

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PERANGKAT PENDETEKSI BANJIR DENGAN SENSOR PENGUKUR MUKA LEVEL AIR MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

Design and Implementation Flood Detection Using Water Level Measurement with Fuzzy Logic

P. Agustina¹, Agung Nugroho J., S.T., M.T.², Unang Sunarya, S.T., M.T.³

Prodi S1 Teknik Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, innaparamitha@gmail.com¹

Prodi S1 Teknik Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
agungnj@telkomuniversity.ac.id²

Prodi D3 Teknik telekomunikasi Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom
unangsunarya@telkomuniversity.ac.id³

Abstrack

Sistem pendeteksi banjir ini dirancang dengan sensor kapasitif dan sensor *waterflow*. Sensor kapasitif merupakan sensor yang memanfaatkan konsep kapasitor yaitu menyimpan dan melepaskan muatan. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan muatan *energy listrik* yang tersimpan karena perubahan jarak lempeng, perubahan luas penampang, dan perubahan volume dielektrum sensor. Alat ini dikembangkan untuk meminimalkan dampak-dampak *negatif* dari bencana alam banjir yang selama ini kerap terjadi. Selain itu alat ini dirancang sesuai konsep *low cost*. Sehingga dapat menjadi solusi untuk masalah pendanaan.

Kata kunci : kapasitif, *waterflow*, aduino, logika *fuzzy*

This device was designed to solve the problems of flood, this flood detector that uses a capacitive sensor. The capacitive sensor is a sensor which utilizes the concept of capacitors that store and release charge. The sensor works based on changes in electrical energy stored charge due to changes in the distance plate, changes in cross-sectional area and volume changes dielektrum sensor. This device was developed to minimize the negative impacts of natural disasters floods we have seen before. In addition this tool is designed according to the concept of low cost. So it can be a solution to the problem of funding.

Key words : *capacitive*, *waterflow*, Arduino, *fuzzy logic*

I. Pendahuluan

Kini telah dikembangkannya berbagai teknologi yang diharapkan berhasil untuk meminimalisir dampak yang terjadi akibat bencana alam. Alat-alat pendeteksi bencana alam bermunculan, dan ini adalah sebagian kecil dari banyaknya perkembangan teknologi yang dikembangkan untuk mengatasi masalah bencana alam. Namun dalam konteks ini akan dibahas sebuah perkembangan teknologi yang dimaksudkan untuk mengantisipasi banjir yang belakangan marak terjadi di daerah-daerah rendah seperti Jakarta, Bandung, dan sebagainya. Maka dari itu sesuai tujuan diciptakannya tugas akhir ini yaitu alat pendeteksi banjir dimana diharapkan alat ini dapat meminimalisir dampak dari banjir.

Pada perencanaan, alat ini dirancang untuk melakukan pendeteksian banjir agar dapat melakukan peringatan lebih awal akan datangnya bencana banjir sehingga dapat melakukan persiapan atau antisipasi dini yang dilakukan dalam menanggulangi, dan melakukan persiapan pengamanan. Dengan memanfaatkan data ketinggian muka level air serta data debit air sebagai inputnya, alat ini akan mengolah data yang tersedia untuk kemudian menghasilkan output yang berarti aman, waspada, atau bahaya.

Berdasar pada latar belakang tersebut, untuk mempermudah dalam pengambilan analisis permasalahan pokok dalam pembuatan pendeteksi banjir ini, dirumuskan beberapa rumusan masalah yang dibahas, bagaimana merancang sensor kapasitif dengan memanfaatkan *Bipolar Junction Transistor (BJT)* ,

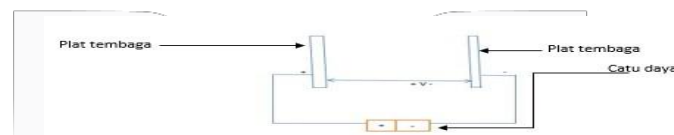
bagaimana perubahan yang terjadi pada sensor kapasitif saat permukaan air mengenai lempeng tembaga, Bagaimana proses pembacaan data oleh sensor *waterflow*.

