

## Rancang Bangun Sistem Pengukur Curah Hujan Jarak-Jauh *Real Time* Sebagai Peringatan Banjir Lahar Dingin

Sunarno

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik – UGM, Yogyakarta

### Abstract

*The aim of this research is to set up a sufficient system, which is used for real-time rain gauge telemonitoring as the early warning system for cold lava avalanche of Mount Merapi. The system contains a remote station (transducer, Counter Timer, CPM Frequency Converter, FSK Modulator, and Tx/Rx) and a controller station (Tx/Rx, FSK demodulator, and personal computer).*

*Data managements which are developed in this research are expected to be used in a real time a rain gauge telemonitoring of Mount Merapi. The characteristics of data communication in this system are unguided type with air as the media, asynchronous serial mode, simplex mode transmission, with audio modulation and frequency shift keying modulation. A pair of handy-transceiver was use in data transmitting with VHF/UHF wave at Amateur Radio Data Frequency (144,100 MHz and 431,125 MHz). Rainfall data changes 60 ml in 10 seconds was sent with the variation of sound frequency, started at 645 Hz with delay time 0.0168 seconds up to 2.993 Hz with delay time 0,0015 seconds.*

*This research is expected to give valuable information for the telemonitoring system engineering development, especially for engineers who work in the field of telemonitoring system and for the people who live in the Mount Merapi surrounding*

**Keywords:** telemonitoring, rain gauge, FSK, modulation

### 1. Pendahuluan

Curah hujan adalah jumlah air hujan yang turun pada suatu daerah dalam waktu dan luasan tertentu. Curah hujan diukur dalam waktu harian, bulanan dan tahunan. Alat pengukur curah hujan merupakan alat untuk mengukur curah hujan yang terjadi pada suatu daerah baik pedesaan, kecamatan, atau-pun propinsi yang mengacu pada standar WMO (*World Metrological Organisation*). Dengan adanya alat pengukur curah hujan yang dikembangkan pada penelitian ini, kita dapat mengetahui banyaknya curah hujan yang terjadi setiap waktu (*real time*).

Di Yogyakarta, khususnya di kawasan Gunung Merapi, curah hujan perlu dipantau/diukur intensitasnya. Apalagi setelah erupsi Oktober-Nopember 2010, curah hujan yang tinggi di kawasan puncak Gunung Merapi sering mengakibatkan banjir lahar dingin hingga di kota Yogyakarta, Sleman, Muntilan, Magelang dan

sekitarnya. Jika banjir lahar dingin tersebut tidak diantisipasi, maka dimungkinkan terjadi bahaya banjir di sekitar kali/sungai yang berhulu di Gunung Merapi.

Penduduk sepanjang sungai yang berhulu di Merapi sangat khawatir akan terjadinya lahar dingin ketika hujan lebat di Merapi. Mereka selalu siaga dan meronda untuk mengamati level air sungai. Kebanyakan dari mereka menggunakan HT (*Handy Transceiver*) untuk mendengarkan informasi dari penduduk di Merapi. Namun, informasi sering tidak akurat karena disampaikan secara visual dengan pengamatan langsung tanpa alat ukur yang dapat dipertanggungjawabkan. Sering terjadi konflik karena sistem dan tata cara komunikasi yang buruk (salah paham, *jamming*, informasi disampaikan ketika si pelapor memiliki waktu saja).

Untuk itu, alat pemantau curah hujan jarak jauh yang handal sangatlah diperlukan untuk

pemantauan tingkat intensitas curah hujan di kawasan gunung merapi dan dapat dapat dipergunakan sebagai deteksi dini bahaya banjir lahar dingin. Penempatan alat di rumah penduduk agar dijaga dari vandalisme dan dari pencurian. Lokasi dipilih di area di desa Balerante yang berada di antara sungai Gendol dan sungai Woro, desa tersebut berjarak sekitar 5 km dari puncak gunung Merapi.. Frekuensi dipancarkan melalui gelombang radio FM pada *bandplan* data frekuensi ORARI yakni VHF 144,100 MHz dan UHF 431,125 MHz). Pasokan listrik berasal dari batere/aki yang di-charge dengan panel surya

Data curah hujan yang dihasilkan secara otomatis dari alat pengukur curah hujan ini dapat dikirimkan melalui HT maupun secara *online* internet dan disimpan dalam suatu database yang dapat diakses oleh siapa saja melalui internet. Pemantauan dapat juga diterima melalui HT oleh penduduk sekitar merapi, mengingat terdapat 7000 unit HT yang dimiliki penduduk sekitar gunung Merapi.

