

IMPLEMENTASI PENDETEKSI DINI BAHAYA BANJIR IMPLEMENTATION OF EARLY DETECTION OF FLOOD

Siti Nur Azizah Sugiharto¹, Sony Sumaryo², Ekki Kurniawan³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹isasugiharto@gmail.com ²sony.sumaryo@yahoo.co.id ³ekkekikurniawan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Saat ini banjir masih merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia khususnya di daerah Kabupaten Bandung. Banjir pun mempunyai dampak yang sangat merugikan bagi masyarakat terutama masyarakat yang bertempat tinggal di dekat bantaran sungai. Karenanya harus ada tanda peringatan dini kepada masyarakat untuk dapat mengantisipasinya luapan sungai yang dapat menimbulkan bencana banjir tersebut.

Sistem pendeteksi dini bahaya banjir ini dirancang dengan sensor *water flow* dan sensor ultrasonik. Kedua sensor tersebut merupakan sensor yang dapat mengukur debit air dan mengukur ketinggian air. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan alarm yang akan memberi tanda kepada masyarakat mengenai kondisi air sungai yang diteliti, apakah air sungai tersebut dalam keadaan aman atau tidak. Alarm ini bermanfaat untuk memberi peringatan kepada masyarakat akan datangnya banjir sehingga masyarakat pun dapat mempersiapkan diri dan menyelamatkan harta benda mereka.

Pada tugas akhir ini, didapatkan hasil rata-rata akurasi untuk sensor *water flow* sebesar 98,311% dengan rata-rata *error* 1,689% dan hasil rata-rata akurasi untuk sensor ultrasonik sebesar 99,7756% dengan rata-rata *error* 0,2244%. Dengan adanya sistem pendeteksi dini bahaya banjir ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk masalah bencana banjir yang kerap terjadi.

Kata kunci: *pendeteksi banjir, sensor water flow, sensor ultrasonic*

Abstract

Currently the flood is still one of the disasters that often occur in Indonesia, especially in the district of Bandung. Floods also have a very detrimental impact for the community, especially the people who live near the banks of the river. Therefore there should be an early warning sign to the community to be able to anticipate the overflow of rivers that can cause the flood disaster.

This early flood hazard detection system is designed with water flow sensors and ultrasonic sensors. Both sensors are sensors that can measure the discharge / volume of water and measure the water level. In addition, the system is also equipped with an alarm that will signal to the community about the condition of the river water under study, whether the river water is safe or not. This alarm is useful to warn people of the coming flood so that people can prepare themselves and save their property.

In this final project, the results showed accuration rate for the water flow sensor was 98,311% with an error rate of 1,689% and the accuration rate for ultrasonic sensors was 99.7756% with an error rate of 0.2244%. With the early detection system of this flood hazard is expected to be one solution to the problem of flood disasters that often occur.

Keywords: *flood detector, water flow sensor, ultrasonic sensor.*

1. Pendahuluan

Banjir merupakan salah satu bencana yang sering kali terjadi di Indonesia. Banjir dapat disebabkan karena debit atau volume air yang mengalir pada suatu sungai melebihi atau diatas kapasitas pengalirannya. Terjadinya banjir juga dapat dipengaruhi oleh aktifitas kegiatan manusia yang membuang sampah di selokan atau sungai dan pembangunan yang mengurangi ruang terbuka hijau. Selain itu, faktor perubahan alam seperti intensitas curah hujan yang sangat tinggi juga dapat mengakibatkan bencana banjir.

Banjir mempunyai dampak yang sangat merugikan bagi masyarakat terutama yang bertempat tinggal di dekat bantaran sungai. Banjir yang menerjang suatu kawasan dapat merusak dan menghancurkan rumah-rumah warga sehingga mengakibatkan adanya korban luka-luka maupun korban jiwa serta kehilangan harta benda mereka. Maka dari itu, perlunya membuat alat yang mendeteksi bencana banjir sebagai salah satu upaya pencegahan dini terhadap bencana banjir tersebut.

