

# Pengukuran Getaran Aliran Material Lahar Dingin Memanfaatkan Jaringan Sensor Nirkabel Dan Uji Statistik Hasil Percobaan

Agung Priyanto<sup>1</sup>, Landung Sudarmana<sup>2</sup>, Harjono<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Informatika, FTII-Universitas Jenderal Achmad Yani, Yogyakarta

<sup>3</sup>Program Studi Manajemen Informatika, Politeknik Pratama Mulia, Surakarta

agungprie2010@gmail.com, willerkasani@gmail.com

---

## ABSTRACT

*Lahar events have been major threats following volcano eruptions. The absence of power grid and communication line in remote areas near the volcano, where the lahar events initiate, makes the sensors deployment a difficult thing to do. Sensors, like cameras and other sensing methods, usually can only be deployed in areas where power grid presents, that is, near residential areas, far enough from where lahar event initiates. Thus, the prediction of lahar event takes longer time to make, because of delayed information received by the lahar event mitigation center, and this may be too late. Vibration sensor utilizing an accelerometer integrated with autonomous, power efficient wireless sensor network is a conclusion for the need. The statistical tests for the laboratorium scale experiment results have been made. A validated method of data analysis that has been chosen fits the data pattern. Furthermore, a significant information that can be used as a parameter for the lahar event early warning system can be achieved.*

**Keyword:** vibration sensor, accelerometer, wireless sensor network, statistical tests, validated method of data analysis.

## I. PENDAHULUAN

Kejadian banjir lahar dingin yang sangat merusak dan membahayakan penduduk di sekitar aliran sungai yang bersumber dari gunung berapi sudah sering terjadi. Seperti halnya terjadi di daerah sekitar Gunung Merapi, yang meliputi beberapa wilayah di Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Pada beberapa penelitian yang dilakukan, kecepatan aliran lahar dingin mencapai lebih dari 65 kilometer per jam dan mampu mengalir sejauh 80 kilometer (Daryono, 2011). Selain mengancam keselamatan jiwa,

banjir lahar dingin merusak dan mengubur pemukiman dan lahan pertanian penduduk. Sudah ada upaya mitigasi bencana dari pemerintah daerah setempat dengan memasang kamera-kamera di sekitar aliran sungai yang dilalui lahar dingin. Namun demikian, ada beberapa keterbatasan dalam hal pemasangan kamera-kamera tersebut. Pertama, kamera hanya dapat dipasang di tempat yang terjangkau sumber listrik. Sehingga, ia tidak dapat dipasang di tempat yang jauh, mendekati hulu sungai di kaki gunung yang tidak tersedia jaringan listrik. Kedua, jalur

komunikasi radio yang digunakan memerlukan daya yang besar dan antena yang berpegang dengan penguatan tinggi agar dapat menjangkau pusat mitigasi bencana.

Keterbatasan penggunaan kamera dalam mitigasi bencana banjir lahar dingin di atas dapat dikurangi dengan pemanfaatan jaringan sensor nirkabel yang efisien daya dan autonomous (mandiri, memiliki sumber daya sendiri). Jaringan sensor nirkabel yang telah diusulkan ini bukan untuk menggantikan kamera-kamera yang sudah ada, namun untuk melengkapi dan menambah kecepatan prediksi kejadian banjir lahar dingin. Sebuah penelitian menyatakan bahwa penemuan jaringan sensor nirkabel memunculkan metode-metode baru untuk pengamatan fenomena alam dengan lebih sedikit hambatan dan dengan biaya yang relatif lebih murah (Lee *et al.*, 2009).

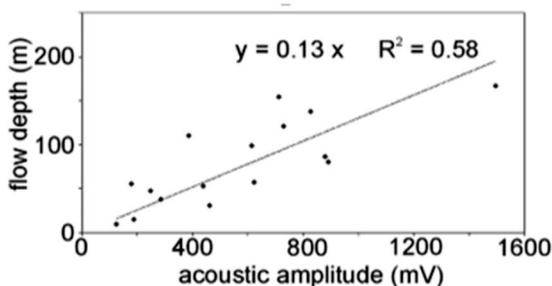
Namun demikian, diperlukan uji statistik baik untuk metode yang digunakan maupun hasil pengolahan data. Hasil akhir diharapkan diperoleh signifikansi informasi bahwa pengukuran getaran aliran material aliran lahar dingin dapat digunakan sebagai salah satu parameter untuk mitigasi banjir lahar dingin.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian yang terkait berikut ini tidak semata-mata mengamati aliran lahar dingin, namun berkaitan sangat erat dengan penelitian mengenai monitoring aliran *debris* (aliran longsoran tanah karena tingginya konsentrasi air), dan aliran lumpur (*mud flow*). Akan tetapi, pada prinsipnya penelitian-penelitian tersebut mengukur intensitas getaran tanah yang disebabkan oleh aliran lumpur, atau aliran *debris* hasil longsoran dengan pembandingan intensitas getaran yang disebabkan oleh aliran air (semisal aliran sungai). Aliran lumpur memiliki intensitas getaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan aliran air saja. Hal ini disebabkan karena masa jenis *debris* yang lebih besar daripada masa jenis air. Hal ini tentu saja dapat dibandingkan dengan aliran lahar dingin. Ini berdasarkan fakta