## 2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan rancang bangun sistem pengukur curah hujan jarak jauh yang handal, efisien dan efektif dalam melakukan pamantauan curah hujan di kawasan Gunung Merapi sebagai peringatan dini banjir lahar dingin..

## 3. Tinjauan Pustaka

### Potensi Lahar Dingin Gunung Merapi

Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian (BPPTK) Yogyakarta mengatakan, letusan Gunung Merapi 2010 mengeluarkan sekitar 130 juta meter kubik material vulkanik. Material sebanyak itu tersebar merata ke-12 sungai yang berhulu di Gunung Merapi. Ke-12 sungai tersebut adalah Kali Bedog, Kali Krasak, Kali Bebeng, Kali Sat (Kali Putih), Kali Lamat, Kali Senowo, Kali Trising (Kabupaten Magelang), Kali Apu (Kabupaten Boyolali), Kali Woro (Kabupaten Klaten), Kali Gendol, Kali Kuning, dan Kali Boyong (Kabupaten Sleman). Ke-12 sungai tersebut masing-masing menerima sekitar lima juta hingga 10 juta

meter kubik material vulkanik. Hingga Desember 2010, material yang terbawa banjir lahar masih kurang dari 10 persen.

Sementara itu, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) mengumumkan bahwa curah hujan di puncak Merapi berkisar 20 milimeter perjam. Curah hujan ini sudah diklasifikasikan cukup tinggi dan berpotensi menimbulkan banjir lahar.

Ancaman banjir lahar dingin tidak hanya mengancam warga yang rumahnya berada di radius 300 meter dari bibir sungai. Warga yang berada pada radius 500 meter atau lebih juga terancam karena luapan bisa melebar ke mana-mana.

### Alat penakar curah hujan biasa (Jenis Obs/Observatorium)

Penakar hujan biasa termasuk tipe kolektor yang mengguankan gelas ukur untuk mengukur air hujan. Penakar hujan ini terbuat dari lembaran seng BWG 24 dengan panjan/tinggi  $\pm 60$ cm, dicat putih atau alumunium untuk mengurangi pemanasan/penguapan air akibat panas matahari.



**Gambar 1.** Jenis Obs/Observatorium

Keterangan Gambar :

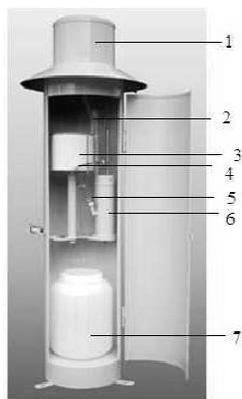
1. Mulut penakar seluas 100 cm<sup>2</sup> (diameter = 11,3cm) terbuat dari kuningan. Harus terpasang horisontal
2. Pipa sempit untuk menyalurkan air ke kolektor
3. Tabung kolektor dengan kapasitas 3-5 liter, setara dengan 300-500 mm curah hujan
4. Keran
5. Gelas ukur

### Alat perekam curah hujan jenis Hellman/Otomatis

Penakar hujan jenis Hellman merupakan suatu instrument/alat untuk mengukur curah

hujan. Penakar hujan jenis hellman ini merupakan suatu alat penakar hujan berjenis *recording* atau dapat mencatat sendiri. Alat ini dipakai di stasiun-stasiun pengamatan udara permukaan. Pengamatan dengan menggunakan alat ini dilakukan setiap hari pada jam-jam tertentu meskipun cuaca dalam keadaan baik/hari sedang cerah. Alat ini mencatat jumlah curah hujan yang terkumpul dalam bentuk garis vertikal yang tercatat pada kertas pias. Alat ini memerlukan perawatan yang cukup intensif untuk menghindari kerusakan-kerusakan yang sering terjadi pada alat ini.

Penakar hujan tipe Hellman termasuk penakar hujan otomatis atau penakar hujan yang dapat mencatat sendiri secara otomatis, badannya berbentuk silinder dengan tinggi 115cm, dengan berat  $\pm 14$  kg. Pada umumnya yang dipakai BMKG diimpor dari Jerman ([bmkgo.id](http://bmkgo.id))



**Gambar 2.** Jenis Hellman/Otomatis

Keterangan Gambar 2:

1. Mulut penakar dengan garis tengah 16 cm atau luasnya 200cm
2. Pipa penyalur air dari mulut menuju kolektor
3. Silinder pias
4. Pena pencatat
5. Pipa pembuangan
6. Silinder kolektor
7. Ember penadah

