

# Jurnal *Rekayasa Elektrika*

---

VOLUME 14 NOMOR 1

APRIL 2018

---

**Prototipe Robot Kapal Pengukur Tingkat PH dan Turbiditas Air Berbasis Metode  
Modified Fuzzy** 43-50

*Firman Al Rahmat, Unang Sunarya, dan Rohmat Tulloh*

---

|     |         |       |          |                           |                                      |
|-----|---------|-------|----------|---------------------------|--------------------------------------|
| JRE | Vol. 14 | No. 1 | Hal 1–82 | Banda Aceh,<br>April 2018 | ISSN. 1412-4785<br>e-ISSN. 2252-620X |
|-----|---------|-------|----------|---------------------------|--------------------------------------|

# Prototipe Robot Kapal Pengukur Tingkat PH dan Turbiditas Air Berbasis Metode Modified Fuzzy

Firman Al Rahmat, Unang Sunarya, dan Rohmat Tulloh  
Program Studi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom  
Jl. Telekomunikasi Terusan Buah Batu, Bandung 40257  
e-mail: rohmatt@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak**—Kualitas air danau atau air kolam biasanya ditentukan melalui pengujian beberapa sampel air di laboratorium. Hal ini membutuhkan waktu terutama bila tempat pengukurannya cukup luas. Dibutuhkan alat bantu pengukur kualitas air yang dapat menjangkau semua titik pengukuran dan mampu menampilkan hasilnya secara langsung ke user. Penelitian ini merancang protipe robot kapal pengukur kualitas air berbasis metode *Modified Fuzzy* yang dilengkapi dengan sensor *potential of Hydrogen* (pH) dan sensor turbiditas untuk mengukur pH dan turbiditas air. *Graphical User Interface* (GUI) pada laptop berfungsi untuk mengendalikan kapal secara manual dan menampilkan hasil pengukuran. Kontrol secara nirkabel melalui komunikasi *Bluetooth* dilakukan untuk mengatur dua buah motor DC sebagai penggerak kapal. Kombinasi nilai pH dan turbiditas diolah menggunakan metode *Modified Fuzzy* untuk membagi kualitas air menjadi 3 kategori yaitu; baik, kurang baik, dan tidak baik. Hasil pengujian membuktikan bahwa setiap perintah pada GUI dapat dijalankan oleh kapal dan hasil pengukuran dapat ditampilkan secara langsung. Jarak maksimum pengukuran menggunakan *Bluetooth* adalah 28 meter. Sensor pH dan sensor turbiditas mampu mengukur dengan baik pada setiap titik lokasi yang ditentukan. Nilai pH air danau yang diukur pada masing-masing titik bervariasi dari 6,5–8, sedangkan nilai turbiditas yang diukur berkisar antara 5 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) sampai dengan 49 NTU.

**Kata kunci:** robot kapal, pH, turbiditas, Modified Fuzzy

**Abstract**—The quality of lake or pond water is usually determined through testing of several water samples in the laboratory. This certainly takes time especially when the place of measurement is wide enough. This research designed a water quality gauge control based on the Modified Fuzzy method and equipped with pH sensors and turbidity sensors to measure the potential of Hydrogen (pH) and turbidity of water. The Graphical User Interface (GUI) on a laptop was used to control the ship manually and display the measurement results. Wireless control through Bluetooth communication was used to set up the two DC motor as the driving force of the ship. The modified Fuzzy method was used to divide water quality into 3 categories that are good, not good, and poor. The test results proved that every command on the GUI can be run by the ship and the measurement results can be displayed directly to the user. The maximum distance measurement using Bluetooth was 28 meters. The pH sensors and turbidity sensors were able to measure at any specified location point. The pH value of lake water was measured at each point varies from 6.5 to 8, while the measured turbidity values ranged from 5 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) to 49 NTU.

**Keywords:** robot ship, pH, turbidity, Modified Fuzzy

Copyright © 2018 Jurnal Rekayasa Elektroika. All right reserved

## I. PENDAHULUAN

Peningkatan populasi manusia di muka bumi berdampak pada penurunan kualitas air pada ekosistem sungai atau danau secara global. Negara berkembang seperti Indonesia menghadapi ancaman yang serius terkait dengan kualitas air sungai atau danau. Hal ini karena kurangnya pengelolaan sumber daya air yang tepat. Menurut data Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), di negara-negara berkembang 90% dari semua air limbah masuk ke aliran air sungai dan 70% limbah industri dibuang tanpa diolah[1]. Pengukuran dan pemantauan tingkat pencemaran air berbasis data menjadi penting untuk mendeteksi pelanggaran dan pencegahan polusi

air yang berdampak bagi manusia dan makhluk hidup di dalamnya.