bahwa lahar dingin memiliki masa jenis mendekati beton basah (campuran semen, pasir dan air) (USGS, 2017), yaitu berkisar 2242 kg/m. Sementara itu, masa jenis air adalah 1000 kg/m<sup>3</sup> pada suhu 4°C (Finnemore, 2002).

Penelitian yang dilakukan oleh Galgaro *et al.* (2005) menghasilkan kuantifikasi relasi antara kedalaman aliran dan amplitudo akustik dari aliran *debris* (aliran longsoran tanah karena tingginya konsentrasi air) yang diperoleh dari getaran tanah di tepi aliran. Metode yang digunakan adalah perekaman menggunakan geofon untuk vibrasi tanah dan mengukur kedalaman aliran dengan sensor ultrasonik. Pengukuran getaran dan kedalaman aliran tersebut dilakukan pada saat kejadian aliran *debris* dengan durasi waktu yang cukup untuk menyatakan bahwa data yang diambil mencukupi. Data yang diperoleh dalam penelitian ini sebarannya memang tidak benar-benar berbentuk garis lurus, namun demikian dengan regresi linier *least square* dapat dicari persamaan garis yang mewakili sebaran data tersebut. Persamaan garis regresi yang diperoleh yaitu  $d=0.13\lambda$ , dengan  $d$  adalah kedalaman aliran, dan  $\lambda$  adalah amplitudo akustik, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik kedalaman aliran vs amplitudo akustik

Kekurangan dari penelitian yang dilakukan Galgaro ini adalah metode analisis data menggunakan model regresi linier yang belum divalidasi. Pola data yang diperoleh apakah memang paling sesuai dianalisis menggunakan model regresi linier *least square*. Perlu pencocokan model yang pas dengan data.

Selain penelitian yang dilakukan Galgaro, penelitian lain yang menggunakan sensor getaran untuk aliran *debris* adalah yang dilakukan oleh Ko *et al.* (2010) dengan mengombinasikan geofon, sensor ultrasonik dan beberapa sensor lainnya untuk memonitor aliran *debris* yang terjadi dengan komunikasi memanfaatkan jaringan sensor nirkabel.

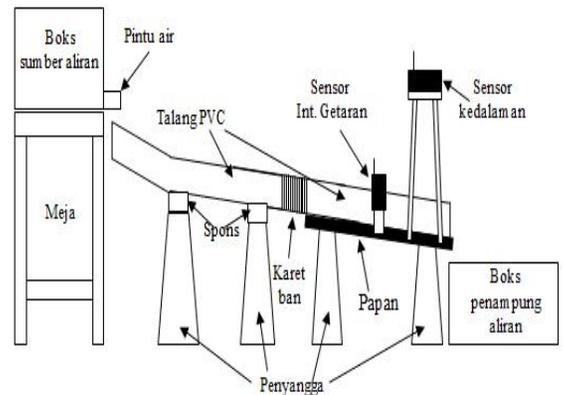
### III. METODOLOGI

Metode penelitian yang dilakukan adalah percobaan skala laboratorium pengukuran getaran aliran material erupsi Gunung Merapi. Material erupsi yang disebut material piroklastik ini diperoleh pada tahun 2010 sesaat setelah erupsi pada tahun tersebut. Gambar 2 merupakan material piroklastik hasil letusan Gunung Merapi. Material ini dalam percobaan dicampur dengan air dan diaduk dengan konsentrasi tertentu agar dapat dialirkan melalui kanal yang dibuat. Sebagai pembanding, diukur juga intensitas getaran yang dihasilkan oleh aliran air jernih.



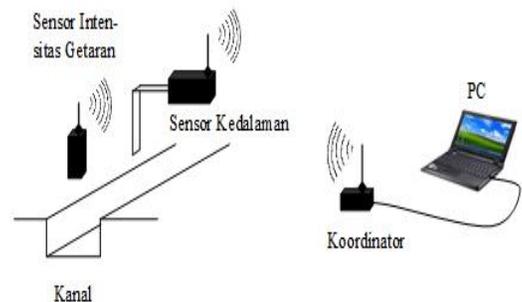
Gambar 2. Material piroklastik.