Dengan adanya alat pendeteksi banjir ini, diharapkan masyarakat dapat mengantisipasi bencana banjir yang akan datang. Alat pendeteksi banjir yang mampu mengukur debit air sungai yang nantinya akan mengirimkan sinyal kepada masyarakat untuk memberitahukan keadaan sungai tersebut. Hal ini dilakukan agar masyarakat yang berada di sekitar bantaran sungai dapat mempersiapkan diri mereka dalam mengatasi bencana banjir.

2. Dasar Teori

2.1. Banjir

Banjir merupakan fenomena alam yang sudah “biasa” dan sering terjadi hampir diseluruh negara-negara di dunia, termasuk Indonesia. Banjir dapat berupa genangan pada lahan yang kering seperti pada lahan pertanian, permukiman dan pusat kota. Banjir juga dapat terjadi dikarenakan debit/volume air yang mengalir pada sungai melebihi atau di atas kapasitas pengalirannya[1].

Salah satu wilayah Indonesia yang mengalami banjir parah adalah Pulau Jawa, khususnya Provinsi Jawa Barat. Banjir yang cukup parah juga sering kali terjadi di Bandung Selatan terutama di Kecamatan Dayeuhkolot dan Baleendah. Dikutip dari Sindonews bahwa menurut Sekretaris Camat Dayeuhkolot mengatakan sumber banjir Bandung Selatan selain dari Sungai Citarum, banjir juga berasal dari anak-anak sungai Citarum terutama sungai Cisangkuy (Pangalengan) dan sungai Cikapundung yang membelah Kota Bandung lalu mengalir menuju Sungai Citepus[14] seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 1 Peta Sungai Citarum

Pada Sungai Cisangkuy (Pangalengan) memiliki panjang sungai 12-16 km , lalu untuk Sungai Cikapundung memiliki panjang 28 km. Pada saat normal debit air sungai sekitar 12 m³/s sedangkan saat deras debit sungai bisa sampai 250 m³/s[18]. Sungai Citepus memiliki panjang 14,5 km dengan tinggi sungai saat musim kemarau sekitar 1 meter dan saat musim hujan bisa sampai 4,9 meter, kemudian untuk debit air normalnya 3 m³/s sedangkan debit air saat deras mencapai 50 m³/s[17].

2.2. Komparasi Sensor

Dalam pengerjaan tugas akhir ini terdapat beberapa jenis dan tipe sensor yang dapat digunakan untuk mengukur debit air dan ketinggian air sungai.

2.2.1. Sensor Pengukuran Debit

1. Sensor Water Flow

Sensor *water flow* merupakan salah satu sensor untuk menghitung debit air yang mengalir yang menggerakkan motor dalam satuan liter. Motor akan bergerak sesuai dengan kecepatan aliran air yang mengalir. Sensor *water flow* ini terdiri dari katup plastik, rotor air dan sensor efek Hall. Prinsip kerja dari sensor ini yaitu dengan memanfaatkan fenomena efek Hall. *Output* dari pulsa tegangan memiliki tingkat tegangan yang sama dengan *input* yang dimiliki frekuensi laju aliran air. Lalu sinyal tersebut dapat diolah menjadi data digital melalui pengendali atau mikrokontroler.

2. Current Meter

Current meter dapat digunakan sebagai alat ukur debit aliran air, alat ini terdiri dari sensor kecepatan yang berupa baling-baling *propeller*, sensor optik dan pengolah data. Unsur yang diambil yaitu luas penampang dan kecepatan air. Sebuah *current meter* yang ideal harus memiliki respon yang cepat dan konsisten dengan setiap perubahan yang terjadi pada kecepatan air dan harus secara akurat dan terpercaya sesuai dengan komponen velositas.

2.2.2 Sensor Pengukuran Ketinggian

1. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak ketinggian air pada sungai. Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara, dimana sensor ini menghasilkan gelombang suara yang kemudian menangkapnya kembali dengan perbedaan waktu sebagai dasar pengindraannya. Perbedaan waktu antara gelombang suara dipancarkan dengan ditangkapnya kembali gelombang suara tersebut adalah berbanding lurus dengan jarak atau tinggi objek yang memantulkannya.