Salah satu indikator kualitas air yang paling umum adalah nilai pH. Nilai pH mempengaruhi kehidupan makhluk hidup di dalam air. Pada perairan dengan pH rendah akan bersifat asam. Hal ini menyebabkan kandungan oksigen menjadi berkurang, begitupun sebaliknya pada pH air yang tinggi maka air akan bersifat basa. Nilai pH yang baik untuk perairan budidaya berada pada pH 6.5 sampai 9 [2].

Turbiditas (kekeruhan) adalah kondisi air yang diukur berdasarkan banyaknya cahaya yang dapat diteruskan. Faktor utama tingkat turbiditas adalah adanya bahan-bahan yang terkandung di dalam air baik benda mati

seperti pasir, lumpur, atau makhluk hidup seperti plankton. Tingkat turbiditas yang tinggi dapat mengganggu proses fotosintesis fitoplankton sebagai produsen makanan bagi rantai makanan di atasnya, mengganggu insang ikan dalam mengambil oksigen dan mengganggu kehidupan makhluk hidup di dalam air tersebut. Berdasarkan penelitian kenaikan nilai turbiditas sebesar 25 NTU pada perairan dangkal seperti danau atau sungai dapat mengurangi produktivitas primer sebesar 13% sampai 50% [2].

Penelitian tentang pembuatan kendali robot sudah banyak dilakukan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Negara dan Laksono membahas tentang sistem kendali robot menggunakan *accelerometer* pada *smartphone*. Penelitian bertujuan membandingkan metode *Fuzzy* Sugeno dan *Fuzzy* Mamdani. Penelitian ini baru diterapkan pada robot beroda [3].

Pengembangan robot yang lain dilakukan oleh Nugraha dengan membuat robot kapal otomatis menggunakan sistem pengolahan citra digital. Pergerakan robot kapal memanfaatkan *webcamera* C310 untuk mengambil gambar kemudian diolah menjadi citra digital. Hasil pengolahan citra tersebut digunakan untuk memandu kapal menghindari halangan yang sudah ditentukan [4].

Pengembangan robot yang lain adalah merancang robot kapal sebagai pengangkut sampah yang dikendalikan dengan aplikasi android. Meskipun sebatas prototipe namun kapal yang menggunakan pengendali jarak jauh ini mampu memperlihatkan hasil yang cukup baik. Dengan memanfaatkan koneksi Bluetooth, alat ini mampu mengangkut sampah dengan ukuran sangat kecil yaitu maksimum 5 cm dan berat maksimal 100 gram [5].

Penggunaan robot untuk mengukur kadar karbondioksida dan gas amonia dilakukan oleh Novianti dan Sunarya. Robot beroda dikendalikan dari jauh menggunakan media Bluetooth. Penentuan keadaan berbahaya atau tidak dilakukan berdasarkan hasil pengukuran sensor gas MQ7 dan sensor gas MQ135 diputuskan dengan metode logika *Fuzzy* [6].

Penelitian tentang pengukuran kualitas air juga telah dilakukan oleh Randhawa, dkk., yang menggunakan multi sensor untuk mengukur turbiditas (NTU), *Dissolved Oxygen* (DO) dalam mg/L, pH, *Total Dissolved Solids* (TDS) dalam satuan *part per million* (ppm), dan Konduktivitas Listrik dalam  $\mu\text{S/m}$ . Penelitian dilakukan untuk mengetahui kualitas sungai Yamuna di New Delhi, India. Pada pengukuran masih menggunakan perahu yang ditumpangi oleh manusia untuk membawa sensor menelusuri sungai dan hasilnya dikirim ke *cloud* server menggunakan internet [7].

Berikutnya adalah pengukuran kualitas air dengan sensor pH dan sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) yang dilakukan oleh Abdullah dkk. Indikator yang digunakan adalah nilai pH dan turbiditas air menggunakan metode logika *Fuzzy*. Sistem yang dibuat mampu mengukur rentang pH 1 sampai 13 dan turbiditas air dengan range nilai 0 hingga 200 [8].

