



RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAU CURAH HUJAN SECARA REAL TIME MENGGUNAKAN SENSOR KECEPATAN ALIRAN FLUIDA DENGAN EFEK HALL

Farzand Abdullatif¹, Hartono¹, Niko Siameya Uletika²

¹Prodi Fisika MIPA Fakultas Sains dan Teknik Unsoed; ²Prodi Teknik Industri Teknik Fakultas Sains dan Teknik Unsoed;

Email : farzand@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang rancang bangun sistem pemantau curah hujan menggunakan sensor aliran air dengan efek Hall. Penelitian dimaksudkan untuk membuat sebuah sistem yang dapat memantau curah hujan secara real time. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Penelitian diawali dengan membuat sensor aliran fluida dengan konsep efek Hall. Sensor yang telah dibuat diintegrasikan dengan komputer menggunakan interface DAQ NI USB 6009. Guna keperluan akuisisi data diperlukan pemrograman yang dilakukan menggunakan software LabView 7.1. Sensor yang telah diintegrasikan dengan komputer yang telah terprogram menghasilkan sebuah sistem yang mampu mendeteksi curah hujan. Hasil karakterisasi yang dilakukan terhadap sensor menunjukkan sensor aliran air dengan efek Hall sudah berhasil menunjukkan respon berupa tegangan. Namun demikian karakterisasi terhadap waktu respon dan kestabilan masih kurang responsif dan kurang sensitif.

Kata kunci: Pemantau curah hujan, Sensor aliran fluida, Efek Hall, karakterisasi

ABSTRACT

A research on design and engineering of rain intensity monitoring system using the Hall Effect sensor had been carried out. It was aimed at obtaining a system that is capable of performing real-time monitoring on rain intensity. The research method has been experimental in nature. The research began by construction of a fluid flow sensor on the basis of the Hall Effect. The sensor is integrated with a computer using DAQ NI USB 6009 interface. In performing data acquisition a programming routine with LabView 7.1 has been composed. The integration of sensor is with a programmed computer provides a system which is capable of detecting rainfall intensity. The characterization result on the sensor shows that the Hall effect flow sensor has been able to show voltage responses. However, the result shows that the response time and stability is not very responsive and sensitive.

Keyword: Rain Intensity monitoring, fluid flow sensor, Hall Effect

PENDAHULUAN

Sistem pemantauan curah hujan secara manual masih ditemukan banyak kekurangan. Informasinya tidak dapat dengan cepat diakses oleh masyarakat. Keterlambatan informasi juga bisa menjadi pemicu jatuhnya korban. Salah satu solusi dari hal tersebut adalah dengan membuat suatu sistem yang dapat melakukan pemantauan secara *real time*, sehingga data pengamatan dapat lebih mudah didistribusikan dan informasi lebih cepat tersampaikan. Sistem *online* alat pengukur curah hujan pernah dibuat oleh LIPI dengan menggunakan sensor *tipping bucket* model jungkat jungkit (Erwin IM, 2003). Sementara Profesor Sunarno dari Teknik Fisika UGM pernah mengembangkan sensor curah hujan menggunakan teknik suara. Beberapa penelitian terkait dengan sistem monitoring curah hujan terintegrasi juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti, Tokay, Ali, David B. Wolff, Katherine R. Wolff, Paul Bashor, tahun 2003 dan Wang, Jianxin, David B. Wolff, tahun 2010.



Pemantauan curah hujan yang kontinu merupakan salah satu faktor untuk menekan datangnya suatu musibah. Pada kesempatan ini peneliti akan membuat suatu sistem yang mampu memantau curah hujan secara *real time*. Dengan dibuatnya sensor-sensor yang dapat merespon fenomena alam secara real time diharapkan ke depan akan dapat direalisasikan sistem telemetri terpadu yang mampu memantau beberapa fenomena alam sekaligus. Seiring dengan perkembangan teknologi hal ini juga dapat dikembangkan menjadi sistem *on-line*, sehingga semua orang dapat mengakses data setiap saat

Salah satu sifat yang dimiliki oleh air sebagai fluida adalah mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah karena adanya gaya gravitasi. Semakin banyak jumlah air yang mengalir maka akan semakin besar kecepatan alirannya. Medan magnet yang diinduksikan pada aliran air akan menyebabkan air tersebut bermuatan. Aliran air yang bermuatan akan menimbulkan arus listrik pada elektroda yang dipasang secara tegak lurus dengan arah medan magnet. Kecepatan aliran air bermuatan akan berbanding lurus dengan arus listrik yang ditimbulkan.