2. Reed Switch

Reed Switch adalah saklar listrik yang dioperasikan oleh medan magnet. Terdapat dua jenis *Reed Switch*, yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). *Reed Switch* dioperasikan dengan memanfaatkan medan magnet. *Reed Switch* ini tersusun atas lempengan mental yang terhubung dilungkupi tabung gelas. Ketika tercipta medan magnet antara dua buah lempengan, lempengan tersebut tarik-menarik sehingga arus listrik dapat mengalir, sedangkan ketika magnet hilang maka lempengan tersebut kembali ke posisi semula.

2.3. Arduino Uno

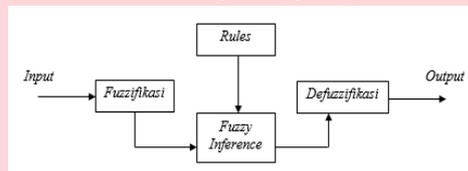
Arduino UNO merupakan *board* mikrokontroler yang di dasarnya pada ATmega328. Arduino UNO ini sendiri memiliki 14 pin digital *input/output*, 6 *input* analog, sebuah isolator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP *header* dan sebuah tombol *reset*. Daya dari Arduino UNO dapat disuplai menggunakan koneksi USB atau dengan *power supply* eksternal. Suplai eksternal diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau dari *battery*. *Range* daya yang direkomendasikan untuk Arduino UNO yaitu 7 – 12 volt. Jika *display*

dibawah 7 volt, maka *board* Arduino UNO menjadi tidak stabil. Dan jika *display* lebih besar dari 12 volt, *voltage regulator* menjadi kelebihan panas dan membahayakan *board* Arduino UNO.

2.4. Metode Logika Fuzzy

Menurut Sri Kusuma Dewi[6], logika *fuzzy* merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Dasar dari logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu dari keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika *fuzzy* tersebut.

Sistem kendali logika *fuzzy* terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:



Gambar 2.2 Proses Fuzzy Logic Controller

2.4.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan langkah awal dalam proses kendali logika *fuzzy*. Pada proses ini, nilai yang terbaca dalam bentuk himpunan tegas (*crisp set*) yaitu nilai yang diukur oleh sensor (sudut) diubah ke dalam bentuk himpunan *fuzzy*. Dalam fuzzifikasi terdapat perhitungan derajat keanggotaan (*membership function*) yang memiliki *interval* antara 0 sampai 1. Fungsi keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* dapat ditentukan dengan fungsi segitiga, trapesium dan fungsi Gauss.

2.4.2 Fuzzy Inference

Fuzzy Inference adalah proses pemetaan dari input yang sudah dalam bentuk himpunan *fuzzy* ke sebuah *output* dengan logika *fuzzy*. *Fuzzy inference* dibagi menjadi dua bagian, *data base* dan *rule base*. *Data base* berisi parameter *fuzzy* seperti himpunan *fuzzy* dengan derajat keanggotaannya ($\mu(x)$) pada tiap variabel. *Rule base* berisi aturan-aturan dengan *fuzzy logic*. Satu aturan *fuzzy* dituliskan sebagai : *IF antecedent THEN consequent*.

2.4.3 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan kebalikan dari fuzzifikasi, yaitu pemetaan dari himpunan *fuzzy* ke himpunan tegas. *Input* dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*. Hasil dari defuzzifikasi ini merupakan *output* dari sistem kendali logika *fuzzy*.

3. Perancangan Sistem

3.1. Desain Sistem

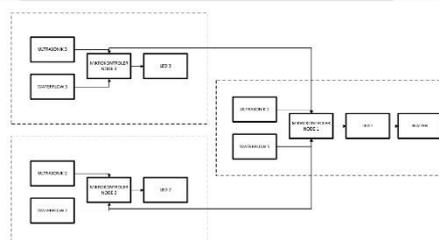
Prototype ini nantinya akan diletakkan pada pinggir sungai sehingga sensor yang ada pada *prototype* tersebut dapat membaca ketinggian air dan debit air yang mengalir pada sungai yang diteliti. Keadaan tinggi air dan debit air sungai akan dibaca oleh sensor ultrasonik dan sensor *water flow* lalu data dari kedua sensor tersebut akan dijadikan masukan kemudian diproses menggunakan perhitungan logika *fuzzy* untuk menentukan hasil kondisi sungai tersebut.

