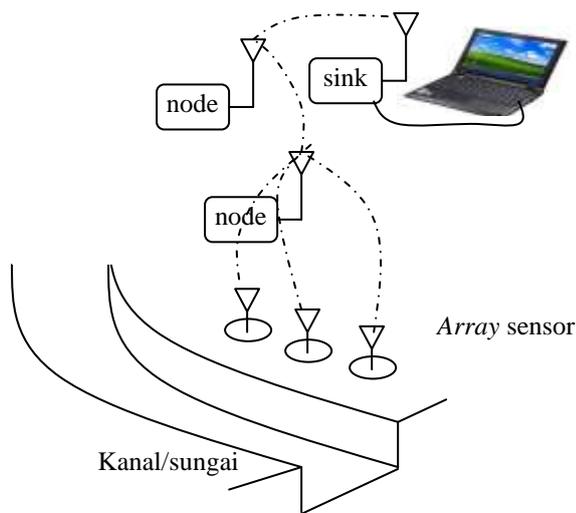
Pemantauan terhadap bencana alam yang sudah dilakukan kebanyakan bergantung kepada infrastruktur yang ada di sekitar tempat bencana, seperti ketersediaan daya listrik PLN dan jaringan komunikasi, sehingga pembangunan

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 tepat.

Dalam rancangan prototipe, 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.

Gambar 1 menunjukkan skema prototipe yang dimaksud.

Teknologi yang sudah ada untuk mitigasi bencana ini adalah dengan memasang sensor-sensor seperti bandul atau *pendulum*, kawat bentangan melintasi kanal, kamera CCD[4] dan lain-lain. Instalasi sensor-sensor tersebut biasanya 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.



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

Khusus untuk daerah aliran Sungai Boyong di Kabupaten Sleman, Yogyakarta, sensor yang digunakan berupa sensor ketinggian muka air menggunakan 3 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 menyasati keterbatasan kemampuan penyimpanan, komputasi dan komunikasi, spesifikasi lazim sebuah jaringan sensor nirkabel. Adapun keuntungan-keuntungan dari sistem yang diusulkan dapat dirangkum sebagai berikut:

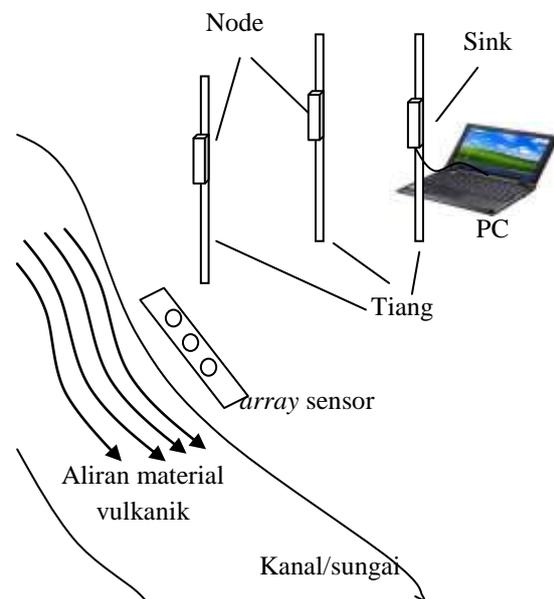
1. *Array* sensor dipasang secara kuat pada konstruksi beton dengan penempatan yang sedekat mungkin dengan aliran sehingga kepekaan sensor tidak berkurang dengan bertambahnya jarak.
2. Penyusunan sensor secara *array* memiliki kelebihan dalam hal pemungutan data yang memiliki resolusi tinggi karena data 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 sebuah sistem peringatan dini banjir lahar dingin.

2. Metode

2.1. Prototipe dan Cara Kerja Sistem

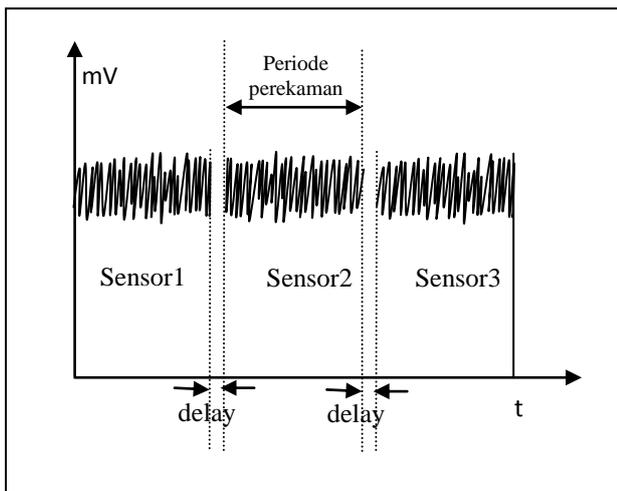
Prototipe yang dibangun menggunakan beberapa node, 3 node atau lebih difungsikan sebagai *array* sensor yang ujung depannya dilengkapi dengan pemungut gelombang suara seperti mikrofon, dan 3 node untuk *link* komunikasi termasuk 1 node akhir untuk *sink* dan terhubung dengan sebuah PC. Cara kerja sistem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



Gambar. 2 Aliran material mulai melewati array sensor

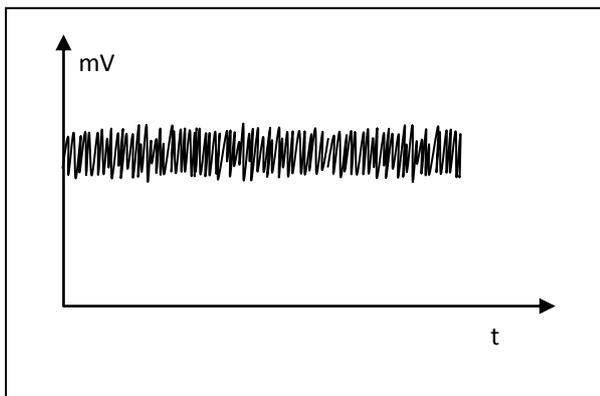
Ketika aliran material mulai melewati *array* sensor, maka volume gelombang suara yang dihasilkan akan melewati suatu *threshold* yang mengaktifkan mode operasional sensor menjadi aktif dan mulai merekam dan menyimpan suara selama periode waktu tertentu, bersambung antara sensor pertama sampai sensor 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. Sesampai di *sink*, data dikumpulkan dan disatukan kembali di dalam PC sehingga utuh menjadi sebuah *timeframe* sinyal suara yang sudah layak untuk diproses menggunakan MATLAB.

