

# Pengukuran Ketinggian dan Aliran Air Sungai sebagai Deteksi Terjadinya Banjir Bandang

Husni Ihsudha<sup>1,a)</sup>, Achmad Zacky Fairuza<sup>1</sup>, M. Iqbal Rahmadhan P.<sup>1</sup>, Aji Insan Kamil<sup>1</sup>, Ismu Achmad Syarofi<sup>1</sup>, Maria Evita<sup>1</sup>, Mitra Djamal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi,  
Kelompok Keilmuan Fisika Teoretik Energi Tinggi dan Instrumentasi,  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,  
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

<sup>a)</sup> husnihsudha@yahoo.co.id (corresponding author)

## Abstrak

*Banjir bandang yang terjadi di area pariwisata air terjun telah menjadi bencana yang merenggut korban jiwa. Salah satu contoh tempat pariwisata yang mengalami hal tersebut adalah Air Terjun Dua Warna di Kecamatan Sibolangit, Sumatera Utara. Untuk mencegah terjadinya korban jiwa, perlu diadakan peringatan dini di lokasi pariwisata apabila terindikasi banjir bandang. Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan sistem peringatan dini berbasis sensor dan sistem komunikasi. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor ketinggian dan sensor aliran yang dipasang pada sungai sebelum air terjun. Dari sensor tersebut akan didapatkan data berupa ketinggian permukaan sungai dan aliran air sungai yang kemudian diinterpretasikan oleh Arduino UNO. Data tersebut dikirimkan melalui sistem komunikasi dengan frekuensi menuju penerima di dekat lokasi air terjun yang kemudian diolah untuk mengetahui apakah sudah melewati ambang batas dan dapat dikategorikan banjir bandang. Melalui model penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan pada situs-situs pariwisata terutama pariwisata air terjun untuk membantu pendeteksian terjadinya bencana banjir bandang.*

*Kata-kata kunci: Arduino UNO, Banjir Bandang, Komunikasi Radio, Sensor Aliran, Sensor Ketinggian.*

## PENDAHULUAN

Banjir bandang yang terjadi di area pariwisata air terjun telah menjadi bencana yang merenggut korban jiwa. Salah satu contoh tempat pariwisata yang mengalami hal tersebut adalah Air Terjun Dua Warna di Kecamatan Sibolangit, Sumatera Utara<sup>[1]</sup>. Untuk mencegah terjadinya korban jiwa, perlu diadakan peringatan dini di lokasi pariwisata apabila terindikasi banjir bandang.

Tujuan dari penelitian ini adalah dibuatnya sebuah sistem peringatan dini di daerah pariwisata air terjun dengan mengukur ketinggian permukaan sungai dan kecepatan alirannya. Sebelumnya telah dilakukan penelitian-penelitian serupa, yakni *level monitoring* terhadap kecepatan aliran air terjun<sup>[2]</sup>, deteksi banjir menggunakan *network* dan notifikasi SMS<sup>[3]</sup>, deteksi banjir bandang menggunakan sensor ultrasonik dan *infrared*<sup>[4]</sup>, dan deteksi anomali data untuk prediksi banjir bandang pada bendungan<sup>[5]</sup>. Untuk penelitian yang pertama, telah dilakukan eksperimen untuk mengukur kecepatan air dan ketinggian air dari skala laboratorium. Sensor yang digunakan pada eksperimen ini adalah sensor ketinggian tipe kontak dan sensor kecepatan aliran Saier SENHZ21WA. Hasil yang diperoleh menunjukkan korelasi matriks sebesar 0,073 yang berarti kedua besaran saling bebas.

Pada penelitian kedua masih menggunakan sensor ketinggian air. Penelitian ini lebih berfokus pada bagaimana merancang *early warning system* (EWS) yang dapat menjangkau orang-orang di daerah tertentu sebelum terjadinya banjir. Pertama dilakukan deteksi banjir dengan sensor ketinggian, data tersebut kemudian dikomunikasikan menggunakan SMS via modem GSM. Sistem ini juga dapat mengirimkan data ke pusat kontrol banjir.