Hasil dari perhitungan logika *fuzzy* didapatkan keluaran (*output*) yang dibagi dalam 3 (tiga) kondisi berbeda yaitu aman yang ditandai dengan lampu LED berwarna hijau saat ketinggian air ≤ 10 cm dan debit air ≤ 10 liter/menit, waspada yang ditandai dengan lampu LED berwarna kuning saat ketinggian air 11 – 20 cm dan debit air 11-20 liter/menit, serta bahaya yang ditandai dengan lampu LED berwarna merah dilengkapi dengan alarm berupa *buzzer* saat ketinggian air > 30 cm dan debit air > 20 liter/menit.

Pada *prototype* sungai ini nantinya akan ada percabangan yang menggambarkan Sungai Cisangkuy dan Sungai Cikapundung yang mengalir menuju Sungai Citepus. Percabangan ini bertujuan untuk membandingkan kondisi dari masing-masing sungai tersebut dan dapat memprediksikan kondisi sungai yang diamati. Masing-masing sungai akan dipasangkan *prototype* pendeteksi banjir tersebut. Sungai Cisangkuy dimisalkan sebagai *node 2* (dua), Sungai Cikapundung sebagai *node 3* (tiga) dan Sungai Citepus sebagai *node 1* (satu) yang berperan sebagai *server*.

3.1.1. Diagram Blok Sistem

Berikut ini merupakan diagram blok sistem pendeteksi dini bahaya banjir

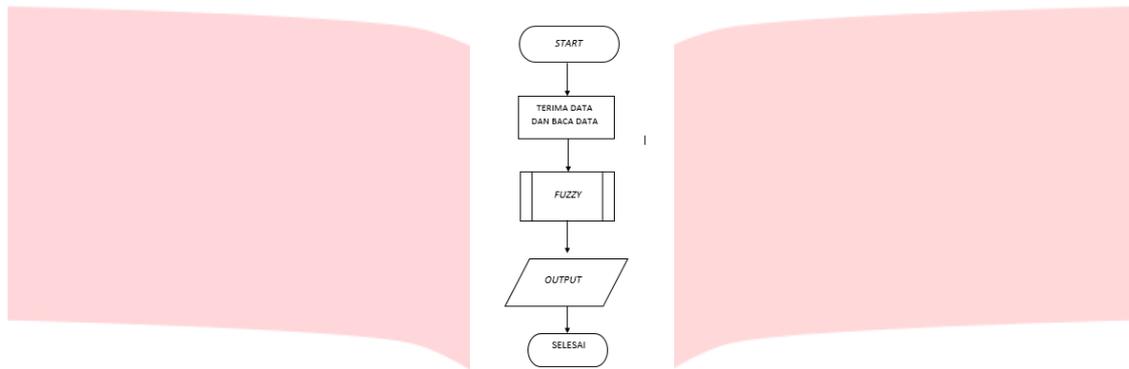


Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

Pada sistem pendeteksi banjir ini terdapat 3 (tiga) sistem yang di tempatkan pada tempat yang berbeda. Setiap sistem akan membaca hasil dari sensor kemudian diolah oleh Arduino Uno. Data hasil dari *node 2* (dua) dan *node 3* (tiga) nantinya akan dikirim ke *node 1* (satu) yang berperan sebagai *server*.