Penelitian yang lain dilakukan oleh Faidhon dkk., yaitu menggunakan robot kapal yang didesain dapat melakukan

penyelaman ke dalam air. Pada penelitian tersebut digunakan beberapa sensor diantaranya sensor kamera, *accelerometer*, *gyroscope*, *pressure sensor*. Pada penelitian tersebut kapal berhasil melakukan penyelaman ke dalam air dan mampu mengidentifikasi kondisi di bawah air dan mampu merekam gambar serta hasil pengukuran beberapa parameter yang ditentukan, namun hasilnya belum dapat dikirim secara langsung ke *user* [9], [10].

Pada penelitian ini dirancang sebuah prototype robot kapal yang dilengkapi dengan alat ukur pH dan turbiditas air berbasis mikrokontroler ATMEGA 8535. Alat ukur ini dibangun pada suatu robot kapal untuk mengukur tiap sudut dari kolam, sungai, atau danau secara mudah. Robot kapal ini dikendalikan secara manual oleh *user* dari satu sisi danau atau kolam melalui komunikasi Bluetooth dan digerakkan dengan motor DC. Visual Basic digunakan sebagai software untuk merancang GUI (*Graphical User Interface*) pada implementasi robot kapal ini.

## II. METODE

### A. Sensor pH Air

Nilai pH adalah logaritma dari ion hidrogen yang dirumuskan seperti pada (1). Dalam larutan encer, aktivitas ion hidrogen kira-kira sama dengan konsentrasi ion hidrogen. PH air adalah ukuran ekuilibrium asam-basa dimana besarnya dikendalikan oleh ekuilibrium karbon dioksida-bikarbonat-karbonat sistem. Peningkatan Konsentrasi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) akan menurunkan nilai pH, begitupun sebaliknya. Suhu juga akan mempengaruhi ekuilibrium dan pH. Pada air murni, penurunan pH sebesar 0,45 terjadi saat suhu dinaikkan menjadi  $25^\circ\text{C}$ . Untuk air budidaya ikan nilai pH berada pada kisaran 6.5–8.5 [2].

$$\text{pH} = -\log(H^+) \quad (1)$$

Pengukuran nilai pH adalah salah satu pengujian kualitas air yang paling umum dilakukan. Nilai pH secara umum menunjukkan hasil pengukuran tingkat keasaman air. Namun sebenarnya nilai pH tersebut menunjukkan pengukuran aktivitas potensial ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) dalam suatu *sample* air yang diuji. Pengukuran pH berjalan pada skala 0 sampai 14, dengan 7.0 dianggap netral. Nilai pH di bawah 7.0 dianggap asam dan pH di atas 7.0, sampai 14.0 dianggap sebagai kondisi basa.

Sensor pH yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor analog dengan tipe SEN0161. Sensor analog dihubungkan dengan kit sensor menggunakan konektor BNC. Memiliki range nilai pH dari 0 hingga 14 dengan akurasi  $\pm 0.1\text{pH}$  ( $25^\circ\text{C}$ ).

Berdasarkan referensi tegangan yang diperoleh, didapatkan perbandingan nilai tegangan dan nilai PH pada Tabel 1. Untuk pH 0 sebanding dengan tegangan sebesar 414.12 mV dan untuk nilai pH maksimum 14 sebanding dengan tegangan sebesar -414.12 mV. Tegangan *output* akan bernilai 0 mV ketika sensor menunjukkan nilai pH sebesar 7.

Dari grafik pada Gambar 1 terlihat bahwa perbandingan

Tabel 1. Perbandingan nilai tegangan output terhadap nilai pH

| Tegangan (mV) | Nilai PH | Tegangan (mV) | Nilai PH |
|---------------|----------|---------------|----------|
| 414.12        | 0.00     | -414.12       | 14.00    |
| 354.96        | 1.00     | -354.96       | 13.00    |
| 295.8         | 2.00     | -295.8        | 12.00    |
| 236.64        | 3.00     | -236.64       | 11.00    |
| 177.48        | 4.00     | -177.48       | 10.00    |
| 118.32        | 5.00     | -118.32       | 9.00     |
| 59.16         | 6.00     | -59.16        | 8.00     |
| 0             | 7.00     | 0             | 7.00     |

nilai *output* tegangan dengan nilai pH yang ditunjukkan oleh sensor adalah linier dengan nilai  $R=1$ . Berdasarkan grafik tersebut maka didapatkan (2) yang digunakan untuk menentukan nilai pH yang lain. Nilai  $y$  menunjukkan nilai pH dan  $x$  menunjukkan tegangan *output* sensor. Kemudian nilai pH harus diubah menjadi nilai *Analog to Digital Converter* (ADC) 10 bit dengan rentang bit 0 sampai 1023 dengan perbandingan (3). Maka perbandingan nilai ADC dengan nilai pH seperti pada (4). Nilai ADC digunakan sebagai input mikrokontroler untuk menentukan nilai pH dari sensor.