Rancangan kanal tiruan sebagai tempat pengambilan data intensitas getaran dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kanal Tiruan

Adapun pengambilan data intensitas getaran tersebut memanfaatkan jaringan sensor nirkabel dengan sebuah komputer sebagai koordinator dan penampung data. Jaringan sensor nirkabel memiliki kemampuan mengambil data oleh node yang disebut node sensor, mengirimkan melalui node-node lain yang difungsikan sebagai *hop* dan kemampuan menerima data pada node yang difungsikan sebagai *sink* atau koordinator, untuk kemudian disimpan dan diolah dalam sebuah komputer. Gambar 4 adalah konfigurasi jaringan sensor nirkabel yang di-*deploy* untuk mengambil data. Jarak maksimal antar node dengan antena internal menurut *datasheet* adalah sekitar 400 meter (MICRORISC, 2009).

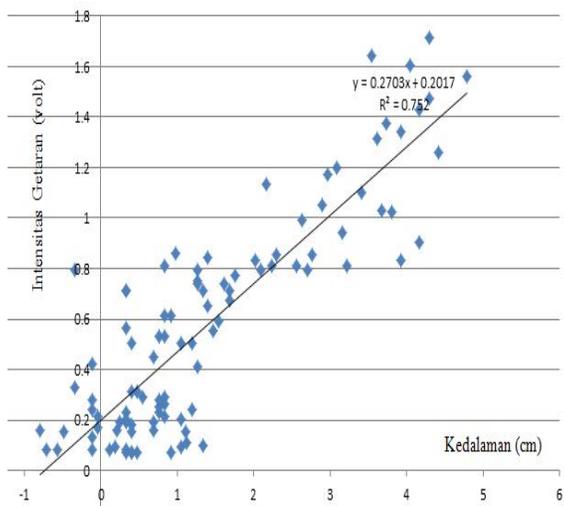


Gambar 4. Konfigurasi deployment jaringan sensor nirkabel

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

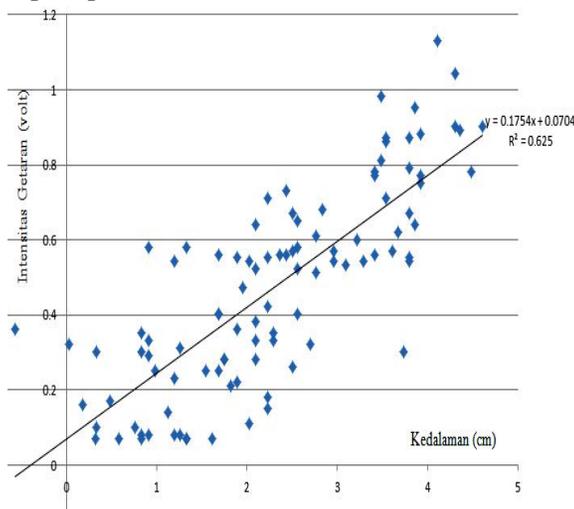
Sejumlah 100 (seratus) data yang diperoleh dari berkali-kali percobaan menggunakan

material piroklastik ditampilkan dalam bentuk chart Kartesian seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Data intensitas getaran material piroklastik vs kedalaman aliran

Sebagai pembandingan, dilakukan juga percobaan menggunakan air jernih yang hasilnya juga ditampilkan dalam bentuk chart Kartesian, seperti pada Gambar 6.



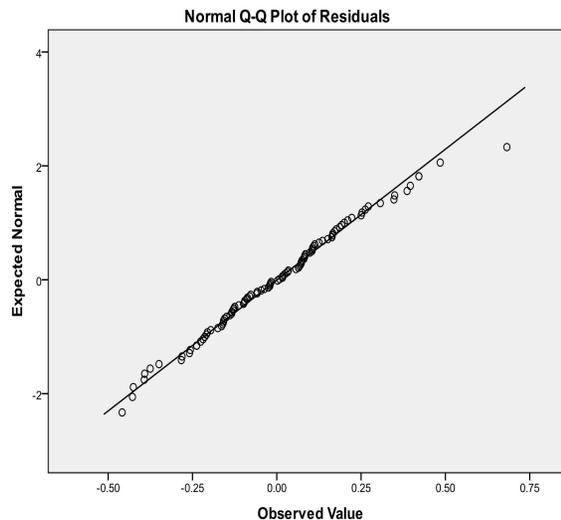
Gambar 6. Data intensitas getaran aliran air jernih vs kedalaman aliran.

Pola data yang diperoleh dianalisis menggunakan regresi linier *least square*, diperoleh persamaan  $y=0,270x+0,202$  untuk data

aliran material lahar dingin, dan  $y=0,175x+0,070$  untuk aliran air jernih. Akan tetapi, diperlukan validasi untuk model regresi linier yang digunakan tersebut apakah memang sesuai dengan pola data yang terbentuk.