II Tinjauan Pustaka

2.1 Sensor Kapasitif

Dalam penelitian [1] yang berjudul “Development of Low-Cost Capacitance-Type Sensor for Liquid Level Measurement” dijelaskan bahwa sensor kapasitif merupakan sebuah sensor dimana prinsip kerja kapasitor dimanfaatkan sebagai prinsip kerja sensor itu sendiri, prinsip pengukuran dengan metode kapasitif yang dipergunakan berhubungan dengan perubahan ketinggian cairan awal dan akhir yang mengakibatkan perubahan kapasitansi (ΔC).

Sensor kapasitif bekerja berdasarkan konsep kapasitif, dimana sensor ini bekerja berdasarkan perubahan muatan listrik yang dapat disimpan oleh sensor akibat perubahan jarak lempeng, perubahan luas penampang, dan perubahan volume dielektrikum sensor kapasitif [2]. Seperti yang dijelaskan pada sebuah perancangan pengukuran ketinggian air yang dimana sensor kapasitif dan optical sensor dimanfaatkan sebagai sensor. sensor kapasitif dirancang dari 2 tembaga yang memiliki tinggi dan lebar masing-masing elektroda sebesar 200mm dan 20mm, dan dalam perancangan pengukuran ini diunakan 2 buah LED dan 2 buah phototransistor yang bertindak sebagai optical sensor [3]. Disebutkan dalam tulisan Rafqie Magusti dn Dr.Moch.Rivai bahwa plat sejajar dirancang sebagai sensor. Dimana lat sejajar ini merupakan salah satu jenis kondensator. Jika kedua plat, dengan luas penampang S dan berjarak d, dan diberi tegangan sebesar V, maka muatan Q yang dapat disimpan sebanding dengan tegangan listrik yang diberikan [4]. Kondensator sendiri merupakan sebuah komponen elektronika yang dapat menyimpan energy di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik [5].



Gambar 2 1 Konsep kapasitif [4]

2.2 Bipolar Junction Transistor dan Dioda Zenner

Dalam Pengaplikasiannya, BJT memiliki 3 daerah kerja, yaitu daerah *Active* sebagai penguat, daerah *ut-off* sebagai saklar off, serta daerah *Saturation* sebagai saklar on. Selain sebagai penguat dan saklar, BJT juga dapat diaplikasikan sebagai inverter. BJT memiliki tiga kaki dimana ketiga kaki tersebut adalah kaki *Basis*, *Collector*, serta *Emitter*. Sifat dari BJT ini adalah akan aktif jika terdapat arus di kaki *basis*. [6]. Pada perancangan sensor kapasitif menggunakan BJT ini memanfaatkan daerah kerja *Saturasi* dan *cut-off* BJT. Dimana arus di *Basis* akan mengalir jika terdapat catuan yang dihubungkan dengan jumper ke air. Saat arus di kaki *basis* mengalir, maka BJT akan aktif sehingga kaki *collector* dan *emitter* tersambung lalu arus dari *collector* akan mengalir ke *emitter*. Lalu akan diperoleh tegangan output di kaki *emitter*.

Diode zenner merupakan komponen semikonduktor, seperti halnya diode biasa, diode zenner memiliki daerah anoda (+) dan katoda (-), bekerja pada kondisi reverse bias dan forwar bias. Perbedaannya adalah pada diode biasa, diode akan aktif saat kondisi forward, saat diode biasa dalam kondisi reverse biasa, diode akan mati. Namun pada diode zenner, saat kondisi forward bias, dia akan berfungsi seperti diode biasa yaitu sebagai penyearah, namun saat kondisi reverse bias, diodea zenner akan bertindak sebagai pembatas tegangan. [6].

2.4 Arduino Uno

Arduino adalah platform perangkat keras diprogram fleksibel yang dirancang untuk seniman, desainer, tinkerers, dan pembuat hal. Arduino Uno menggunakan mikrokontroler ATmega 328 sebagai kontrol utama. [7].