$$y = -0.0169x + 7 \quad (2)$$

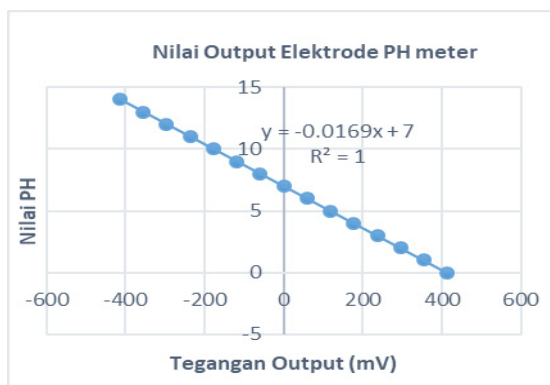
$$\frac{ADC - ADC_{min}}{ADC_{maks} - ADC_{min}} = \frac{pH - pH_{min}}{pH_{maks} - pH_{min}} \quad (3)$$

$$ADC = 73.07 pH \quad (4)$$

Persamaan (2) tersebut diturunkan berdasarkan pada *datasheet* dengan melihat data pH yang linear terhadap tegangan. Namun dalam kenyataannya persamaan tersebut harus dikalibrasi kembali karena input dari mikrokontroler tidak mengenal tegangan negatif. Begitu juga pada persamaan (4) perlu dilakukan kalibrasi ulang dalam realisasinya karena persamaan tersebut merupakan persamaan pada kondisi ideal.

### B. Sensor Turbiditas Air

Pada proses pengukuran turbiditas air maka kita secara langsung juga dapat mengetahui tingkat kecerahan sinar



Gambar 1. Grafik linier nilai output tegangan dengan nilai PH

matahari di dalam air. Hal ini karena tingkat kekeruhan (*turbidity*) mempengaruhi cahaya yang dapat tembus ke dalam air. Tingkat kecerahan suatu perairan dapat menunjukkan aktivitas makhluk hidup di dalamnya.

Prinsip kerja sensor GE *Turbidity* TDS10 menyerupai *photodiode*. Turbiditas air tergantung dari jumlah partikel yang menutupi cahaya yang masuk ke dalam air. Ketika banyak partikel yang menutupi cahaya maka tingkat turbiditas menjadi lebih tinggi, sebaliknya apabila jumlah partikel yang menutupi cahaya makin sedikit maka air semakin jernih.

Kekeruhan dinyatakan dalam skala turbiditas, dimana setara dengan 1 mg/Liter SiO<sub>2</sub> dan sering diukur dengan metode *Nephelometric* dengan satuan *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU). Standar turbiditas air minum antara 5–25 NTU[11]. Semakin kecil nilai NTU-nya maka semakin jernih air tersebut[2]

Sebelum diinputkan ke *User interface* sensor perlu dikalibrasikan dulu dengan cara membuat persamaan garis yang bersumbu pada hasil output ADC dengan nilai dari turbiditas air yang telah diukur dalam skala NTU. Nilai NTU maksimal (NTU<sub>maks</sub>) yang dapat dibaca sensor adalah 4000 NTU dan paling kecil (NTU<sub>min</sub>) adalah 0 NTU. Sementara itu nilai ADC minimum ATmega 8535 (ADC<sub>min</sub>) 10 bit adalah 0 dan nilai ADC maksimum (ADC<sub>maks</sub>) 1023. Perbandingan nilai turbiditas dan ADC dijabarkan pada (5), sedangkan hasil dari perhitungan ditunjukkan pada (6).