### Sistem Komunikasi Radio

Sistem komunikasi memancarkan informasi dalam bentuk sinyal listrik yang menyajikan pembicaraan, musik, gambar, data ilmiah, dan sebagainya. Bentuk gelombang sinyal ini sangat kompleks dan selalu berubah, tetapi spektrum frekuensi sinyal tersebut biasanya terbatas pada lebar bidang tertentu. Suatu gelombang radio memiliki frekuensi dan panjang gelombang

tertentu. Suatu antena radio harus mempunyai ukuran fisik sama dengan setengah panjang gelombang atau lebih untuk efisiensi yang wajar. (Sunarno, 2007)

### Modulasi

Modulasi merupakan suatu proses yang mengubah pesan asli diubah menjadi pembawa RF sebelum dipancarkan melalui transmisi radio. (Schwart, 1990) Sedangkan proses kebalikannya, yang mendapatkan bentuk informasi dari sinyal RF, dinamakan demodulasi atau deteksi. Proses modulasi mengakibatkan adanya beberapa sifat (parameter) seperti amplitudo, frekuensi, atau fase pembawa berfrekuensi tinggi, yang diubah dari nilai tanpa modulasi menjadi nilai yang sebanding dengan nilai sesaat sinyal pemodulasi (pesan). Jadi isi pesan asli dipindahkan ke bagian frekuensi *carrier*.

Dalam bentuk sederhana modulator dapat mengubah karakteristik sinyal RF sebanding dengan bentuk gelombang pemodulasi; hal ini disebut modulasi analog. Suatu sistem komunikasi yang lengkap terdiri atas sumber informasi, sumber RF, modulator, saluran RF (termasuk baik tingkat pemancar maupun penerima, antena, saluran transmisi dan sebagainya), demodulator, dan pemakai informasi. Sistem dikatakan bekerja jika pemakai informasi menerima informasi dengan kehandalan yang dapat diterima. Pemilihan jenis modulasi merupakan bagian yang penting dari perencanaan sistem komunikasi.

Proses modulasi dapat berlangsung secara analog maupun secara digital. Modulasi secara analog dapat berupa modulasi amplitudo, modulasi frekuensi, dan modulasi fase. Sedangkan untuk modulasi secara digital dapat berupa *amplitude shift keying modulation*, *frequency shift keying modulation*, dan *phase shift keying modulation* (Watson, B., 2001).

### Terminologi Transmisi

Kesuksesan transmisi data tergantung pada dua faktor, yaitu: mutu sinyal yang ditransmisikan dan karakteristik media transmisi (Stallings, 2001).

Media transmisi dapat digolongkan menjadi 2 bagian, yaitu:

1. Media terpandu (*guided*): di mana gelombang dikendalikan sepanjang jalur fisik, contoh: *twisted pair*, kabel *coaxial*, dan fiber optik.
2. Media tak terpandu (*unguided*): menyediakan alat untuk mentransmisikan gelombang elektromagnetik namun tidak mengendalikannya.

Sedangkan model transmisi gelombang dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

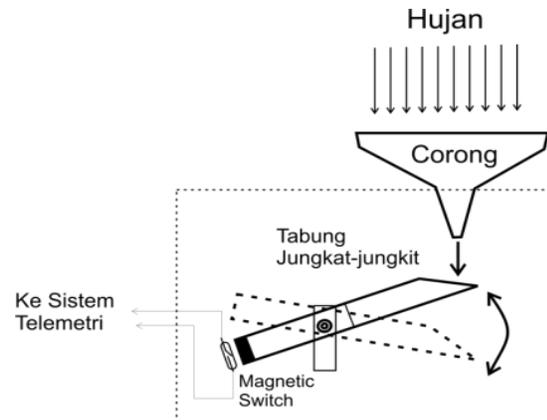
1. *Simplex*: sinyal ditransmisikan hanya pada satu arah.
2. *Half-duplex*: kedua stasiun dapat mentransmisikan, namun hanya satu stasiun pada saat yang sama (bergantian).
3. *Full-duplex*: kedua stasiun dapat mentransmisikan secara bersamaan.

#### 4. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Percobaan, pengujian, dan pengambilan data dilakukan pada kondisi *sample* dalam keadaan aktif, atau sedang bekerja secara normal pada suatu sistem.