Pada penelitian ketiga yang disebutkan di atas merupakan usaha untuk membuat sensor banjir khusus pada daerah perkotaan yang diasumsikan memiliki kepadatan penduduk. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor ultrasonik pengukur ketinggian dan sensor PIR untuk temperatur. Data yang diperoleh digunakan untuk proses pembelajaran *Artificial Neural Network* yang nantinya akan memprediksi ketinggian air. Penelitian dilakukan selama 6 bulan dan menghasilkan galat prediksi kurang dari 2 cm. Dengan mengetahui temperatur wilayah, maka dapat diketahui kepadatan di tempat-tempat tertentu sehingga bisa memberikan rekomendasi evakuasi agar dapat dilakukan dengan efektif.

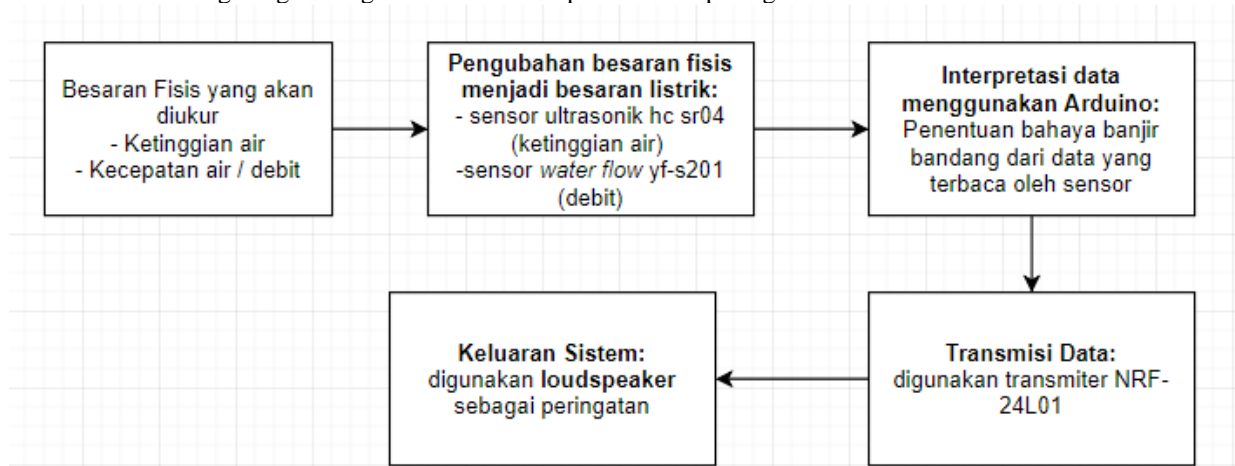
Terakhir, pada penelitian keempat seperti pada penelitian ketiga yang memanfaatkan *machine learning* untuk deteksi banjir, namun penelitian ini lebih berfokus pada prediksi kemungkinan banjir yang diakibatkan kegagalan pada bendungan, dam, atau tanggul. Data yang diterima diolah dan dipelajari oleh mesin sehingga apabila terdapat anomali pada data *real time*, mesin dapat memberikan rekomendasi keputusan terhadap keadaan darurat tersebut. Selain penelitian yang telah disebutkan dan dijelaskan di atas, terdapat beberapa penelitian lain yang juga berfokus pada *monitoring* atau pendeteksian banjir [6][7].

Pada penelitian ini, sistem dikhususkan untuk mendeteksi dini peristiwa banjir bandang yang sering sekali terjadi di Indonesia. Pengukuran parameter menggunakan modul sensor yang secara langsung memberikan nilai parameter yang diukur. Pengiriman deteksi menggunakan sistem telemetri radio sehingga tidak membutuhkan jaringan internet serta dapat terintegrasi dengan *receiver* yang memberikan pemberitahuan secara *real time*.

## DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

### Diagram Alur Sistem

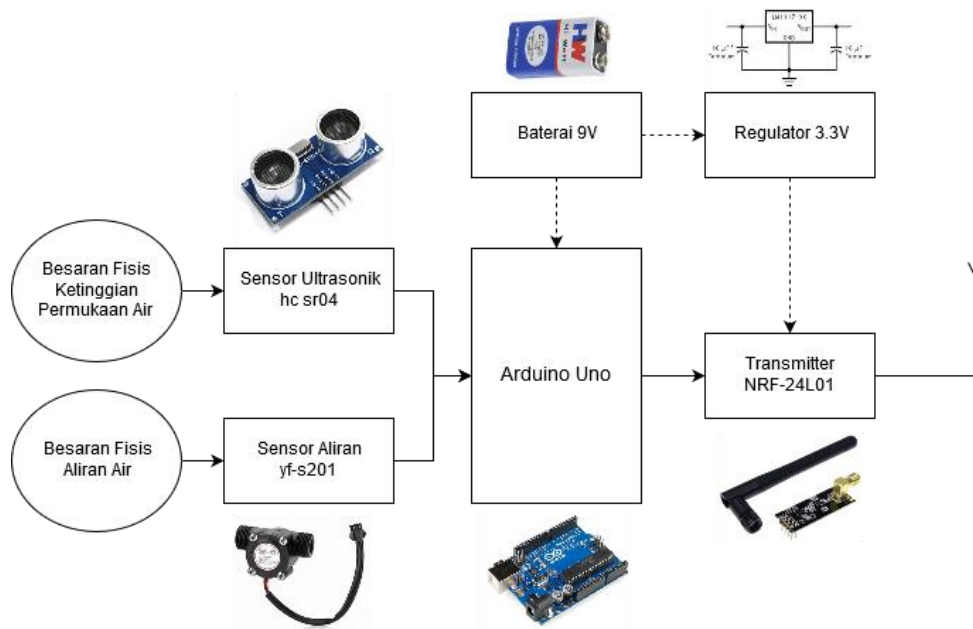
Sistem dirancang dengan diagram alur sistem seperti terlihat pada gambar berikut.



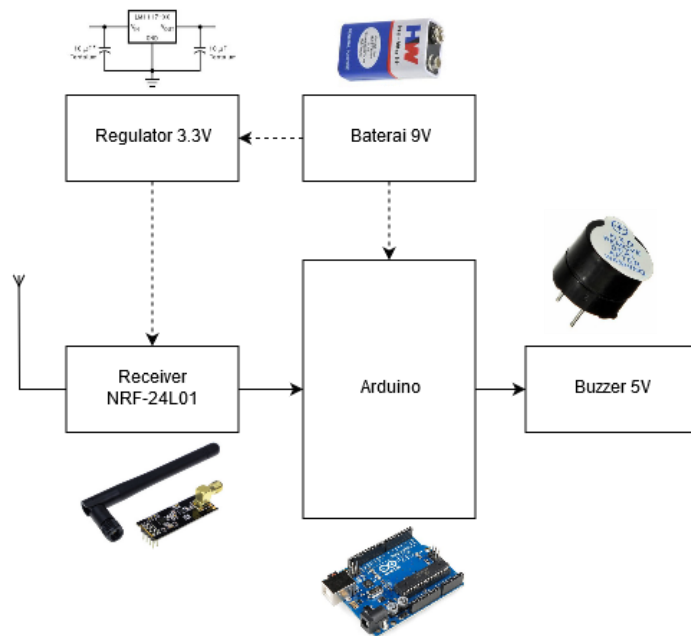
Gambar 1 . Diagram alur sistem

Dilakukan pengukuran besaran fisis menggunakan sensor-sensor yang sesuai dengan kebutuhan, seperti tertera pada diagram alur. Keluaran dari sensor-sensor yang digunakan berupa data “HIGH” dan “LOW” sehingga dapat langsung dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino UNO untuk dilakukan interpretasi data pengukuran. Data hasil interpretasi tersebut selanjutnya ditransmisikan menggunakan *transmitter* NRF-24L01 menuju sistem penerima sinyal dan diteruskan menuju keluaran sistem berupa *loudspeaker*.

Berdasarkan diagram alur sistem yang telah dirancang, maka diimplementasikan pada sistem *hardware* seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut yang terbagi menjadi blok *transmitter* dan blok *receiver*.