$$\frac{NTU - NTU_{min}}{NTU_{maks} - NTU_{min}} = \frac{ADC - ADC_{min}}{ADC_{maks} - ADC_{min}} \quad (5)$$

$$NTU = 3,91ADC \quad (6)$$

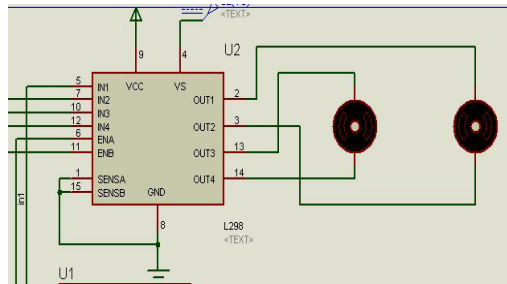
### C. Modul Bluetooth HC-05

Modul Bluetooth HC-05 digunakan untuk komunikasi *wireless* antara GUI pada komputer sebagai pengendali kapal dengan mikrokontroler. Modul ini menggunakan mode pengiriman data secara serial dengan frekuensi kerja 2,4 GHz dan jarak jangkauan mencapai 30 meter dengan kondisi *Line of Sight* (LOS) atau tanpa halangan.

Empat pin modul HC-05 yaitu Vcc, Gnd, Tx, dan Rx dihubungkan melalui pin RS 232 mikrokontroler. Untuk melakukan konfigurasi digunakan ATmode dengan ATcommand seperti pada Tabel 2. Poin konfigurasi yang dilakukan seperti pengecekan jalur komunikasi, nama Bluetooth yang digunakan, penentuan besarnya *baudrate* yang dipakai, dan kode pin untuk keamanan. Untuk

Tabel 2. AT command Bluetooth HC-05

| AT Command   | Keterangan                                            |
|--------------|-------------------------------------------------------|
| AT           | Memeriksa koneksi Bluetooth                           |
| AT+BAUD4     | Mengatur baudrate (9600)                              |
| AT+NAMERobot | Memberikan nama perangkat Bluetooth dengan nama Robot |
| AT+PIN1234   | menentukan 4 digit kode keamanan                      |



Gambar 2. Konfigurasi IC L298 dan dua motor penggerak

pengiriman data dari maupun menuju modul digunakan *Communication mode*.

#### D. Driver Motor IC L298 dan Motor DC

Penggunaan IC L298 pada penelitian kali ini adalah untuk mengatur arah putaran dua motor DC. IC L298 sebagai driver penggerak motor dengan arus sebesar 2 Ampere dan tegangan maksimal mencapai 40 Volt DC dalam satu kanalnya. Seperti pada Gambar 2, satu buah IC L298 memiliki 4 buah penggerak motor DC dimana masing-masing penggerak memiliki output sebesar 1 Ampere. Konfigurasi H-bridge bisa digunakan untuk penggerak 2 buah motor DC. Motor DC yang digunakan bekerja pada tegangan 12 volt.

Kecepatan motor DC diatur dengan teknik pulse width modulation (PWM). Untuk mengendalikan motor DC diperlukan arus yang lebih besar sehingga perlu IC Driver seperti IC L298.

Seperti pada Tabel 3, untuk belok kanan motor kanan dikondisikan dalam keadaan mati, sedangkan motor kiri dalam keadaan menyala. Sebaliknya agar dapat belok kiri, motor kiri dikondisikan dalam keadaan mati, sedangkan motor kanan dalam kondisi menyala, serta kedua motor diatur dalam keadaan menyala untuk bergerak maju.

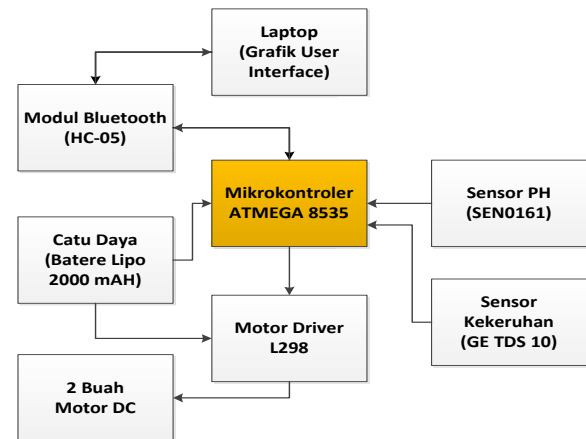
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Robot Kapal Yang Dihasilkan

Sistem yang dibuat adalah sebuah robot kapal yang berfungsi untuk mengukur tingkat turbiditas serta level pH pada air. Sensor pH dan sensor turbiditas dipasang di bagian bawah kapal. Kapal ini terbuat dari kayu dan dibentuk menyerupai speed boat agar dapat bergerak dengan lincah di permukaan air. Pada Gambar 3 terlihat blok diagram sistem secara keseluruhan. Kapal dikendalikan oleh user dengan GUI yang ditanam di laptop atau komputer untuk