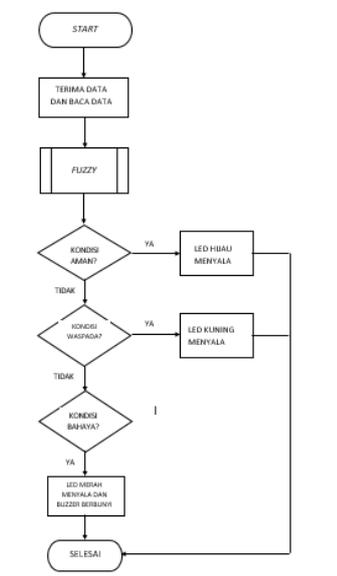
3.1.2 Diagram Sistem Alir

Berikut merupakan diagram sistem alir untuk *node 2* (dua) dan *node 3* (tiga) :



Gambar 3.2 Diagram Alir *Node 2* (Dua) dan *Node 3* (Tiga)

Kemudian dibawah ini merupakan diagram sistem alir untuk *node 1* (satu) yang berperan sebagai *server* :



Gambar 3.3 Diagram Alir *Node 1*

3.2. Fungsi dan Fitur

Fungsi dari sistem yang akan dibuat yaitu memberikan keamanan bagi masyarakat yang bertempat tinggal di bantaran sungai. Fitur tambahan yang dibuat yaitu sistem pendeteksi banjir yang dilengkapi dengan monitoring berupa lampu yang akan menyala sesuai dengan kondisi sungai tersebut dan alarm yang akan memberikan peringatan apabila kondisi sungai sudah dirasa bahaya dan berpotensi banjir. Dari pembuatan alat ini diharapkan masyarakat dapat merasa lebih aman dan dapat mengantisipasi lebih dini akan terjadinya banjir.

3.3. Perancangan Perangkat Keras

Dalam membuat sebuah sistem pendeteksi dini bahaya banjir dibutuhkan sebuah desain dan perangkat yang berguna untuk memperjelas perancangan *prototype* perangkat pendeteksi banjir ini seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.4 Desain Perangkat Keras

Perangkat-perangkat yang dibutuhkan untuk membangun Tugas Akhir ini adalah:

1. Sensor Pengukuran Ketinggian Air

Setelah mengkomparasi sensor pada Tabel 3.1 untuk mengukur ketinggian air, maka dipilih untuk menggunakan sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik ini lebih kuat dibandingkan dengan *reed switch* yang berbahan kaca sehingga lebih mudah pecah. Sensor ini mendeteksi jarak dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik 40Khz selama 200 mikro sekon kemudian mendeteksi pantulannya. Sensor ini memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan kontrol dari mikrokontroler dan dapat menghitung jarak hingga 4 meter.

2. Sensor Pengukuran Debit Air

Untuk menghitung debit air disini menggunakan sensor *water flow*. Sensor ini digunakan karena lebih praktis dan efisien untuk menghitung debit air pada *prototype*. Selain daripada itu, sensor *water flow* harganya jauh lebih murah dibandingkan dengan *current meter*. Sensor *water flow* ini digunakan untuk mengukur debit air dengan memanfaatkan prinsip efek Hall.

3. Mikrokontroler

Board mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino Uno. Arduino Uno bertujuan agar rangkaian elektronik dapat membaca *input*, memproses *input* tersebut dan kemudian menghasilkan *output* sesuai yang diinginkan. Jadi Arduino Uno ini bertugas sebagai pengendali *input*, proses dan *output* sebuah rangkaian elektronik.

4. LED (*Light Emitting Diode*)

LED (*Light Emitting Diode*) merupakan komponen elektronika yang terbuat dari bahan semi konduktor jenis dioda yang mampu memancarkan cahaya. LED akan menyala bila ada arus listrik mengalir dari anoda menuju katoda. LED disini digunakan sebagai lampu indikator pemberi tanda peringatan sesuai kondisi dari ketinggian air sungai tersebut.

5. *Piezoelectric Buzzer*

Piezoelectric Buzzer adalah jenis *buzzer* yang menggunakan efek *Piezoelectric* untuk menghasilkan suara. *Buzzer* ini digunakan sebagai alarm untuk memberi peringatan berupa bunyi.

6. Baterai

Baterai adalah alat listrik-kimiawi yang menyimpan energi dan mengeluarkan tenaganya dalam bentuk listrik. Baterai di sini berguna sebagai sumber energi listrik untuk menyalakan Arduino Uno.