Gambar 2 . Diagram alur *hardware* untuk blok *transmitter*



Gambar 3 . Diagram alur *hardware* untuk blok *receiver*

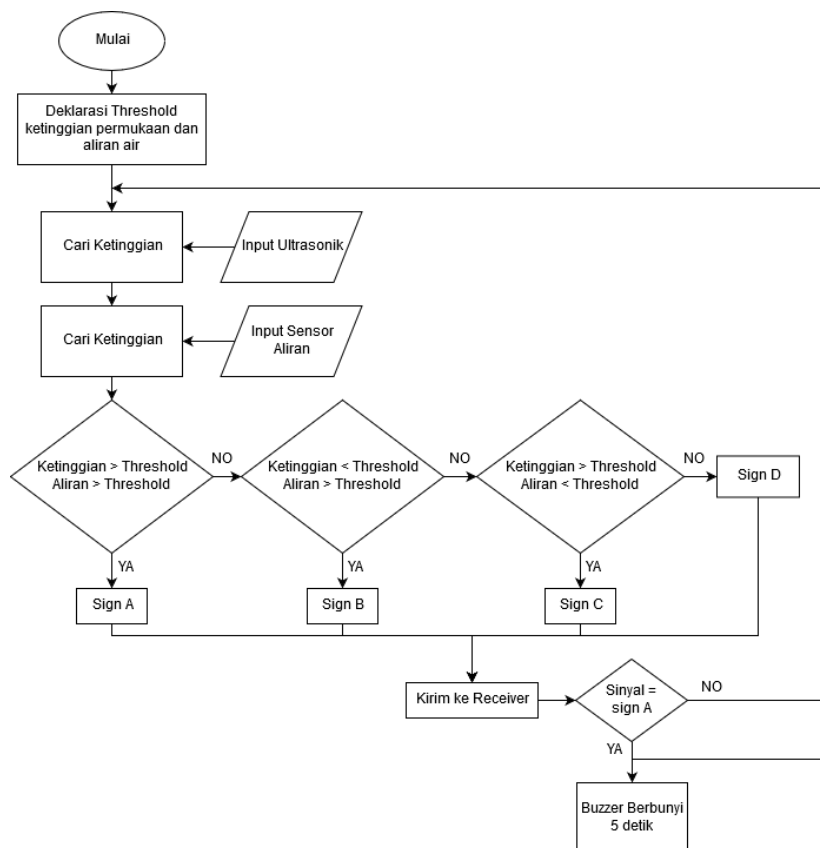
Perangkat blok *transmitter* tersusun atas sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pengukur ketinggian air sungai, sensor aliran YF-S201 sebagai pengukur kecepatan aliran air sungai, Arduino UNO sebagai penginterpretasi data, *transmitter* NRF-24L01 untuk transmisi data menuju penerima, baterai dan regulator tegangan 3,3V sebagai penyuplai daya untuk Arduino UNO dan *transmitter*. Perangkat blok *receiver* tersusun atas *receiver* NRF-24L01 sebagai penerima sinyal dari *transmitter*, Arduino UNO, *buzzer* sebagai keluaran sistem, baterai dan regulator tegangan 3,3V sebagai penyuplai daya untuk Arduino UNO dan *receiver*.

Sedangkan untuk alur *software* yang diunggah ke Arduino dirancang dengan iterasi pembacaan masukkan dari sensor ultrasonik maupun sensor aliran kemudian diinterpretasikan menjadi status A, B, C, dan D untuk dikirimkan ke *receiver*. Status A, B, C, dan D dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Tabel kategori status sungai

Ketinggian air	Kecepatan aliran	Status	Keterangan
Di bawah ambang	Di bawah ambang	D	Status air sungai normal
Di atas ambang	Di bawah ambang	C	Kemungkinan terjadi sumbatan pada aliran sungai sehingga aliran sungai tertahan
Di bawah ambang	Di atas ambang	B	Kemungkinan terjadi sedimentasi pada aliran sungai sehingga sungai menjadi dangkal
Di atas ambang	DI atas ambang	A	Status sungai bahaya

Data yang diinterpretasikan oleh Arduino UNO dikategorikan menjadi empat (4) macam status dari status bahaya hingga normal berdasarkan data ketinggian air dan kecepatan aliran yang didapatkan dengan keterangan seperti tertera pada Tabel 1. Ketika masing-masing ketinggian air dan kecepatan aliran berada di atas batas ambang yang ditetapkan, status dinyatakan dalam kategori A (bahaya) dan terjadi banjir bandang, dalam keadaan sebaliknya status sungai normal. Apabila kecepatan aliran berada di atas batas ambang dan ketinggian di bawah ambang, status dinyatakan dalam kategori B, hal tersebut dimungkinkan karena adanya pendangkalan sungai sehingga ketinggian terukur di bawah ambang dan perlu diperiksa lebih lanjut. Apabila kecepatan aliran di bawah ambang dan ketinggian di atas ambang batas, status dinyatakan dalam kategori C, hal tersebut kemungkinan disebabkan adanya sumbatan di sungai sehingga kecepatan aliran di bawah ambang dan perlu diperiksa lebih lanjut.