Hukum kontinuitas adalah hukum yang menyatakan kekekalan volume air yang mengalir di dalam sebuah saluran. Hukum ini merupakan konsekuensi dari hukum kekekalan massa (Young dan Freedman, 2003). Aliran fluida dapat merupakan aliran tunak (*steady*) dan taktunak (*non-steady*). Bila kecepatan aliran fluida v di setiap titik konstan dalam selang waktu tertentu, maka aliran fluida tersebut dikatakan aliran tunak. Di dalam aliran taktunak, kecepatan aliran v adalah sebuah fungsi dari waktu. Kuantitas zat cair yang mengalir melalui tampang lintang aliran tiap satuan waktu disebut debit aliran Q . Debit aliran dinyatakan dalam volume zat cair setiap satuan waktu, sehingga debit aliran dapat dituliskan sebagai:

$$Q = \frac{V}{t}, \quad (1)$$

dengan Q adalah debit aliran fluida, V adalah volume fluida, t adalah waktu. Persamaan (2.1) dapat dinyatakan dalam fungsi kecepatan aliran fluida sebagai berikut (Halliday dan Resnick, 1984) :

$$Q = A \cdot v, \quad (2)$$

dengan v adalah kecepatan aliran fluida dan A adalah luas penampang pipa.

Apabila sejumlah muatan mengalir di antara dua buah elektroda, gaya Lorentz akan menyebabkan muatan berkumpul di salah satu elektroda sehingga ada perbedaan jumlah muatan di antara kedua elektroda. Perbedaan jumlah muatan itu akan mengakibatkan munculnya ggl di antara elektroda tersebut. Fenomena seperti ini disebut efek Hall. Ggl yang dihasilkan oleh kedua elektroda tersebut disebut dengan ggl Hall (Young, 2003).

METODE ANALISIS

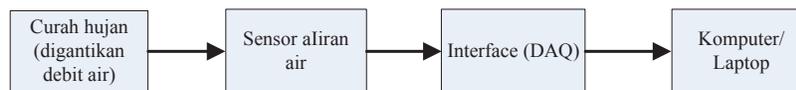
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan dilakukan di Laboratorium Elektronika Instrumentasi dan Geofisika Program Studi Fisika MIPA Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto. Penelitian dilakukan melalui tiga tahap, yaitu: tahap rancangan dan pembuatan sensor, tahap pemrograman dan terakhir tahap karakterisasi sensor.

Sensor aliran air dibuat menggunakan sebuah selang berdiameter 5 mm dan dipasang elektroda karbon secara berhadapan. Pada bagian luar selang dipasang magnet permanen secara tegak lurus terhadap elektroda. Program untuk melakukan akuisisi data dibuat menggunakan *software* labview 7.1. Program yang dibuat akan menampilkan respon sensor terhadap getaran dalam bentuk grafis, pembacaan intensitas curah hujan dalam bentuk numerik. Data pengukuran dapat disimpan sesuai dengan kebutuhan setiap waktu. Supaya sensor dapat diintegrasikan dengan komputer maka dibutuhkan sebuah *interface*, yang dalam penelitian ini menggunakan DAQ NI USB6009. *Interface* berfungsi untuk mengubah sinyal analog keluaran sensor menjadi sinyal digital (Seippel, 1988).

Tahapan terakhir dalam penelitian adalah karakterisasi sensor yang meliputi kalibrasi, kestabilan dan waktu respon sensor. Kalibrasi sensor dilakukan terhadap perubahan debit air



