

## SISTEM PERINGATAN DINI BANJIR LAHAR DINGIN DENGAN INDIKATOR SIGNAL SUARA DAN TINGGI MUKA AIR

Riyanto<sup>1)</sup>, Insap Santoso<sup>2)</sup>, Teguh Baharata Aji<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Pascasarjana Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada

Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA

e-mail :<sup>1</sup>riyanto\_s210@mail.te.ugm.ac.id

### Abstrak

Intisari - Banjir lahar dingin selalu mengancam daerah-daerah di sepanjang aliran sungai yang dilalui material vulkanik. sehingga daerah aliran sungai (DAS) merupakan daerah yang rawan bencana banjir lahar dingin. Pemantauan jarak jauh pada saat ini lazimnya menggunakan telemetri atau SCADA. Penerapannya memungkinkan nilai-nilai pengukuran dikirimkan melalui saluran komunikasi dari lokasi yang terpencil menuju stasiun pemantau, dirasa masih kurang maksimal dalam penyampaian informasi. Meski demikian teknologi tersebut tidak mendukung pemantauan parameter ukur yang jaraknya jauh dari perangkat DAS. Dalam penelitian ini diusulkan sebuah model sistem pemantauan berbasis web memanfaatkan sinyal suara dan signal tinggi muka air (TMA). Pada sistem peringatan jarak jauh, pengolahan signal dengan fuzzy logic untuk mengklaster data yang selanjutnya menghasilkan informasi status yang disajikan pada web server. Pengembangan sistem saat ini telah mencapai tahapan pada perancangan web dan database. Secara umum, perangkat telah dapat menampilkan status, grafik signal, konversi data, merekam data. Mengingat perancangan program ini merupakan penelitian bersama, sehingga pengolahan data diambil dari hasil merekam data dengan perangkat sensor IQRF. Pada pengembangan selanjutnya diharapkan perangkat mampu mengukur dan menampilkan data dengan lebih presisi, merekam data beberapa kali dengan perintah tunggal dan melakukan transfer data ke komputer server dan menyampaikan informasi status berbasis web.

**Kata Kunci :** Sistem Peringatan dini, Banjir Lahar Dingin, Signal, Fuzzy Logic , Web

### 1. PENDAHULUAN

Tidak dihindari lagi bahwa setelah terjadi erupsi gunung berapi, material vulkanik akan mengendap di hulu-hulu sungai di lereng Gunung Merapi. Jika turun hujan di hulu-hulu sungai tersebut, maka material vulkanik akan terbawa air hujan mengalir turun sampai ke hilir. Campuran air hujan dan material vulkanik ini dikenal sebagai lahar dingin.

Banjir lahar dingin selalu mengancam daerah-daerah di sepanjang aliran sungai yang dilalui material vulkanik. sehingga daerah aliran sungai (DAS) merupakan daerah yang rawan bencana banjir lahar dingin. Data BMKG, kecepatan aliran lahar dingin mencapai lebih dari 65 kilometer per jam dan mampu mengalir sejauh 80 kilometer. Sungai Boyong merupakan salah satu sungai yang berhulu di lereng Gunung Merapi dan merupakan sungai bagian atas dari Sungai Code. Sungai Code atau lebih dikenal dengan sebutan Kali Code membelah kota Yogyakarta dan mengalir terus ke selatan sampai akhirnya bertemu dengan Sungai Opak di daerah Imogiri, Bantul. Padahal, daerah bantaran tersebut merupakan daerah yang padat penduduk. Sudah beberapa kali bencana banjir lahar dingin tetap terjadi tanpa adanya upaya untuk menanggulangi maka dapat dibayangkan berapa banyak kerugian yang dialami oleh masyarakat yang tinggal di daerah tersebut. Data tersebut di inventaris berdasarkan pengalaman banjir di kali code di tahun-tahun sebelumnya. Melihat banyaknya daerah yang menjadi langganan banjir lahar dingin tersebut, perlu adanya sebuah tindakan penanganan dan informasi terhadap bencana banjir lahar dingin, sehingga dapat mengurangi korban maupun kerugian yang ditimbulkan.