Tabel 3. Kondisi port terhadap arah gerak kapal

| Arah gerak | PORT B0 | PORT B1 | PORT B2 | PORT B3 |
|------------|---------|---------|---------|---------|
| Maju       | 1       | 0       | 1       | 0       |
| Kanan      | 0       | 0       | 1       | 0       |
| Kiri       | 1       | 0       | 0       | 0       |
| Berhenti   | 0       | 0       | 0       | 0       |



Gambar 3. Diagram blok sistem

menggerakkan kapal serta membaca hasil yang diukur oleh sensor secara cepat. Kendali kapal dan pengiriman data hasil pengukuran dilakukan secara wireless menggunakan modul Bluetooth HC-05. User Interface tersebut berisi tombol-tombol perintah untuk mengendalikan laju kapal serta membaca hasil sensor dan menentukan kualitas air di titik pengukuran.

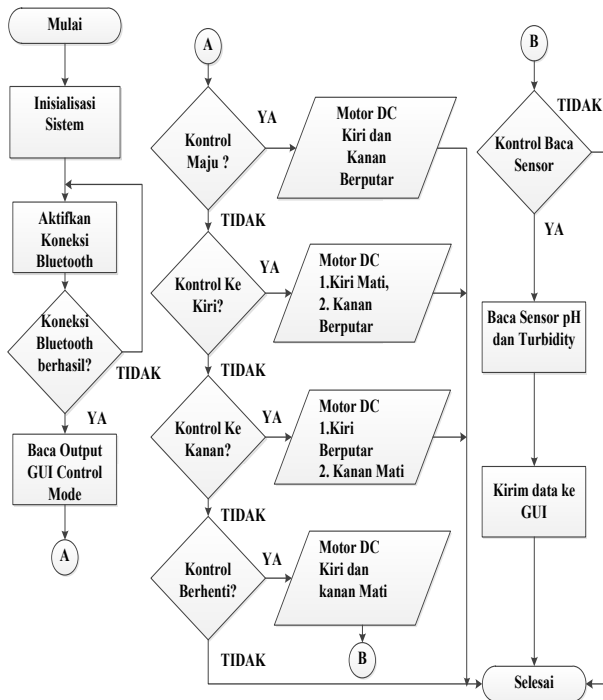
Sistem penggerak kapal menggunakan dua motor DC 12 volt penggerak berupa baling-baling yang diletakkan tepat di bagian belakang kapal. Untuk mengendalikan motor DC dibutuhkan arus yang lebih besar, oleh karena itu, kapal ini dilengkapi dengan IC *Driver* L298 untuk membangkitkan arus listrik. Kapal dapat bergerak maju, belok kiri, belok kanan, dan berhenti.

Untuk kebutuhan daya maka robot kapal dilengkapi dengan baterai LiPo 11,1 v dengan kapasitas 2000 mAH. Baterai ini digunakan untuk mencatu semua kebutuhan daya robot kapal.

Secara garis besar program utama terdiri dari 3 bagian yaitu koneksi Bluetooth, kontrol pergerakan kapal melalui GUI dan program membaca hasil pengukuran kualitas air. Secara keseluruhan program robot kapal tampak pada Gambar 4.

#### B. Struktur Badan Kapal

Pembuatan bodi kapal menggunakan kayu triplek dengan tebal 3 mm. Bodi kapal dibuat seefisien mungkin agar tidak tenggelam dan mampu bergerak cepat, serta dapat mengangkat komponen-komponen yang digunakan dalam robot kapal. Badan kapal memiliki panjang 50 cm, lebar belakang 20 cm, dan tinggi 15 cm. Seperti pada Gambar 5 dan Gambar 6 jika dilihat dari atas, kapal ini berbentuk segi lima. Kedua motor DC diletakkan pada bagian belakang kapal di kiri dan kanannya dan dipasang dua buah baling baling pada tiap-tiap motornya. Probe dari sensor pH dan sensor turbiditas diletakkan pada bagian bawah kapal. Sensor turbiditas dihubungkan dengan tiga kabel yang terhubung dengan sistem mikrokontroler dengan panjang kabel dari bagian bawah kapal 15 cm, sedangkan probe sensor pH terhubung dengan modul sensor pH dengan kabel bawaan sepanjang 40 cm dari