sebagai pengganti curah hujan. Kalibrasi sensor dilakukan dengan cara memvariasi debit air dari minimum sampai maksimum sehingga akan diperoleh variasi tegangan keluaran sensor. Data variasi ini diolah sampai diperoleh suatu persamaan kalibrasi yang menyatakan hubungan tegangan sensor dengan debit aliran air yang identik dengan nilai curah hujan. Uji kestabilan diperlukan untuk menentukan tingkat kestabilan sensor dalam mendeteksi satu nilai tertentu. Kestabilan sensor diuji dengan cara melakukan pengukuran aliran air pada debit yang tetap selama waktu tertentu. Waktu respon menyatakan kecepatan sensor dalam mendeteksi perubahan parameter masukan. Pengujian waktu respon sensor dilakukan dengan cara memberikan perubahan debit air secara spontan dan membaca waktu respon sensor pada tampilan *front panel* program. Waktu respon diperoleh dari waktu yang diperlukan untuk berubah dari keadaan awal hingga 90% keadaan akhir. Diagram blok sistem pemantau curah hujan dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram blok sistem pemantau curah hujan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini adalah sebuah sistem yang dapat memantau nilai curah hujan atau intensitas hujan secara langsung pada layar monitor komputer. Pemantauan juga dapat dilakukan secara terus menerus. Salah satu komponen utama dari sistem pemantau curah hujan ini adalah sensor aliran air. Sensor aliran air akan mendeteksi setiap perubahan debit air yang melewati sensor ini. Sensor bekerja berdasarkan konsep efek Hall. Sinyal keluaran sensor akan diproses lebih lanjut pada komputer dengan bantuan sebuah *interface* dan *software* sebagai sarana komunikasi antara sensor dengan komputer.

Sensor dibuat berdasarkan rancangan yang telah dipaparkan pada bagian metode penelitian. Sensor yang bekerja berdasarkan efek Hall ini dibuat menggunakan sebuah pipa yang mempunyai diameter bagian dalam 5 mm. Pada pipa tersebut dipasang elektroda secara berhadapan. Elektroda dibuat dari batang karbon yang berdiameter 1,5 mm. Elektroda ini berfungsi untuk menangkap adanya ggl Hall yang terjadi setiap terjadi perubahan aliran air. Pipa yang telah terpasang elektroda diapit secara tegak lurus oleh dua buah magnet permanen. Magnet permanen yang digunakan berdiameter 25 mm dan panjangnya 25 mm. Magnet permanen masing-masing mempunyai kekuatan medan magnet sebesar 300 mT. Sensor aliran fluida (air) yang telah dibuat seperti terlihat pada **Gambar 2**. Sensor yang telah dibuat dikemas dalam sebuah kotak tahan air sehingga membentuk sebuah perangkat penangkap curah hujan. Perangkat pengukur curah hujan terlihat pada **Gambar 3**.



Gambar 2. Sensor aliran fluida



Gambar 3. Perangkat pengukur curah hujan

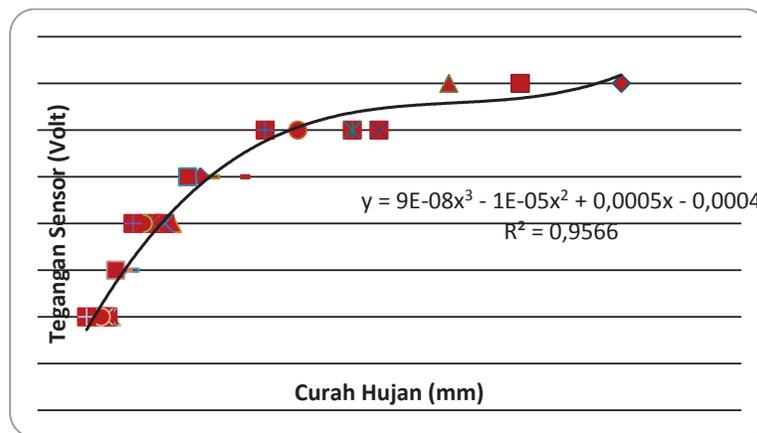


Perangkat curah hujan ini selanjutnya diintegrasikan dengan komputer untuk keperluan akuisisi data, seperti terlihat pada **Gambar 4**. Sensor dan komputer dihubungkan dengan menggunakan *interface* DAQ NI USB 6009.