Permasalahan diatas sangat terkait dengan Sistem Peringatan Dini (EWS) banjir lahar dingin yang saat ini tengah banyak dikembangkan. EWS dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan yang terkait dengan bencana alam, sehingga akan dengan mudah melakukan analisa prediksi terjadi banjir lahar dingin. Dengan demikian dibuatlah aplikasi yang dapat memberikan informasi berbasis web terhadap banjir lahar dingin dengan studi kasus dibantaran kali code, karena daerah sungai tersebut adalah daerah sungai yang paling sering terjadi banjir lahar dingin dan memberikan informasi tentang status siaga banjir lahar dingin. Dan diharapkan aplikasi ini dapat membantu untuk mengurangi jumlah korban dan kerugian akibat banjir, karena telah diberikan informasi bencana banjir lahar dingin pada masyarakat. Dengan adanya perkembangan jaringan komunikasi, sistem peringatan dini banjir lahar dingin (*early warning system flood Cold Lava Flood*) memungkinkan untuk diaplikasikan dalam pencatatan nilai-nilai hasil pengukuran dari instrumen sensor di daerah-daerah yang tersebar dan sulit dijangkau. Telemetri merupakan teknologi yang diterapkan untuk keperluan tersebut. Bila telemetri juga digunakan untuk fungsi kendali selain untuk mengumpulkan data, maka ini disebut sistem SCADA atau Supervisory Control and Data Acquisition [2].

Secara mendasar SCADA terdiri dari RTU atau Remote Terminal Unit yang berfungsi untuk mengumpulkan data pengukuran, Sistem Komunikasi yang merupakan medium transmisi data dan Master Station yang menampilkan data dan memungkinkan operator untuk mengendalikan perangkat dari jarak jauh [2].

Kendatipun demikian SCADA memiliki keterbatasan dalam hal bahwa: (a) master station memiliki posisi yang cenderung statis (b) RTU memiliki lokasi penempatan dan jumlah yang telah ditetapkan sebelumnya. Dalam pengukuran dan pemantauan parameter yang dilakukan, solusi SCADA maupun Telemetri menjadi kurang efektif. Pada skenario tersebut, pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat IQRF untuk mengukur tinggi muka air (TMA) dan suara gemuruh. Data hasil pengukuran untuk selanjutnya disimpan dalam sistem basis data dan ditampilkan melalui halaman web, yang menjadi antarmuka interaksi antara pengguna komputer client terhadap komputer server melalui Internet [4].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Firdausy, K, Aji, W.S, dan Gunawan, J (2008) merancang dan menerapkan Otomatisasi Pendeteksi Dini Bahaya Banjir Menggunakan *Short Message Service* (SMS) Berbasis Mikrokontroler AT89S52 dengan menayangkan hasil pengukuran ke LCD dan pengiriman SMS. Parameter ukur ditekankan pada kenaikan permukaan air.

Menurut Fang, H dan Fang, K (2010), Sistem berbasis web server tertanam (*embedded web server*) Sistem tertanam (*embedded system*) adalah sebuah sistem komputer khusus yang memiliki sumber daya dan fungsi terbatas. Bila dilengkapi dengan fungsionalitas web server, maka sistem ini disebut *embedded web server*. Sistem tertanam memiliki kelebihan dalam hal keamanan, stabilitas dan kehandalan, sehingga memungkinkan pengoperasian tanpa perlu ditunggu petugas (*unattended operation*). Namun, ketidakmampuan CGI (*Common Gateway Interface*) dalam menampilkan grafik waktu-nyata dan sedikitnya pertimbangan mengenai penyimpanan data hasil pengukuran menjadi kekurangan dari sistem ini.

### a. Logika Fuzzy

Fuzzy set pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh, 1965 dalam papernya yang monumental. Pada paper disebut dipaparkan ide dasar fuzzy set yang meliputi inclusion, union, intersection, complement, relation, dan convexity. Logika fuzzy dikatakan sebagai logika baru yang lama, sebab ilmu logika fuzzy modern dan metode baru ditemukan beberapa tahun yang lalu, padahal sebenarnya konsep tentang fuzzy itu sendiri sudah ada sejak lama. Logika Fuzzy merupakan suatu logika yang memiliki nilai keaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar dan salah. Dalam teori logika fuzzy suatu nilai bias bernilai benar atau salah secara bersama. Namun berapa besar keberadaan dan kesalahan suatu tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. [3]

### b. Keanggotaan Fuzzy

Pada keanggotaan atau himpunan tegas (crisp), nilai keanggotaan suatu item  $x$  dalam suatu himpunan  $A$ , yang sering ditulis dengan  $\mu_A[x]$ , memiliki 2 kemungkinan yaitu :

- Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan.
- Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Sedangkan pada himpunan fuzzy nilai keanggotaannya terletak pada rentang antara 0 sampai 1. Apabila  $x$  memiliki nilai keanggotaan fuzzy  $\mu_A[x] = 0$ , berarti  $x$  tidak menjadi anggota himpunan  $A$ , juga apabila  $x$  memiliki nilai keanggotaan fuzzy  $\mu_A[x] = 1$  berarti  $x$  menjadi anggota penuh pada himpunan  $A$ . [3]

### c. Fungsi Himpunan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Fungsi-fungsi tersebut antara lain fungsi linier, kurva segitiga, kurva trapesium dan kurva bahu. Dalam proyek ini menggunakan fungsi keanggotaan kurva segitiga.