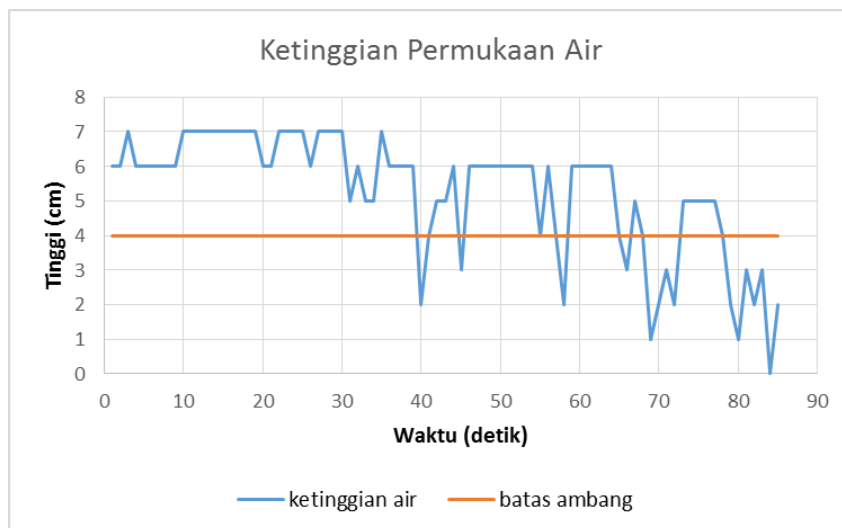


Gambar 4 . Diagram alur *software*

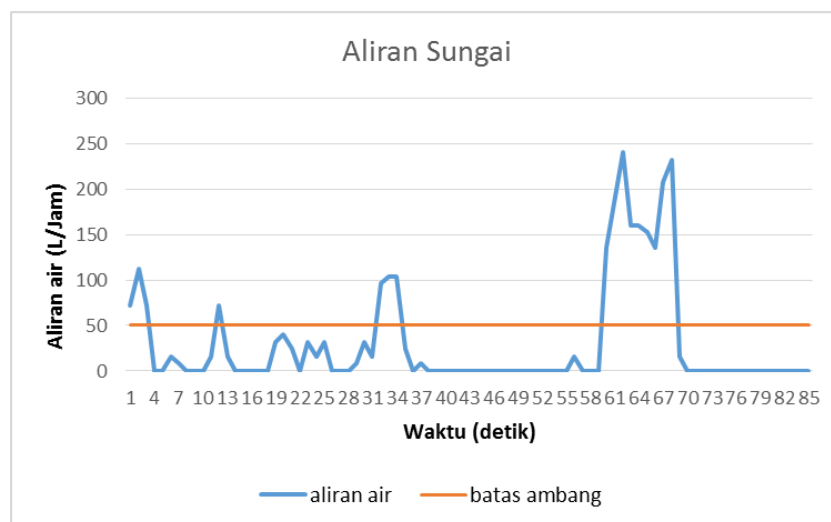
Dilakukan interpretasi data menggunakan Arduino UNO dengan membandingkan data hasil pengukuran ketinggian air dan kecepatan aliran sungai dengan nilai batas ambang yang telah ditetapkan sebelumnya. Pada model yang kami buat kali ini, sistem akan mengeluarkan bunyi peringatan selama lima (5) detik hanya jika status sungai hasil pengukuran berada dalam kategori A atau bahaya, hal tersebut terus berlangsung selama hasil pengukuran dalam kategori A, untuk status-status lainnya tidak dilakukan penindakan apapun oleh model yang telah dibuat.