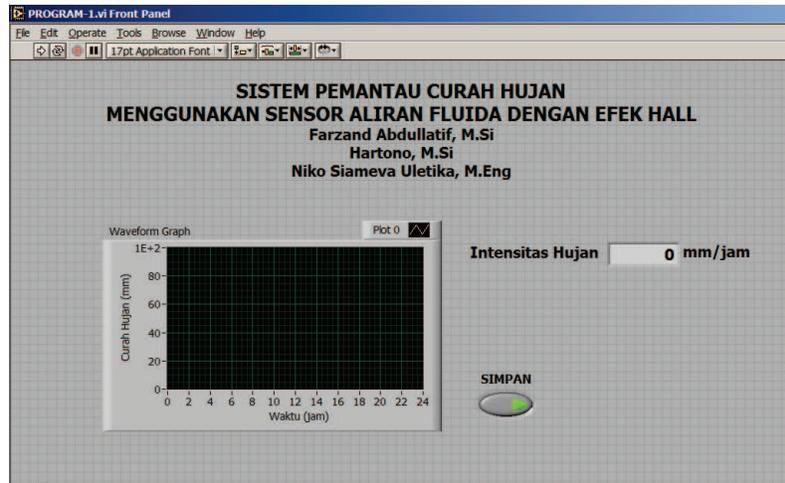
Gambar 4. Sistem pemantau curah hujan

Pengujian sensor dilakukan dengan cara mengalirkan air sebagai pengganti curah hujan dan melihat adanya respon sensor. Sensor yang telah dibuat berhasil memberikan respon terhadap adanya aliran fluida, namun demikian respon sensor sangat lambat. Hal ini terlihat ketika aliran fluida diubah, sensor tidak langsung merespon perubahan tersebut. Berdasarkan data hasil pengujian respon sensor selanjutnya dibuat fungsi transfer dengan menggunakan *microsoft excel*. Fungsi transfer yang diperoleh untuk sensor aliran fluida dengan efek Hall ini menunjukkan fungsi polinomial orde 3, seperti dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Garfik fungsi transfer sensor aliran fluida dengan efek Hall

Guna mendukung pengolahan data tersebut diperlukan sebuah perintah kepada komputer untuk mengolah dan menampilkan hasil pembacaan dalam bentuk nilai curah hujan. Selain itu juga supaya data dapat tersimpan secara periodik. Perintah ini dituangkan dalam sebuah program yang dibuat menggunakan *software* LabView 7.1. Program yang dibuat akan menghasilkan tampilan pada monitor sebagai *front panel* seperti terlihat pada **Gambar 6**. Pada *front panel* memperlihatkan adanya grafik respon sensor terhadap perubahan debit aliran air sebagai fungsi waktu. Selain tampilan grafis juga ditampilkan nilai intensitas curah hujan dalam bentuk numerik. Dalam program ini juga dilengkapi dengan tombol penyimpanan data yang dapat digunakan untuk merekam data selama pengukuran.

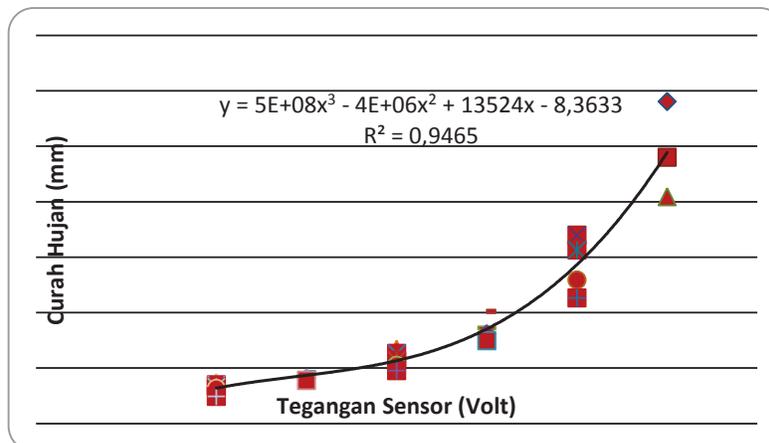


Gambar 6. Tampilan front panel sistem pemantau curah hujan

Karakterisasi dilakukan terhadap sensor guna mendapatkan kalibrasi sensor, waktu respon sensor dan kestabilan sensor dalam merespon perubahan debit air. Fungsi transfer yang telah dibuat diubah menjadi sebuah fungsi kalibrasi agar komputer dapat menampilkan hasil pembacaan nilai curah hujan. Adapun grafik fungsi kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 7. Fungsi kalibrasi yang diperoleh menunjukkan persamaan polinomial orde 3 sebagai berikut:

$$CH = 5E+08V^3 - 4E+06V^2 + 13524V - 8,3633$$

dengan CH adalah Curah Hujan dan V adalah tegangan keluaran sensor, dengan Koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9465.