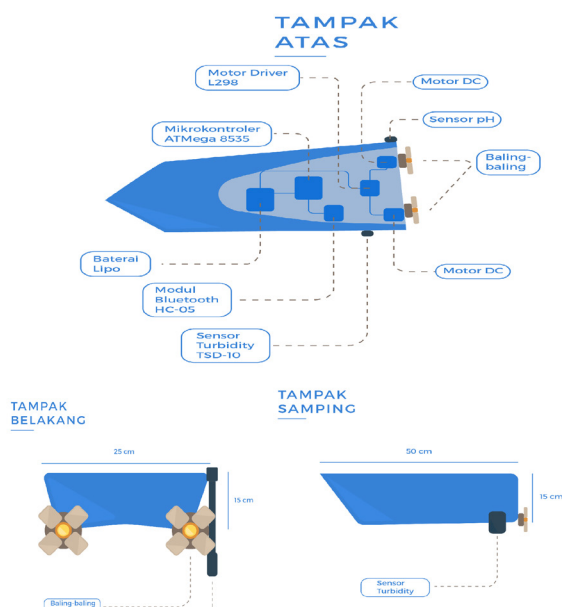


Gambar 4. Diagram alir sistem

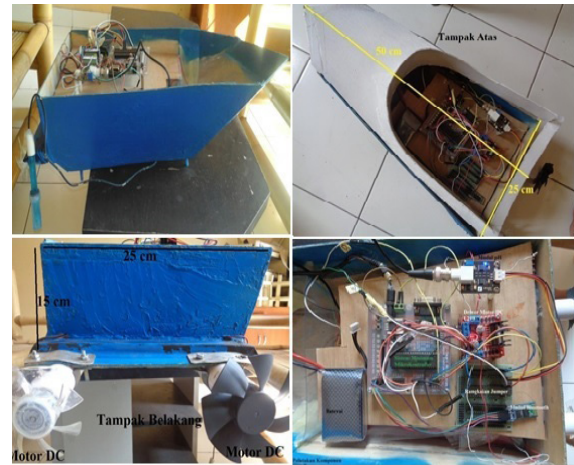
bawah kapal. Mikrokontroller, driver motor L298, modul sensor pH, rangkaian jumper, serta baterai diletakkan di dalam kapal, dengan jarak 8 cm dari dasar kapal.

### C. Parameter Kualitas Air

Pada Tabel 4 adalah pembagian kualitas air berdasarkan kombinasi dari nilai pH dan kekeruhan air. Standar kualitas air dibagi menjadi menjadi 3 level, yaitu kualitas baik, kurang baik, dan tidak baik.



Gambar 5. Desain Robot Kapal



Gambar 6. Implementasi Robot Kapal

### D. Keanggotaan Himpunan Logika Fuzzy termodifikasi

Berdasarkan pembagian kualitas air seperti pada Tabel 4, maka langkah selanjutnya diperlukan penentuan derajat keanggotaan pada logika Fuzzy termodifikasi. Derajat keanggotaan didapatkan dari nilai pH dan turbiditas air.

#### 1. Derajat keanggotaan nilai pH

Gambar 7 merupakan derajat keanggotaan untuk sensor pH [12]. Gambar 7 memperlihatkan nilai di antara rentang  $x_1 > ADC$  adalah pH Asam,  $x_1 < ADC < x_2$  menunjukkan nilai pH yang dianggap Normal dan  $ADC > x_2$ .

#### 2. Derajat keanggotaan nilai turbiditas air

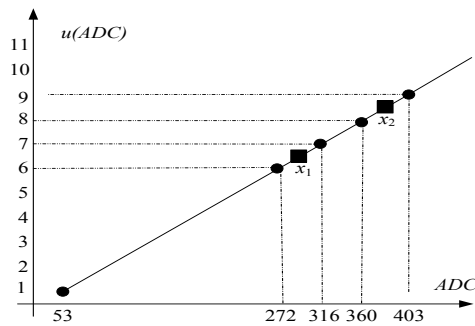
Gambar 8 merupakan derajat keanggotaan untuk nilai turbiditas air dalam satuan NTU. Dari gambar diperlihatkan nilai  $ADC < x_2$  menunjukkan nilai NTU yang normal dan nilai  $ADC > x_2$  menunjukkan nilai NTU yang dianggap sudah keruh.

#### 3. Aturan yang digunakan untuk menentukan keputusan baik atau tidaknya kualitas air dari daerah yang diukur dapat dilihat pada Tabel 4.