3.4. Pemodelan Logika Fuzzy

Berikut ini merupakan rancangan sistem logika *fuzzy*, yaitu:

3.4.1. Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi ini mengubah nilai *input* menjadi nilai linguistik yang sudah ditentukan berdasarkan keanggotaannya. Untuk *input* ketinggian air memiliki 3 variabel *linguistic*, yaitu rendah, sedang dan tinggi. Pada *input* debit air memiliki 3 variabel *linguistic*, yaitu pelan, normal dan cepat. Sedangkan untuk *output* yang dihasilkan memiliki 3 variabel *linguistic*, yaitu aman, waspada dan bahaya.

3.4.2. Inferensi

Pada proses ini terjadi tahap pengolahan nilai *input* yang telah melewati proses fuzzifikasi lebih dulu dengan hasil keluaran yang ditentukan berdasarkan pada *fuzzy rules* dibawah ini:

Tabel 3. 1 Rules Tiap Node

Debit Air	Tinggi Air		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Pelan	Aman	Aman	Waspada
Normal	Aman	Waspada	Waspada
Cepat	Aman	Waspada	Bahaya

3.4.3. Defuzzifikasi

Pada proses ini dilakukan pemetaan bagi nilai-nilai keluaran logika *fuzzy* yang telah dihasilkan pada tahap inferensi ke nilai-nilai *output crisp* (kuantitatif) sesuai dengan sistem yang diharapkan.

4. Hasil Pengujian dan Analisis

4.1. Pengujian Sensor

4.1.1 Pengujian Sensor Ultrasonik

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Jarak Real (cm)	Jarak Sensor (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
1	1	0	0
3	3	0	0
5	5	0	0

9	9	0	0
10	10	0	0
14	14	0	0
15	15	0	0
20	20	0	0
23	23	0	0
25	25	0	0
28	28	0	0
30	30	0	0
35	35	0	0
38	38	0	0
40	40	0	0
42	41	1	2,3809
45	45	0	0
50	50	0	0
54	55	1	1,8518
58	58	0	0
60	60	0	0
65	65	0	0
70	70	0	0
72	73	1	1,3888
75	75	0	0
80	80	0	0
82	82	0	0
83	83	0	0
85	85	0	0
90	89	1	1,1111
<i>Total Error</i>			6,7326
<i>Error rate</i>			0,2244
<i>Accuration rate</i>			99,7756

Dari tabel 4.1 di atas setelah melakukan 30 kali percobaan terhadap sensor yang dibandingkan dengan jarak penggaris, didapatkan bahwa *error rate* nya sebesar 0,2244% dan *accuration rate* sebesar 99,7756%.

4.1.2 Pengujian Sensor Water Flow

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sensor *Water Flow*

Real (ml/s)	Sensor (ml/s)	Selisih (ml/s)	Error (%)
19,08	18,66	0,42	2,20
19,30	18,99	0,31	1,60
17,60	17,32	0,28	1,59
20,74	20,37	0,37	1,78
18,93	18,52	0,41	2,16
18,72	18,38	0,34	1,81
18,38	18,13	0,25	1,36
20,16	19,87	0,29	1,43
19,92	19,61	0,31	1,55
18,45	18,19	0,26	1,41
<i>Total Error</i>			16,89
<i>Error rate</i>			1,689
<i>Accuration rate</i>			98,311

Dari data percobaan diatas, didapatkan bahwa *error rate* nya sebesar 3.372% dan *accuration rate* sebesar 98.311%.