### d. Sistem Aturan Fuzzy

Aturan itu sendiri adalah evaluasi kaidah/ inferensi /rule fussy untuk menghasilkan output pada tiap rule. System aturan fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk memperoleh output, diperlukan 4 tahapan yaitu :

1. Pembentukan himpunan fuzzy;
2. Aplikasi fungsi aturan;

Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah MIN.

3. Komponen aturan;

Pada tahapan ini system terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan atau korelasi antar aturan. Metode yang digunakan dalam melakukan inferensi system fuzzy, yaitu metode MAX. Secara umum dapat ditulis :

$$\mu_A[x] = \max(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad (1)$$

#### 4. Penegasan (defuzzyfikasi)

Input dari proses defuzzyfikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Defuzzyfikasi menggunakan metode COA dengan persamaan[3]

### 3. METODE PENELITIAN

Perangkat yang diperlukan dan tahapan-tahapan yang dilalui dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### A. Perangkat

Dalam merancang sistem ini diperlukan perangkat-perangkat sebagai berikut:

- Dua buah komputer, dimana satu berfungsi sebagai *web server* yang terhubung dengan perangkat akuisisi data dan satu lagi berfungsi sebagai komputer *client*.
- Modem *Wireless/GSM* dengan 1 alamat IP publik.

#### B. Tahapan Penelitian

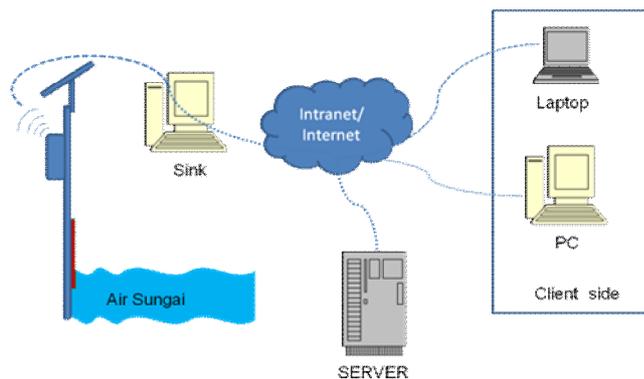
Pembangunan sistem ini memerlukan beberapa tahapan perancangan sebagai berikut:

- Perancangan Antarmuka Data ke PC
- Perancangan Database
- Perancangan Antarmuka berbasis Web

Penelitian ini sebenarnya masih dalam proses pengerjaan (*work in progress*) sehingga sistem yang dirancang masih dalam pengembangan. Kendatipun demikian tahapan pertama dari proses perancangan tersebut telah selesai dilakukan dan pada kesempatan ini akan dipaparkan hasil-hasil yang telah diperoleh.

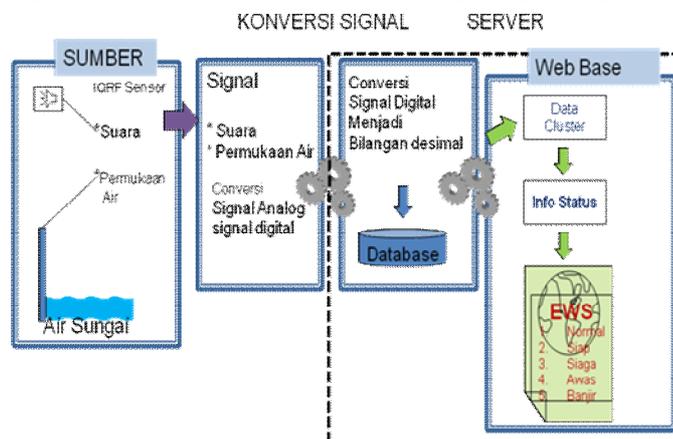
#### C. Arsitektur Sistem

Dalam penelitian yang dilakukan pada makalah ini, pembahasan akan dipusatkan pada pengolahan data dan perancangan perangkat lunak seperti pada gambar 3.