Sebelum disatukan, sinyal yang terkumpul masih terdapat *delay* karena waktu pengiriman dan protokol komunikasi, seperti terlihat dalam Gambar 3. Sinyal suara yang sudah disatukan atau dihilangkan *delay*-nya ditunjukkan Gambar 4.



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.



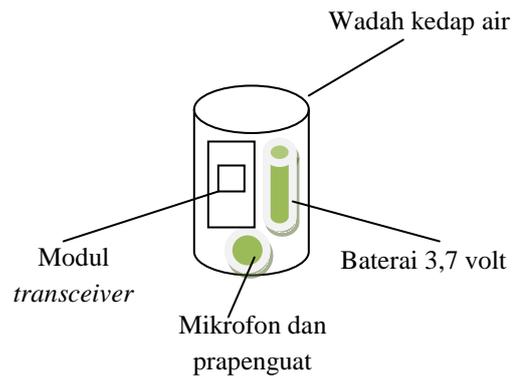
Gambar 4. Sinyal suara yang telah disatukan dengan menghilangkan *delay*

2.2 Perancangan 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 memasangkan 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[5].

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.



Gambar 5. Pengemasan node sensor anggota *array* sensor

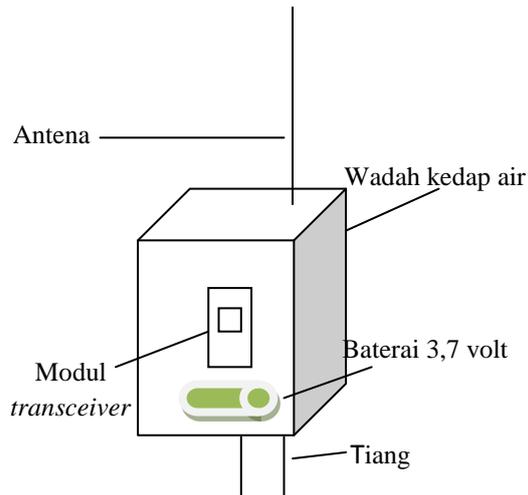
Tidak berbeda jauh dengan node di *array* sensor, node yang berfungsi sebagai *link* komunikasi juga terdiri atas modul *transceiver* TR-52B dari IQRF. Bedanya, node ini tidak dilengkapi dengan sensor apapun. Instalasinya dipasang pada sebuah tiang agar jangkauan radionya lebih jauh, lebih aman dari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

2.2.1 Penghematan daya dan Waktu Respon Optimal

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[6]. 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.

Untuk mengurangi konsumsi daya RF (*Radio Frequency*) maka dibutuhkan mekanisme yang dapat membuat semua node berada pada status *sleep* ketika tidak terjadi 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 ke node selanjutnya[6]. Waktu yang dibutuhkan untuk beralih dari status *sleep* menjadi aktif ini sedapat mungkin optimal, artinya tidak terlalu cepat sehingga sumberdaya yang lain belum siap atau bahkan tidak merespon pesan tersebut. Sebaliknya, juga tidak terlalu lambat sehingga membuat respon sistem secara keseluruhan terhadap *event* lambat.



Gambar 6. Node Sebagai Link Komunikasi

3. Hasil dan Analisa

Hasil perancangan prototipe dan pemrosesan sinyal menggunakan MATLAB dapat membedakan antara aliran lahar dan aliran air. Hal ini jelas karena gelombang suara yang dihasilkan memiliki komponen frekuensi yang berbeda di antara dua aliran material tersebut. MATLAB *signal processing* dapat membedakan dua jenis gelombang suara tersebut.

4. Kesimpulan

Dari hasil percobaan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa prototipe alat ini dapat dimanfaatkan untuk pembangunan sistem peringatan dini banjir lahar dingin. Namun demikian, 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, atau dengan kincir angin dan sebagainya.

Referensi

Journal:

- [1] W-A. Geoffrey, L. Konrad, W. Matt, M. Omar, J. Jeff, R. Mario, and L. Jonathan. Deploying a Wireless Sensor Network on an Active Volcano. *IEEE Computer Society*. 2006.

Proceeding:

- [2] V.R. Maneesha. *Real-time Wireless Sensor Network for Landslide Detection*. Third International Conference on Sensor Technologies and Applications. 2009.
- [4] M. Arattano and L. Marchi. *Systems and Sensors for Debris-flow Monitoring and Warning*. *Sensors* 2008. 2007; 8: 2436-2452.
- [6] H. Lee, C. Cho, C. King, Y. Fang, and B. Lee. *Design and Implementation of Non-autonomous Mobile Wireless Sensor for Debris Flow Monitoring*. *Proceedings of MASS*. 2009: 1062-1064.

Project Report:

- [3] R. Daniela, and B. Elizabeth. *Wireless Sensor Network Provides Early Flood Detection for Underserved Countries*. Microsoft Corporation. 2008.

Datasheet:

- [5] TR-52B datasheet. *Smarter Wireless. Simply*. IQRF.