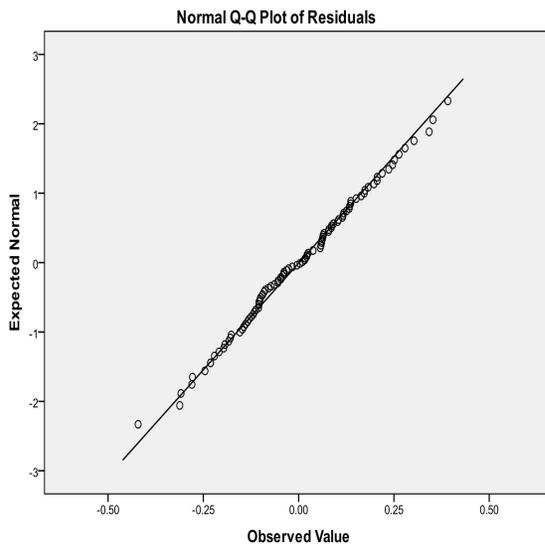
Salah satu metode untuk validasi model yang digunakan tersebut adalah dengan *normal probability plot* residu (*residuals*) memanfaatkan aplikasi SPSS. Residu diperoleh dengan cara mengurangkan nilai aktual hasil pengamatan dengan *fitted value* yang diperoleh menggunakan persamaan regresi linier. Jika grafik yang terbentuk mendekati garis lurus, maka dapat disimpulkan bahwa data terdistribusi normal, dan model yang dipilih untuk analisis data memang sudah sesuai dengan pola data.

Gambar 7 memperlihatkan *normal probability plot* untuk data percobaan menggunakan aliran material lahar dingin. Dalam gambar tersebut nampak bahwa grafik yang dibentuk berbentuk garis lurus.



Gambar 7. Normal probability plot untuk data percobaan menggunakan aliran material lahar dingin.

Gambar 8 merupakan *normal probability plot* untuk 100 (seratus) data hasil percobaan menggunakan aliran air jernih.



Gambar 8. Normal probability plot untuk data percobaan menggunakan aliran material air jernih.

Dari Gambar 8 tersebut dapat dilihat bahwa grafik *normal probability plot* yang terbentuk juga mendekati garis lurus.

## V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat kami ambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil percobaan pengukuran intensitas getaran aliran material lahar dingin (y) versus kedalaman aliran (x) diperoleh persamaan linier  $y=0,270x+0,202$ .
2. Hasil percobaan pengukuran intensitas getaran aliran air jernih (y) versus kedalaman aliran (x) diperoleh persamaan linier  $y=0,175x+0,070$ .
3. Dengan *normal probability plot*, dapat dibuktikan bahwa data terdistribusi normal, sehingga model regresi linier *least square* yang dipilih untuk analisis data sudah sesuai dengan pola data.
4. Dengan membandingkan koefisien x dua persamaan yang telah diperoleh, dapat digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kejadian lahar dingin.

## REFERENSI

- Daryono, 2011, *Artikel-ancaman\_banjir-lahar-merapi-daryono-bmkg-2011.pdf* [Online] [http://data.bmkg.go.id/share/Dokumen/artikel-ancaman\\_banjir-lahar-merapi-daryono-bmkg-2011.pdf](http://data.bmkg.go.id/share/Dokumen/artikel-ancaman_banjir-lahar-merapi-daryono-bmkg-2011.pdf) [Accessed 01/12/2019].
- Finnemore, J. E., 2002, *Fluid Mechanics with Engineering Applications*. McGraw-Hill, New York.
- Galgaro, A., Tecca, P. R., Genevois R., dan Deganutti A. M., 2005, Acoustic Module of The Acquabona (Italy) Debris Flow Monitoring System, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5, pp. 211-215.
- Huang-Chen Lee, Chuan-Yu Cho, Chung-Ta King, Yao-Min Fang, Bing-Jean Lee, 2009, Design and Implementation of Non-autonomous Mobile Wireless Sensor for Debris Flow Monitoring, *IEEE 6<sup>th</sup> International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems*, pp. 1062-1064.
- Ko H-Y, Fang Y-M, Chang Y-H, 2010, The New Thinking of Application on Debris Flow Monitoring, *International Symposium in Pacific Rim, Interpraevent 2010*, pp. 776-784.
- MICRORISC, 2009, *TR-52B*, [Online] <http://wobchod.cz/index.php?id=detail&objk=IQRFT52B>. [Accessed 03/01/2013].
- USGS, 2017, *Lahars.html* [Online] <https://volcanoes.usgs.gov/vhp/lahars.html> [Accessed 01/12/2019].