2.5 Logika Fuzzy

konsep logika *fuzzy* pertama kali dikenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh pada tahun 1965 dari California University USA. Dengan teori ini, bisa menangani masalah ketidakpastian yang bersifat keraguan, ketidaktepatan, hilangnya sebagian informasi, dan kebenaran yang bersifat sebagian[8]. Logika fuzzy memiliki fungsi keanggotaan segitiga serta trapesium. Dijelaskan pula bahwa proses fuzzy sendiri terdiri dari proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi memiliki [9]. Terdapat beberapa metode defuzzifikasi, yaitu *Centroid method*, *Height method*, *First (or Last) of Maxima*, *Mean-Max Method*, *Weighted Average* [10]. logika fuzzy merupakan salah satu komponen pembentuk soft computing. Soft computing dapat bekerja dengan baik walaupun terdapat ketidakpastian, ketidakakuratan, maupun kebenaran parsial pada data yang diolah, logika fuzzy merupakan metode yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam ruang output [11]. Sistem Fuzzy dapat digunakan untuk memperkirakan, pengambilan keputusan, dan sistem kontrol mekanis [12]. logika fuzzy digunakan pada pengolahan data dalam pendeteksian banjir, dijelaskan bahwa logika fuzzy mudah dimengerti. Karena logika fuzzy menggunakan dasar teori himpunan, maka konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy tersebut cukup mudah untuk dimengerti [13] [14].

2.6 Sensor waterflow

Sensor waterflow digunakan untuk mengukur kecepatan air, debit air, dan mengukur laju aliran, dimana sensor ini bekerja pada tegangan 5DC- 24VDC. Pada sensor ini terdapat 3 keluaran yaitu kabel hitam terhubung ke hground, kabel merah terhubung ke Vcc (5 volt), dan kabel kuning terhubung sebagai output [7]. Untuk menentukan besarnya kecepatan aliran air diperoleh dengan rumus [15] :

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

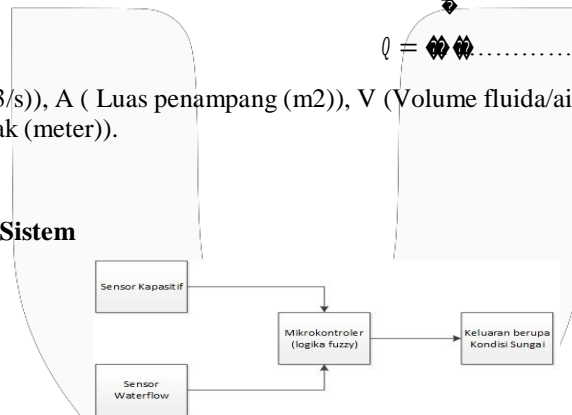
$$V = A \cdot s \dots \dots \dots (2)$$

$$Q = A \cdot v \dots \dots \dots (3)$$

Dengan Q (debit air (m³/s)), A (Luas penampang (m²)), V (Volume fluida/air), t(waktu -second), V (kecepatan (m/s)), s(jarak (meter)).

III Perancangan

3.1 Gambaran Umum Sistem



Gambar 3.1 Diagram Blok sistem

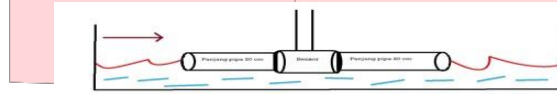
Dapat dilihat pada gambar blok diagram di atas, masukan pada sistem ini terdiri dari data sensor kapasitif serta data dari sensor waterflow yang kemudian akan dikirim untuk kemudian diolah dengan logika fuzzy sehingga dapat menghasilkan keluaran mengenai kondisi sungai sesuai dengan rules yang telah ditentukan. Dalam perancangannya, perangkat pendeteksi banjir dengan logika fuzzy ini dirancang juga berdasarkan pada diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.2 Diagram alir sistem

3.2 Pengimplementasian sensor waterflow

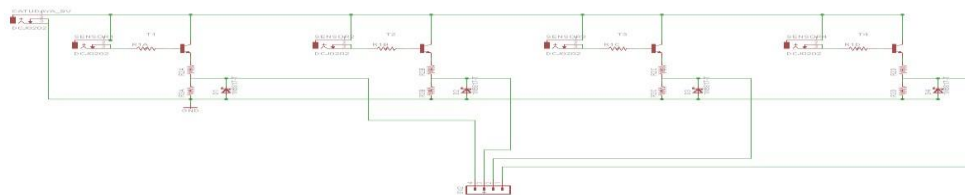
Pada pengimplementasian sensor pengukur debit air, sensor waterflow dipasang di dalam air dengan dilengkapi pipa pada kedua ujungnya sebagai jalan masuknya air.