4.2 Pengujian Algoritma Logika Fuzzy

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Algoritma Logika Fuzzy

Tinggi Air (cm)	Debit Air (L/min)	Hasil <i>Real</i>	Hasil <i>Rules</i>
6	0	AMAN	AMAN
7	5	AMAN	AMAN
8	6	AMAN	AMAN
8	10	AMAN	AMAN
8	12	AMAN	AMAN
9	7	AMAN	AMAN
9	10	AMAN	AMAN
10	7	AMAN	AMAN
10	5	AMAN	AMAN
11	3	AMAN	AMAN
15	10	WASPADA	AMAN
15	14	WASPADA	WASPADA
16	14	WASPADA	WASPADA
16	17	WASPADA	WASPADA

18	19	WASPADA	WASPADA
21	4	AMAN	AMAN
21	8	AMAN	AMAN
22	8	WASPADA	WASPADA
22	14	WASPADA	WASPADA
22	18	WASPADA	WASPADA

Dari gambar di atas didapatkan hasil pengujian tersebut sudah hampir sesuai dengan *rules* yang diinginkan, walaupun masih ada hasil yang berbeda dengan *rules*.

4.3. Pengujian Sistem Pendeteksi Banjir

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Monitoring Sistem

Kondisi Sungai 2 (Node 2)	Kondisi Sungai 3 (Node 3)	Kondisi Sungai 1 (Node 1)	Hasil
Aman	Aman	Aman	Aman
Aman	Aman	Aman	Aman
Aman	Aman	Aman	Aman
Aman	Aman	Aman	Aman
Aman	Aman	Aman	Aman
Aman	Aman	Aman	Aman
Waspada	Aman	Waspada	Waspada
Aman	Aman	Aman	Aman
Bahaya	Aman	Aman	Waspada
Bahaya	Aman	Waspada	Waspada
Waspada	Aman	Aman	Aman
Aman	Aman	Aman	Aman
Aman	Waspada	Aman	Aman
Bahaya	Aman	Aman	Waspada
Bahaya	Aman	Aman	Waspada
Bahaya	Aman	Aman	Waspada
Aman	Waspada	Aman	Aman
Aman	Waspada	Aman	Aman
Bahaya	Aman	Waspada	Waspada
Bahaya	Aman	Waspada	Waspada
Waspada	Aman	Aman	Aman
Bahaya	Bahaya	Bahaya	Bahaya
Bahaya	Bahaya	Bahaya	Bahaya
Bahaya	Bahaya	Bahaya	Bahaya
Aman	Bahaya	Bahaya	Bahaya
Waspada	Bahaya	Aman	Waspada
Bahaya	Bahaya	Bahaya	Bahaya
Bahaya	Waspada	Bahaya	Bahaya
Bahaya	Aman	Waspada	Waspada
Waspada	Aman	Aman	Aman
Aman	Bahaya	Aman	Waspada
Aman	Aman	Aman	Aman

Dari hasil percobaan pada tabel di atas, dapat dilihat bahwa hasil *output* nya sesuai dengan hasil *rules* yang diinginkan. Maka dapat disimpulkan bahwa sistem ini dapat di aplikasikan di kehidupan nyata.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan proses perancangan, pengujian dan analisa maka dapat dihasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem pendeteksi dini bahaya banjir yang menggunakan Sensor Ultrasonik dan Sensor *Water Flow* ini dapat mendeteksi ketinggian air dan debit air sehingga dapat digunakan sebagai parameter untuk mengetahui kondisi sungai yang di amati.
2. Metode Logika *Fuzzy* yang digunakan terbukti dapat menghasilkan *output* yang sesuai seperti yang diinginkan.

3. Dengan menggunakan Sensor Ultrasonik untuk mengukur jarak permukaan air didapatkan nilai *accuration rate* sebesar 99,7756% dengan *error rate* 0,2244%, sedangkan untuk mengukur debit air menggunakan Sensor *Water Flow* didapatkan nilai *accuration rate* sebesar 98,311% dengan *error rate* 1,689%.
4. Sistem pendeteksi dini bahaya banjir ini berhasil melakukan monitoring dan sesuai dengan hasil yang diinginkan yaitu berupa *output* LED yang menyala menyesuaikan dengan kondisi sungai tersebut dan alarm *buzzer* yang berbunyi ketika kondisi sungai sudah dalam kondisi bahaya.