Gambar. 3 Rancangan Sistem Keseluruhan

Proses perancangan perangkat sistem peringatan banjir lahar dingin yang telah dilakukan meliputi desain perangkat keras dan pemrograman web server, skema sistemnya seperti gambar gambar 4



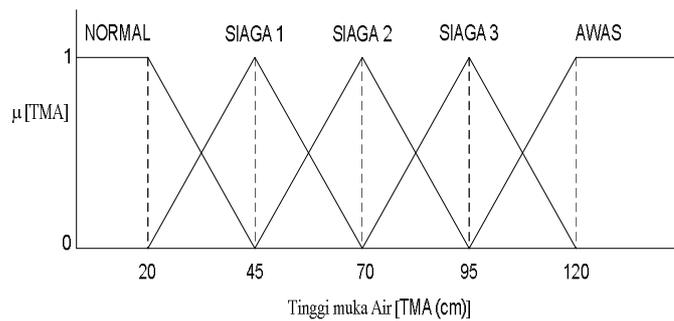
Gambar. 4 Rancangan Sistem Keseluruhan

Secara keseluruhan sistem pengukuran berbasis *web* ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu:

- **Komputer Server**  
Bagian ini terdiri dari *web server* (Apache), *server side scripting* (PHP), basis data (MySQL) dan aplikasi antarmuka berbasis bahasa C. Komputer *server*, bertugas untuk menerima data dari *sink* sebagaimana lazimnya pada perangkat akuisisi data berbasis PC dan menyimpannya ke dalam basis data yang ditampilkan melalui *web server* [10].
- **Komputer Client**  
Bagian ini berupa komputer yang digunakan oleh *user* untuk mengakses komputer *server* melalui koneksi Internet dengan antarmuka *web browser*.

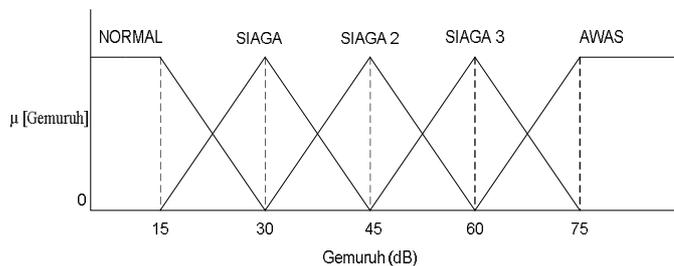
**D. Pembangkit Aturan dengan Logic Fuzzy**

Berikut adalah gambar masing-masing bentuk himpunan fuzzy untuk menentukan fungsi keanggotaan TMA.



**Gambar 5.** Fungsi keanggotaan variable TMA

Berikut adalah gambar masing-masing bentuk himpunan fuzzy untuk menentukan fungsi keanggotaan volume gemuruh.



**Gambar 6.** Fungsi keanggotaan variable volume gemuruh

**E. Alur Program**

Adapun alur kerja dari program yang dihasilkan adalah sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar. 7.



**Gambar 7.** Diagram Alur Program

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai layanan informasi, perancangan perangkat lunak berbasis web, memiliki dua fungsi: (a) menampilkan data signal TMA dan data suara gemuruh ditampilkan kehalaman web (b) mengolah data dari IQRF yang selanjutnya dilakukan pemrosesan dan disimpan dalam database (c) menampilkan status aliran sungai

Untuk membuktikan bahwa perangkat telah bekerja dilakukan pengujian terhadap kedua fungsi tersebut.

##### Pembacaan Data

Berdasarkan tabel 1 tersebut dapat diketahui bahwa dari 10 kali inputan data, sebagai asumsi untuk menghasilkan informasi yang mengindikasikan bahwa alat sudah bekerja cukup baik, namun masih diperlukan perbaikan lagi, antara lain inputan data benar merupakan simulasi riel dari masukan perangkat IQRF yang sedang dalam proses pengembangan penelitian.