Gambar 3.3 Implementasi sensor waterflow [7]

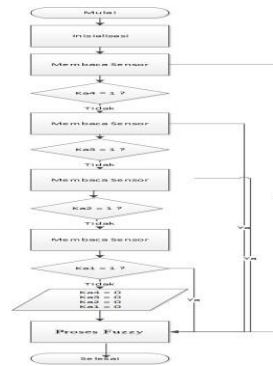
3.3 Sensor Kapasitif

ada perancangan sensor kapasitif ini digunakan transistor *Bipolar Junction Transistor (BJT)* dengan memanfaatkan pengaplikasian BJT sebagai *Switch* yang bekerja di daerah Saturasi. Dimana seperti yang telah dipaparkan di bab dua, transistor *BJT* ini dimanfaatkan sebagai semacam saklar untuk memutus maupun mengalirkan arus. Saat kabel sensor kapasitif terendam dalam air, otomatis dapat menyambungkan tegangan catu daya sebesar 12 volt dengan resistor 47K pada kaki basis *BJT* sehingga akan dihasilkan arus yang menyebabkan transistor aktif dan mengalirkan arus dari *collector* ke *emitter*. Namun jika kabel sensor kapasitif tidak terendam air, maka resistor 47K pada kaki basis *BJT* tidak akan memperoleh catu daya dan tidak teraliri arus sehingga transistor menjadi tidak aktif, ini menyebabkan tidak dapat teralirkannya arus dari *collector* ke *emitter* sehingga tegangan terukur di *emitter* sebesar 0 Volt. Untuk rangkaian kapasitifnya, rancangan yang digunakan adalah rangkaian menggunakan diode zener dan *Bipolar Junction Transistor (BJT)*. Rangkaianannya yaitu :



Gambar 3.4 Rangkaian sensor kapasitif

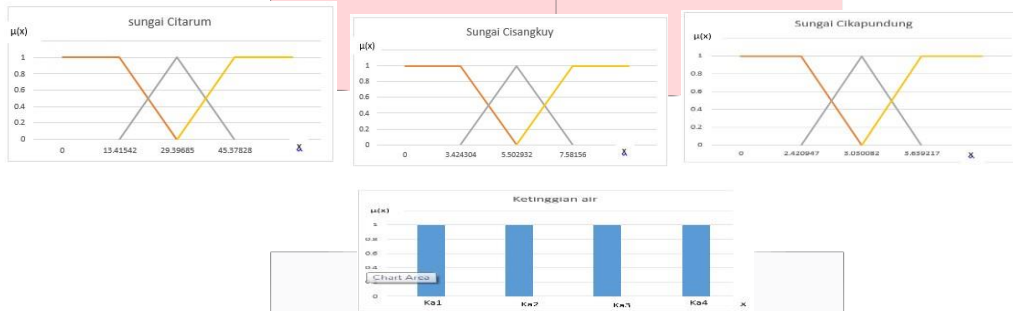
Berikut ini merupakan diagram alir dari sensor kapasitif. Dimana dilakukan pengecekan mulai dari Ka4, jika Ka4 bernilai 1, maka sensor akan berhenti melakukan pengecekan, namun jika Ka4 tidak bernilai 1, maka akan dilakukan pengecekan terhadap Ka3. Hal sama pun terjadi terhadap Ka3 dimana jika Ka3 bernilai 1, maka pengecekan berhenti, jika Ka3 bernilai 0, pengecekan selanjutnya dilakukan terhadap Ka2. Jika Ka2 bernilai 1, pengecekan dihentikan, namun jika Ka2 bernilai 0, maka pengecekan dilanjutkan ke Ka1. Untuk selanjutnya dilakukan pengecekan terhadap Ka1, jika Ka1 bernilai 1 maka pengecekan berhenti, namun jika Ka1 bernilai 0, maka akan diperoleh hasil untuk Ka1, Ka2, Ka3, dan Ka4 bernilai 0. Sensor kapasitif ini dirancang berdasarkan diagram alir :