Gambar 7. Fungsi kalibrasi sensor aliran fluida dengan efek Hall

Kestabilan sensor menunjukkan tingkat kestabilan suatu sensor dalam hal merespon rangsangan yang diterima untuk satu nilai tertentu. Pengujian kestabilan sensor dilakukan pada nilai curah hujan sebesar 20,22 mm selama 30 menit, menunjukkan nilai yang tetap. Namun demikian, peneliti belum dapat mengatakan sensor stabil karena respon sensor sendiri sangat lambat. Waktu respon sensor menyatakan kecepatan suatu sensor dalam merubah rangsangan fisis yang diterima menjadi sinyal keluaran sensor, dalam hal ini tegangan. Sensor dikatakan baik apabila mempunyai waktu yang sangat singkat dalam merespon rangsangan yang diterima. Pengujian waktu respon sensor aliran fluida dilakukan dengan cara merubah debit aliran air (yang dapat diartikan sebagai perubahan curah hujan) secara spontan pada sensor yang semula dalam keadaan tetap. Berdasarkan pengujian, respon sensor terhadap perubahan debit air sangat lambat. Sensor baru dapat berubah setelah lebih dari 5 menit dari perubahan debit aliran fluida.



Pengujian sistem pemantau curah hujan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem belum dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Fungsi transfer dan fungsi kalibrasi menunjukkan bahwa sensor kurang sensitif terhadap perubahan debit aliran air. Hal ini terlihat pada beberapa nilai debit aliran air yang berbeda masih terlihat tegangan keluaran sensor yang tetap. Pada pengujian waktu respon sensor juga menunjukkan sensor kurang responsif dalam merespon perubahan debit air. Karena sensor yang kurang responsif maka sensor justru stabil pada satu nilai tertentu. Hal ini menyulitkan dalam menentukan kestabilan sensor.

KESIMPULAN

1. Sensor curah hujan yang menggunakan konsep efek Hall telah berhasil dibuat menggunakan selang berdiameter 5 mm yang terpasang elektroda karbon dan diinduksi dengan magnet permanen 300 mT.
2. Karakterisasi terhadap fungsi transfer dan fungsi kalibrasi menghasilkan fungsi polinomial orde 3. Sementara karakterisasi terhadap waktu respon dan kestabilan, sensor kurang responsif dan kurang stabil.
3. Sensor aliran fluida berhasil diintegrasikan dengan komputer yang telah terprogram menggunakan *software* LabView 7.1 dan sarana *interface* DAQ NI USB6009 sehingga menghasilkan sistem pemantau curah hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Erwin IM, 2003, Pusat Penelitian Informatika LIPI, Bandung.
- Fulton, Richard A., 1999: Sensitivity of WSR-88D Rainfall Estimates to the Rain-Rate Threshold and Rain Gauge Adjustment: A Flash Flood Case Study. *Wea. Forecasting*, **14**, 604–624.
- Halliday dan Resnick, 1984, *Fisika Jilid 2*, Erlangga, Jakarta.
- Raharja NM, Iswanto, 2010, Simposium Nasional RAPI IX, ISSN 1412 – 9612.
- Ramsden, Edward. 2006. *Hall Effect Sensors: Theory and Application 2nd Ed.*, Elsevier, Oxford.
- Seippel, R. G., 1988, *Transducer Interfacing Signal Conditioning for Process Control*. New Jersey.
- Tippler, Paul A. 1991. *Fisika Untuk Sains Dan Teknik*. Jakarta: Erlangga
- Tokay, Ali, David B. Wolff, Katherine R. Wolff, Paul Bashor, 2003: Rain Gauge and Disdrometer Measurements during the Keys Area Microphysics Project (KAMP). *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **20**, 1460–1477.
- Wang, Jianxin, David B. Wolff, 2010: Evaluation of TRMM Ground-Validation Radar-Rain Errors Using Rain Gauge Measurements. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **49**, 310–324.
- Young dan Freedman, 2003, *Fisika Universitas, Jilid 2*, Erlangga, Jakarta.