**Tabel 1.** Simulasi Data Hasil Pembacaan Database

←T→	id_status	Date	Time	gemuruh	TMA
<input type="checkbox"/>	1	2012-02-12	09:05:11	28	29
<input type="checkbox"/>	2	2012-02-12	09:05:12	29	29
<input type="checkbox"/>	3	2012-02-12	09:05:13	30	28
<input type="checkbox"/>	4	2012-02-12	09:05:14	30	29
<input type="checkbox"/>	5	2012-02-12	09:05:25	29	29
<input type="checkbox"/>	6	2012-02-12	09:05:26	30	30
<input type="checkbox"/>	7	2012-02-12	09:05:27	30	29
<input type="checkbox"/>	8	2012-02-10	09:05:28	29	29

Pada pengujian ini, masih menggunakan data asumsi volume suara gemuruh dan TMA yang tampil pada web dan mengupdate informasi status setiap 1 detik. Hasilnya kemudian dilakukan pengolahan dengan fuzzy logic untuk klasterisasi status. Dari tampilan pada gambar 8 terlihat hasil pemrosesan data yang terekam didatabase berdasarkan data asumsi menginformasikan status siaga 1.



**Gambar 8.** Tampilan Pembacaan Pada Web Client

#### 5. KESIMPULAN

Sistem peringatan dini berbasis web dengan memanfaatkan hasil dari sensor IQRF, terdiri dari tiga bagian, yaitu: (a) Input Data, (b) Komputer *Server* dan (c) Komputer *Client*.

Perangkat peringatan dini banjir lahar dingin berbasis web telah mampu menampilkan hasil pembacaan volume gemuruh dan TMA dan merekam data, namun masih terdapat beberapa keterbatasan sebagai berikut:

1. Input data saat ini masih menggunakan input manual langsung ke database, dikarenakan penelitian ini bersifat time dan masih tahap dam pengembangan perangkat .
2. Dengan menggunakan dua metode fuzzy dapat dilihat bahwa hasilnya sudah bisa memberikan kesimpulan sebagai status banjir lahar dingin.
3. Perangkat lunak berbasis web masih berjalan pada komputer *server*. Hal ini juga masihh fokus pengembangan yang masih berorientasi pada penyajian informasi dengan antarmuka pada komputer *server*.

Dengan adanya pengembangan penelitian pada perangkat keras yang berkelanjutan dan berkesinambungan dengan penelitian penyajian informasi banjir lahar dingin berbasis web yang menjadi penelitian ini maka diharapkan pengembangan sistem bisa memberikan informasi yang up to date kepada masyarakat khususnya sekitar DAS dan masyarakat umum.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Balan, M. Damian, "Software Application for Monitoring A Small Air Conditioning Unit," dalam Proc. IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, 2006, Vol. 2, pp.183 – 186.
- [2] F. Carden, R. Jedlicka, dan R. Henry, *Telemetry Systems Engineering*. Norwood, MA, USA: Artech House, 2002.
- [3] G. Clarke, D. Reynders, E. Wright, *Practical Modern SCADA Protocols: DNP3, 60870.5 and Related Systems*. Burlington, MA, USA: Newnes, 2004
- [4] P. Dostálek, V. Vašek, J. Dolinay, "Sistem Manajemen Banjir Terintegrasi (Sub Bab : Emergency dan Evakuasi Dengan Logika Fuzzy).
- [5] F. Hongping, F. KangLing, "The Design of Remote Embedded Monitoring System based on Internet," dalam Proc. International Conference on Measuring Technology and Mechatronic Automation, 2010, pp. 852 – 854.
- [6] V.V. Krzhizhanovskaya, G.S. Shirshov, N.B. Melnikova, R.G. Belleman, F.I. Rusadi, B.J. Broekhuijsen, B.P. Gouldby, J. Lhomme, B. Balis, M. Bubak, A.L. Pyayta, I.I. Mokhov, A.V. Ozhigin, B. Lang, R.J. Meijer, 2011, *Flood early warning system: design, implementation and computational modules, International Conference on Computational Science, ICCS 2011 Procedia Computer Science 4 (2011) 106–115*
- [7] Matkan.A, Shakiba.A, Pourali.H and Azari.H, 2009, *Flood Early Warning with Integration of Hydrologic and Hydraulic Models, RS and GIS, World Applied Sciences Journal 6 (12): 1698-1704*
- [8] Ibañez A.C, Schwanenberg D, de Marcos L.G, Mahamud M.F, González J.A, 2011, *An Example of Flood Forecasting and Decision-Support System for Water Management in Spain, Proceedings of the 8th International ISCRAM Conference – Lisbon, Portugal, May 2011.*
- [9] X. H. Wang\* and C. M. Du, 2003, *An Internet Based Flood Warning System, Journal of Environmental Informatics 2 (1) 48-56.*
- [10] Windarto, J, 2010, *Flood Early Warning System Develop at Garang River Semarang using Information Technology base on SMS and Web, International Journal Of Geomatics And Geosciences Volume 1, No 1.*