Gambar 3.5 Diagram alir sensor kapasitif

3.4 Pemodelan Logika Fuzzy

3.4.1 Fuzzifikasi



Gambar 3.6 Fuzzifikasi

Empat grafik di atas merupakan derajat keanggotaan debit air masing-masing sungai, serta derajat keanggotaan dari level ketinggian air, setiap data ini diperoleh dari data Balai Besar Wilayah Sungai Citarum (BBWS).

3.4.2 Inferensi

Ini merupakan table rules-rules untuk penentuan keluaran dari proses fuzzy.

Table 3-1 Tabel Rules

debit air	Tinggi air			
	Kering	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	aman	aman	aman	waspada
Sedang	aman	aman	aman	waspada
Tinggi	aman	aman	waspada	Bahaya

3.4.3 Defuzzifikasi



Gambar 3.7 Defuzzifikasi

Ini merupakan hasil keluaran yang dicapai dimana 10 berarti aman, 20 berarti waspada, dan 30 berarti bahaya.

IV Analisis dan Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap kinerja hardware, baik sensor kapasitif, sensor waterflow, serta perangkat pendeteksi banjir itu sendiri.

4.1 Pengujian Tegangan Keluaran Kapasitif

Pada pengujian sensor kapasitif ini dilakukan pengukuran nilai tegangan keluaran yang terukur baik saat kabel kapasitif tersentuh air maupun tidak, dimana jika kabel kapasitif yang bersangkutan bersentuhan dengan air, maka kabel kapasitif tersebut akan memperoleh tegangan secara paralel sebesar 12 Volt, namun jika kabel kapasitif tidak bersentuhan dengan air maka tegangan catuan yang diperoleh oleh sensor kapasitif sebesar 0 Volt. Di bawah ini merupakan table data tegangan keluaran yang terukur baik ketika sensor kapasitif bersentuhan dengan air maupun tidak bersentuhan dengan air. Jika tegangan output tersebut dihitung secara manual, baik ka1, ka2, ka3, maupun ka4, yang kondisinya dianggap kabel sensor kapasitif dalam keadaan terendam air, menghasilkan nilai :

$$K_a = 12 \text{ V} \times \frac{2 \text{ k}\Omega}{(2+2)\text{k}\Omega} = 6 \text{ Volt}$$

Namun karena ada pengaruh dari diode zenner yang dalam kondisi aktif sehingga tegangan 6 volt yang terukur tersebut akan dibatasi sehingga Ka1, Ka2, Ka3, dan Ka4 akan memiliki tegangan output sebesar tegangan diode zenner itu sendiri yaitu sebesar 5.1 volt untuk masing-masing kapasitif. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai rata-rata tegangan keluaran yang terukur adalah 5.0825 volt. Sedangkan nilai tegangan keluaran yang seharusnya diperoleh adalah 5.1 volt. Kemudian dilakukan penghitungan nilai akurasi untuk tegangan keluaran yang terukur pada sensor *kapasitif* sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = \frac{5.0825}{5.1} \times 100\% = 99.6569\%, \text{ dengan nilai toleransi error sebesar } 0.3431\%$$

4.2 Pengujian Keluaran sensor waterflow

a) Perhitungan manual

Untuk kali ini akan dilakukan pengujian pengukuran debit air menggunakan waterflow dengan penghitungan secara manual terhadap air yang ditempatkan dalam wadah. Misalnya perhitungan menggunakan botol dengan volume 1500 mL. Dengan waktu yang diperlukan untuk memenuhi botol adalah 39 detik detik. Untuk melakukan penghitungan akan debit air digunakan rumus :

$$\text{Debit air} = \text{Volume (V)} : \text{waktu (t)}$$

$$Q = V : t = 1.5 \text{ L} : 12.02 \text{ detik} = 0.12379 \text{ L/detik} = 7.4274 \text{ L/menit}$$

Dari hasil perhitungan manual didapat nilai debit air yang terukur adalah 7.4274 L/menit.