5.2 Saran

Pengembangan selanjutnya yang dapat dilakukan untuk melanjutkan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pada sistem pendeteksi dini bahaya banjir dibutuhkan sensor yang lebih akurat lagi untuk mengamati hasil kondisi sungai agar masyarakat lebih aman.
2. Perlu diteliti lagi apakah ada algoritma yang lebih cocok untuk sistem pendeteksi dini bahaya banjir ini.

Daftar Pustaka

- [1] Yulaelawati, Ella. 2008. *Mencerdasi Bencana: Banjir, Tanah Longsor, Tsunami. Gempa Bumi, Gunung Api, Kebakaran*. Grasindo.
- [2] Arief Rosyidie. 2013. *Banjir: Fakta dan Dampaknya, Serta Pengaruh dari Perubahan Guna Lahan*. 24(3):241-249
- [3] G.J. Klir and B. Yuan. 1996. *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, And Fuzzy System*. World Scientific Publishing Co Pre Ltd
- [4] D. Setiawan, *Arduino Uno*, Tangerang: Imuti, 2008.
- [5] C. D. Maria Edwardus Herman Tri Rahmanto. *Perancangan Sistem Prediksi Kemungkinan Banjir di Daerah Jakarta Pusat dengan Logika Fuzzy*. 2012
- [6] Kusumadewi S., Purnomo H. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu.
- [7] ____, "G1/2 Water Flow Sensor". 11 Februari 2019. [Online]. Available: <https://lib.chipdip.ru/583/DOC000583441.pdf>
- [8] ____, "Arduino Datasheet". 11 Februari 2019. [Online]. Available: <https://datasheet.octopart.com/A000066-Arduino-datasheet-38879526.pdf>
- [9] ____, "Piezo Buzzer". 12 Februari 2019. [Online]. Available: <http://www.farnell.com/datasheets/2095438.pdf>
- [10] ____, "Accuracy Measure". 20 Februari 2019. [Online]. Available: <http://www.informatika.unsyiah.ac.id/tfa/dm/dm-accuracy-measure.pdf>
- [11] ____, "Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04". 12 Februari 2019. [Online]. Available: http://www.digi-bytes.com/index.php?route=product/product&product_id=96
- [12] ____, "How Reed switch Work,". 10 Maret 2019. [Online]. Available : <http://www.explainthatstuff.com/howreedswitcheswork.html>
- [13] ____, "Simple Water Level Indicator". 10 Maret 2019. [Online]. Available: <http://www.circuitstoday.com/simple-water-level-indicator>
- [14] ____, "Ini Penyebab Bandung Selatan Menjadi Wilayah Langganan Banjir". 8 Maret 2019 . [Online]. Available: <https://daerah.sindonews.com/read/736135/21/ini-penyebab-bandung-selatan-menjadi-wilayah-langganan-banjir-1365493812>
- [15] ____, "Latar Belakang". 10 Maret 2019. [Online]. Available: <http://citarum.org/roadmap/citarum-roadmap/latar-belakang.html>
- [16] ____, "Rata-rata Harian Aliran Sungai, Tinggi Aliran, dan Volume Air di Beberapa Sungai yang Daerah Pengalirannya Lebih dari 100 km², 2015". 10 Maret 2019. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/statictable/2017/11/14/1984/rata-rata-harian-aliran-sungai-tinggi-aliran-dan-volume-air-di-beberapa-sungai-yang-daerah-pengalirannya-lebih-dari-100-km2-2015.html>
- [17] ____, "Perencanaan Sistem Drainase di Kecamatan Dayeuhkolot Kabupaten Bandung". 10 Maret 2019. [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi26sZu4PhAhXUX3wKHQC6AGIOFjAAegQICRAC&url=http%3A%2F%2Frepository.unpas.ac.id%2F31857%2F6%2FBAB%2520II%2520TA.doc&usq=AOvVaw1BjzC263DQHmWwkAJ_xAQz
- [18] ____, "Data Panjang Anak Sungai Citarum di Kota Bandung". 10 Maret 2019. [Online]. Available: <http://data.bandung.go.id/dataset/panjang-anak-sungai-citarum-di-kota-bandung/resource/ff548d54-c339-48a8-a2ac-6bfd87bb79e#>