#### Rancang Bangun Sistem

Transduser pada sistem yang dirancang bangun pada penelitian ini, dibuat berdasarkan cara kerja hiasan taman Jepang Jungkat-jungkit yang biasanya dibuat dari bambu. Pada alat ini, dibuat semacam jungkat-jungkit yang terbuat dari pipa pralon dengan volume jungkat 60 ml. Pada Gambar 3 tampak diagram skematik transduser yang dipakai pada sistem telemetri ini. Ujung kanan jungkat-jungkit dipotong miring untuk menangkap air hujan yang dialirkan melalui corong. Sedangkan ujung jungkat-jungkit yang lain diberi beban dan dipasang magnet. Apabila air hujan penuh diujung pipa pralon maka ujung kanan akan bergerak turun sambil membuang air, sedangkan ujung kiri pipa pralon bergerak naik melewati *magnetic switch* dan *switch* menjadi terhubung (logika "on"). Kabel yang menghubungkan *magnetic switch* dengan sistem pencacah pada rangkaian sitem akan memberi logika "on" dan "off" untuk penghitungan cacah per menit (CPM).

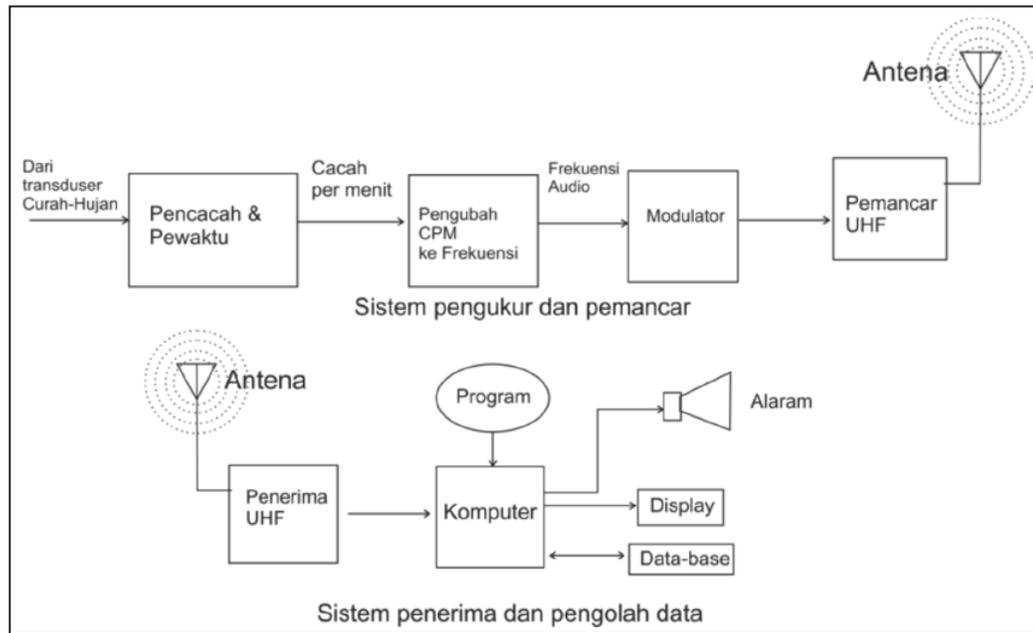


**Gambar 3.** Diagram Skematik transduser pengukur curah hujan

Pada Gambar 4 tampak diagram blok sistem pengukur curah hujan jarak jauh yang dikembangkan pada penelitian ini. Rangkaian pencacah dan pewaktu berperan mengubah masukan dari transduser menjadi informasi cacah per menit (CPM), selanjutnya oleh unit berikutnya diubah menjadi frekuensi audio. Pada output unit pengubah CPM ke frekuensi audio ini, diperoleh sinyal dengan frekuensi yang sesuai dengan besarnya CPM. Semakin besar CPM semakin tinggi nada yang dihasilkan. Pada tahap selanjutnya, frekuensi audio tersebut dimodulasikan dan dipancarkan oleh pesawat pemancar UHF (*Ultra High Frequency*).

Pada dasarnya sistem pengiriman data yang dirancang bangun pada penelitian ini dibuat sederhana, yakni berupa informasi analog berupa frekuensi audio, dengan tujuan agar masyarakat umum yang memiliki HT (*Handy Transceiver*) dapat mendengarkan dan menafsirkan sendiri besarnya curah hujan di merapi berdasarkan tinggi rendahnya nada suara yang dipancarkan. Sedangkan untuk keperluan yang lebih kuantitatif, dapat dipantau dan diukur frekuensi yang diterima, untuk selanjutnya dilakukan dengan proses komputasi sederhana dapat diperoleh kembali informasi besarnya curah hujan saat itu.