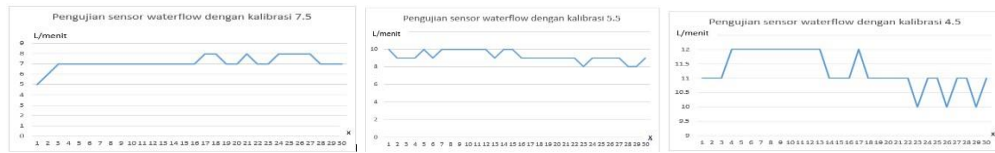
b) Pengukuran dengan sensor waterflow

Lalu ketika perhitungan debit air dialihkan dengan penggunaan sensor waterflow dengan objek yang sama, diperoleh nilai debit air dalam beberapa kali percobaan. Dalam referensi ditemukan tiga macam kalibrasi, yaitu 7.5, 5.5, dan 4.5, untuk menentukan nilai kalibrasi yang akan digunakan, dengan cara membandingkan nilai rata-rata debit air hasil pengukuran dengan sensor di tiap kalibrasi dengan perhitungan secara manual. Kalibrasi yang menghasilkan nilai debit air yang mendekati perhitungan manual lah yang digunakan.



Gambar 4.1 Debit air perhitungan manual

Di atas merupakan grafik pengukuran debit air secara manual dengan x merupakan jumlah percobaan



Gambar 4.2 Pengukuran debit air dalam beberapa kalibrasi

Pada grafik di atas merupakan pengukuran debit air menggunakan sensor dalam kalibrasi 7.5 dengan x merupakan jumlah pengukuran, diperoleh nilai rata-rata debit airnya yaitu 7.133333 Liter/menit., dalam kalibrasi 5.5 dengan x merupakan jumlah pengukuran, diperoleh nilai rata-rata debit airnya yaitu 9.233333 Liter/menit, dalam kalibrasi 4.5 dengan x merupakan jumlah pengukuran, diperoleh nilai rata-rata debit airnya yaitu 10.56667 Liter/menit. Dari tiga grafik di atas diperoleh bahwa dengan nilai kalibrasi 7.5 menghasilkan nilai debit air yang paling mendekati nilai debit air yang dihitung secara manual, oleh karena itu kalibrasi 7.5 diaplikasikan pada pengukuran dengan sensor *waterflow* untuk perangkat pendeteksi banjir ini. Dengan pengukuran secara manual diperoleh nilai rata-rata debit air yaitu 7.4274 L/menit, lalu pengukuran rata-rata debit air dengan nilai kalibrasi 7.5 adalah 7.133333 Liter/menit. Kemudian dilakukan perhitungan akurasi dari pengukuran debit air menggunakan sensor *waterflow*, yakni :

$$\text{Akurasi} = \frac{7.133333}{7.4274} \times 100\% = 96\% , \text{ dengan nilai toleransi } error \text{ sebesar } 4\%.$$

4.3 Pengujian perangkat pendeteksi banjir



Gambar 4.3 Pengujian metode fuzzy untuk Sungai Citarum

Grafik di atas merupakan grafik hasil dari kondisi sungai citarum. Dengan kondisi ketinggian air di level Ka1, dan debit rentang 0.167 hingga 0.2 L/detik, menghasilkan kondisi sungai citarum “10” yang berarti aman. Walaupun debit air yang cenderung berubah, akan tetap menghasilkan hasil yang sama jika debit air masih dalam satu level entah rendah, kering, sedang, maupun tinggi. Begitu juga dengan tinggi air.

V. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Desain dan realisasi perangkat pendeteksi banjir dengan sensor *kapasitif* berhasil diterapkan dengan penggunaan komponen *BJT* sebagai saklar serta kabel *jumper* yang berperan sebagai *kapasitif* dengan tingkat akurasi 99.6569% dan toleransi *error*nya sebesar 0.3431%.
2. Sensor ini bekerja pada daerah kerja saturasi yang bekerja sebagai saklar. Saat kedua kutub pada kabel jumper kapasitif *short circuit*, ini menyebabkan rangkaian memperoleh catu daya dan menghasilkan arus di kaki *basis* dan mengalirkan arus dari kaki *collector* sehingga diperoleh tegangan keluaran. Namun saat kedua kutub kabel jumper mengalami *open circuit*, maka *BJT* tidak aktif sehingga arus dari *collector* tidak akan mengalir sehingga tegangan keluaran yang terukur adalah 0V.
3. Sensor *waterflow* yang diaplikasikan untuk memantau kecepatan arus air (debit air) bekerja dengan baik dengan memanfaatkan kecepatan perputaran rotor, dari hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan sensor *waterflow* ini diperoleh nilai akurasi sebesar 96% dengan nilai toleransi *error* sebesar 4%.

5.2 Saran

Pengembangan yang dapat dilakukan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan kalibrasi yang paling mendekati untuk digunakan dalam sensor *waterflow* dengan membandingkan dengan pengukuran debit air secara manual, atau menggunakan sensor pengukur debit air lainnya yang mampu memberikan hasil pengukuran debit air yang lebih akurat. meter
2. Untuk pengembangan perangkat pendeteksi banjir ini dapat dimodifikasi dengan penambahan masukan dari sensor lain seperti sensor curah hujan, sensor kelembaban, dan lain sebagainya yang merupakan factor penentu banjir

Daftar Pustaka

- [1] L. Umar, "Development of Low-Cost Capacitance-Type Sensor for Liquid Level Measurement," 2008.
- [2] D. Santoso, "Sensor Kapasitif," 2012.
- [3] J. Shim, "Liquid Level Measurement System Using Capacitive Sensor and Optical Sensor," 2013.
- [4] S. M. R. Rafiqe Magusti, "Sensor Kapasitif untuk Mengukur Ketinggian Permukaan Air Laut Menggunakan Mikrokontroler," 2013.
- [5] M. Almijwad, "Kapasitor," 2014.
- [6] R. L. Boylested and L. Nashelsky, *Electronic Devices and Electrical Theory*, PEARSON Prentice Hall.
- [7] A. Archamadi, "Perancangan dan Implementasi Debit Air Sungai Untuk Sistem Deeksi Dini Banjir Berbasis FM-RDS," 1014.
- [8] F. Solikin, "APLIKASI LOGIKA FUZZY DALAM OPTIMISASI PRODUKSI BARANG," 2011.
- [9] M. . F. A. Ghani, *DESAIN DAN REALISASI SEMI AUTONOMOUS OUTDOOR MOBILE ROBOT PADA SISTEM ROBOT JELAJAH RERUNTUHAN*, 2015.
- [10] W. A. Sudiarmika, "Perancangan Dan Implementasi Sistem Kendali Kecepatan Kipas Angin Dalam Ruang Kelas Menggunakan Kamera, Sensor Suhu, dan Mikrokontroler Dengan Metode Loika Fuzzy," Bandung, 2014.
- [11] R. Lutfi and I. Walidi, "Automated Guided Vehicle," 2014.
- [12] F. McNeill and E. Thro, *Fuzzy Logic A Practical Approach*, 1994.
- [13] M. A. M. d. S. Wahyu Kurnia Dewanto, "Rancang Bangun Model Potensi Banjir pada Jalan Arteri di Kota Malang Menggunakan Logika Fuzzy," 2013.
- [14] C. D. Maria Edwardus Herman Tri Rahmanto, "Perancangan Sistem Prediksi Kemungkinan Banjir di Daerah Jakarta Pusat dengan Logika Fuzzy," 2012.
- [15] S. AEFENDI, "Dinamika Fluida," 2012.