## HASIL DAN DISKUSI

Sistem yang telah dibuat kemudian dilakukan simulasi pada model sungai yang dibuat. Model sungai berbentuk balok terbuka dengan dimensi panjang 100 cm, lebar 15 cm, dan ketinggian 15 cm. Saat simulasi dilakukan, model tersebut dimiringkan dengan kemiringan tertentu agar air dapat mengalir seperti sungai sebenarnya. Berdasarkan referensi, didapatkan ambang batas ketinggian air sungai (sebenarnya) adalah 80 cm<sup>[8]</sup> dan kecepatan aliran 2,7 m/s<sup>[9]</sup>. Pada simulasi ini kami menggunakan ambang batas ketinggian air sebesar 4 cm dan kecepatan aliran sebesar 50 L/jam. Model sungai dialiri air dengan bukaan sumber airnya divariasikan. Melalui simulasi ini didapatkan data seperti pada grafik berikut.

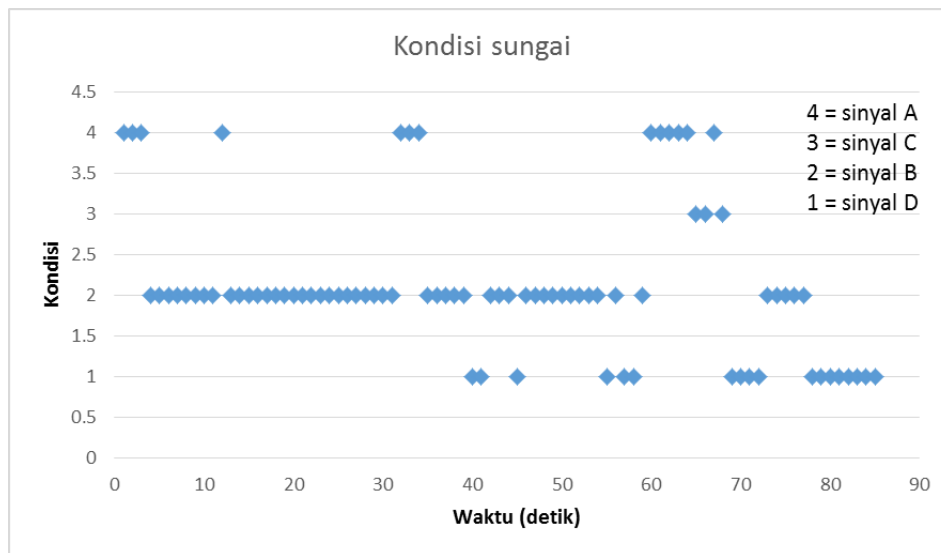


Gambar 5 . Hasil pembacaan sensor ketinggian permukaan air



Gambar 6 . Hasil pembacaan sensor aliran air

Pada gambar 5 dapat dilihat hasil berupa grafik antara ketinggian permukaan air terhadap waktu. Grafik ini menunjukkan variasi ketinggian permukaan air yang terukur dengan menggunakan sensor ultrasonik. Garis biru mewakili kondisi perubahan ketinggian permukaan air sedangkan garis orange menunjukkan batas ambang yang diatur pada program. Gambar 6 menggambarkan perubahan kecepatan aliran air terhadap waktu. Garis biru menunjukkan perubahan aliran yang terukur menggunakan sensor aliran YF-S201 dan garis orange menunjukkan batas ambang yang diatur pada program. Dari kedua grafik tersebut dapat dibuat plot titik kondisi yang terjadi untuk setiap aliran dan ketinggian permukaan yang didapatkan. Setiap level titik menunjukkan situasi sungai dan dapat digolongkan sesuai pada tabel 1. Plot titik yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 7 . Status keadaan sungai tiap waktu

Pada gambar 7 ditunjukkan data kondisi simulasi sungai yang direpresentasikan dengan angka 1,2,3 dan 4. Angka 4 menunjukkan kondisi sungai yang menghasilkan sinyal A di mana aliran dan ketinggian sungai di atas ambang. Angka 3 dan 2 menunjukkan sinyal C dan B yang mewakili kondisi sungai di mana salah satu dari ketinggian atau aliran sungai di atas ambang. Dan angka 1 menunjukkan kondisi sinyal D di mana kondisi sungai aman. Gambar 7 menunjukkan titik kondisi simulasi terhadap waktu yang merupakan kombinasi dari kondisi pada gambar 5 dan gambar 6.