Hal yang membedakan sistem pengukur curah hujan ini dibandingkan dengan alat pengukur curah hujan lainnya adalah sistem ini dilengkapi dengan sistem telemetri *real time* yang mampu mengirimkan informasi analog berupa frekuensi audio yang tingkat frekuensi audionya bervariasi sesuai dengan level curah hujan yang diterima.



**Gambar 4.** Blok diagram sistem telemetri untuk pengukuran curah hujan jarak-jauh



**Gambar 5.** Foto alat pengukur curah hujan

**Tabel 1.** Data hasil ujicoba pengukuran curah hujan yang diterima pada stasiun pusat

Intensitas Hujan tiap	F (Hz)	$\Delta t$ (det)
60ml/10detik= 6ml/det (1 ketuk)		645
120ml/10detik=12ml/det (2 ketuk)	1.098	0,0094
180ml/10detik=18ml/det (3 ketuk)	1.399	0,0072
240ml/10detik=24ml/det (4 ketuk)	1.593	0,0032
300ml/10detik=30ml/det (5 ketuk)	2.196	0,0021
360ml/10detik=36ml/det (6 ketuk)	2.433	0,0019
420ml/10detik=42ml/det (7 ketuk)	2.519	0,0018
480ml/10detik=48ml/det (8 ketuk)	2756	0,0016
540ml/10detik=54ml/det (9 ketuk)	2.993	0,0015

### Pengukuran dan Ujicoba

Pengukuran dan ujicoba dengan melakukan pengukuran volume air hujan yang tertampung (60 ml) dalam periode waktu 10 detik. Intensitas curah hujan dalam 10 detik tersebut dikonversikan menjadi frekuensi (bunyi) dengan waktu *delay* tertentu (Lihat pada Tabel 1).

Hasil pengukuran menunjukkan adanya perbedaan frekuensi bunyi dan waktu tunda yang dihasilkan setiap perbedaan intensitas curah hujan. Apabila curah hujan meningkat dalam 10 detiknya maka frekuensi bunyi yang dihasilkan juga semakin tinggi dan waktu tunda semakin cepat.

### 5. Kesimpulan

Pada penelitian ini berhasil dikembangkan rancang bangun pemantauan langsung curah hujan dengan karakteristik sistem sebagai berikut;

1. Karakteristik dari sistem komunikasi data sistem ini adalah pengiriman data secara serial asinkron, dengan media transmisi udara, menggunakan piranti HT (*handy-transceiver*) pada frekuensi VHF 144,100 MHz dan UHF 431,125 MHz) dengan arah transmisi *simplex*.
2. Diterapkan perbedaan frekuensi bunyi dan waktu tunda yang dihasilkan setiap perbedaan intensitas curah hujan agar penduduk dapat mendengarkan dan membedakan. Apabila curah hujan meningkat dalam 10 detiknya maka frekuensi bunyi yang dihasilkan juga semakin tinggi dan waktu tunda semakin cepat.
3. Data curah hujan perubahan 60 ml dalam 10 detik dikirimkan dalam variasi bunyi frekuensi

si dimulai dari frekuensi 645 Hz dengan waktu tunda 0,0168 detik hingga 2.993 Hz dengan waktu tunda 0,0015 detik

### 6. Saran

Perlu pengintegrasian dengan sistem pemantau yang telah ada agar diperoleh nilai yang lebih akurat dan terintegrasi.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ORARI DIY yang telah mendukung penelitian ini dan memberikan alokasi frekuensi. Juga kepada Jurusan Teknik Fisika UGM yang memfasilitasi proses penelitian dan kepada Rony, Winarno, Uun, Johan, Anggi, Andi, Memory dan rekan peneliti lainnya yang telah membantu penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- [http://bmkgo.go.id/BMKG\\_Pusat/Sarana\\_Teknis/Instrumentasi/](http://bmkgo.go.id/BMKG_Pusat/Sarana_Teknis/Instrumentasi/)
- Schwartz, M., 1990, *Information Transmission, Modulation, and Noise*, 4/e, McGraw- Hill, New York.
- Stallings, W., 2001, *Komunikasi Data Dan Komputer*, Salemba Teknika, Jakarta
- Sunarno, 2007, Sistem Pemantauan Aktivitas Seismik Gunung Merapi, Media Teknik, UGM, No. 1 Th XXVIII ISSN 0216-3012.
- Watson, B., 2001, *FSK: Signal And Demodulation*, WJ Communications, Inc, New York.