Dari percobaan yang telah dilakukan diperoleh bahwa sistem bekerja sesuai apa yang dirancang. Saat diberikan tinggi air yang melebihi batas maka keluaran dari transmitter yaitu status C, kemudian saat diberikan kecepatan air yang melebihi batas maka keluaran dari transmitter yaitu status B dan jika keduanya terjadi maka akan memberikan status A serta menghidupkan *buzzer* yang ditempatkan pada jarak tertentu. Proses transmisi dalam simulasi ini mampu dilakukan hingga rentang 20 m dalam kondisi transmisi paling rendah dan terhalang beberapa benda (tembok).

Dalam penelitian ini masih ditemukan masalah yakni dalam pengkonversian besaran ambang batas pada simulasi dengan kondisi lapangan. Hal ini menuntut studi literatur dan pengambilan data lapangan (riil) jika dimungkinkan.

**KESIMPULAN**

Prototipe pendeteksi dini telah berhasil dibuat dan dijalankan sesuai kebutuhan dengan menggunakan *threshold* 4 cm dan 50L/jam dalam skala lab. Dapat dikategorikan 4 kondisi yang menyatakan parameter ketinggian dan aliran sungai terhadap *threshold* yaitu saat kedua parameter melebihi *threshold*, saat ketinggian saja yang melebihi, saat aliran saja yang melebihi dan saat kedua parameter di bawah ambang.

Sebagai saran untuk pengembangan selanjutnya perlu dilakukan percobaan di lapangan untuk memonitor kondisi sungai secara langsung, penambahan sistem kamera dapat meningkatkan akurasi dari adanya banjir bandang sekaligus memantau adanya material-material berat yang mungkin terbawa dari hulu sungai, dan sistem transmisi radio dapat digunakan sistem transmisi yang lebih jauh jangkauan sehingga pemantauan hulu

menjadi lebih terjamin dan lebih jauh sehingga mampu memberikan waktu yang lebih banyak bagi masyarakat untuk melakukan evakuasi

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam pengerjaan penelitian dan penulisan makalah ini khususnya kepada program studi Fisika ITB atas bantuan pendanaan dan segenap warga lab DSP atas sumbangsuhnya dalam memberikan bantuan tempat dan akomodasi serta teman-teman yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.

## REFERENSI

1. Erie Prasetyo, (2016) *Kronologi Banjir Bandang di Air Terjun Dua Warna Sibolangit*. <https://news.okezone.com/read/2016/05/16/340/1389430/kronologi-banjir-bandang-di-air-terjun-dua-warna-sibolangit>.
2. Salami Ifedapo Abdullahi et al 2017 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 260 012019
3. Mohamed Khalaf, Azizah Suliman, (2011) *Flood Detection using Sensor Network and Notification via SMS and Public Network*, UNITEN, Malaysia
4. Flash Flood Detection in Urban Cities Using Ultrasonic and Infrared Sensors 2016:1 IEEE Sensors Journal
5. Krzhizhanovskaya, V. V., Shirshov, G. S., Melnikova, N. B., Belleman, R. G., Rusadi, F. I., Broekhuijsen, B. J., Meijer, R. J. (2011). Flood early warning system: design, implementation and computational modules. *Procedia Computer Science*, 4, 106-115. DOI: 10.1016/j.procs.2011.04.012
6. Kuang, K. S. C., Quek, S. T., & Maalej, M. (2008). Remote flood monitoring system based on plastic optical fibres and wireless motes. *Sensors and Actuators A: Physical*, 147(2), 449-455.
7. Basha, E., & Rus, D. (2007, December). Design of early warning flood detection systems for developing countries. In *Information and Communication Technologies and Development, 2007. ICTD 2007. International Conference on* (pp. 1-10).
8. Japan International Cooperation Agency (JICA), (2010) *Standard Operating Procedure Sistem Peringatan Dini Sebelum Kejadian Banjir Bandang Daerah Aliran Sungai Kalijompo, Jember*.
9. Redd, N. T. (2017) Flood Facts, Types of Flooding, Floods in History <https://www.livescience.com/23913-flood-facts.html>.
10. IEEE.Ogborne, Matthew. (2016). Arduino NRF24L01+PA+LNA Testing Scripts <https://github.com/moggiex/NRF24L01-PA-LNA-Testing-Scripts>.