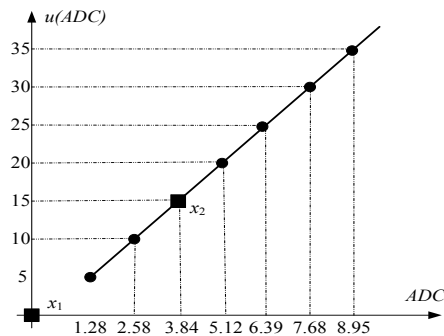
Modifikasi yang dilakukan dalam algoritma fuzzy yang digunakan ada pada bagian defuzzyfikasinya, dimana biasanya pada proses awal dilakukan fuzzyfikasi mengubah nilai besaran dalam terukur pH atau NTU ke derajat nilai fuzzy yang dikehendaki biasanya rentang

Tabel 4. Parameter kualitas air

|          |         | Tingkat Kekeruhan (NTU) |        |        |       |       |     |
|----------|---------|-------------------------|--------|--------|-------|-------|-----|
|          |         | 0 - 5                   | 5 - 10 | 10- 15 | 15-20 | 20-25 | >25 |
| Nilai pH | < 6     |                         |        |        |       |       |     |
|          | 6 - 6,5 |                         |        |        |       |       |     |
|          | 6,5 - 7 |                         |        |        |       |       |     |
|          | 7 - 7,5 |                         |        |        |       |       |     |
|          | 7,5 - 8 |                         |        |        |       |       |     |
|          | 8 - 8,5 |                         |        |        |       |       |     |
|          | 8,5 >   |                         |        |        |       |       |     |
| Ket      |         | Baik                    |        |        |       |       |     |
|          |         | Kurang Baik             |        |        |       |       |     |
|          |         | Tidak Baik              |        |        |       |       |     |



Gambar 7. Derajat keanggotaan nilai pH air



Gambar 8. Derajat keanggotaan nilai turbiditas air

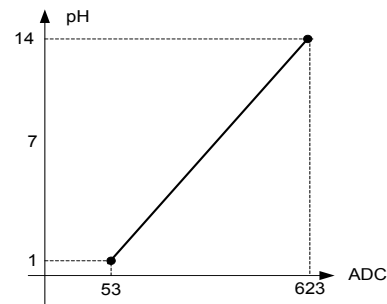
antara nilai 0 sampai dengan 1. Tapi pada penelitian ini langsung dilakukan *cross function* dari derajat keanggotaan pH dan NTU yang telah diuji disesuaikan dengan aturan fuzzy yang dibuat. Sehingga tidak diperlukan lagi proses defuzzyfikasi.

#### E. Pengujian Bluetooth

Dalam pengujian kondisi *Line of Sight* (LOS) antara modul Bluetooth kapal dengan Bluetooth adapter laptop diuji tanpa adanya halangan. Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan dahulu modul Bluetooth di kapal dengan Bluetooth adapter laptop sehingga LED indikator pada modul Bluetooth kapal menyala terus, kemudian kapal dibawa jalan menjauh dari laptop (jarak 0 meter adalah posisi laptop) dan diukur jarak tempuhnya sampai LED modul Bluetooth kapal berkedip. Hasil pengukuran seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian koneksi Bluetooth terhadap jarak

| No | Jarak (m) | Status          |
|----|-----------|-----------------|
| 1  | 10        | Terhubung       |
| 2  | 20        | Terhubung       |
| 3  | 25        | Terhubung       |
| 4  | 26        | Terhubung       |
| 5  | 27        | Terhubung       |
| 6  | 28        | Terhubung       |
| 7  | 28,5      | Tidak Terhubung |
| 8  | 29        | Tidak Terhubung |
| 9  | 30        | Tidak Terhubung |



Gambar 9. Grafik kalibrasi sensor pH

#### F. Pembacaan Input Sensor pH dan turbiditas

Sebelum diinputkan ke GUI, sensor perlu dikalibrasikan dulu dengan cara membuat persamaan garis yang bersumbu pada hasil Nilai ADC yang dibaca sensor pH. Kemudian persamaan garis ini dimasukkan ke dalam program cvavr agar nilai yang dikirim ke GUI sudah jadi dalam bentuk nilai pH. Dalam kalibrasi ini digunakan cuka bibit (pH=1) dan cairan soda api (pH=14). Perbandingan output nilai ADC yang diukur dari input sensor pH air seperti pada Gambar 9.

Dari hasil pengukuran data yang terlebih dahulu sudah diketahui nilai pH nya dimana nilai pH Cuka Bibit=1, dan nilai pH Soda Api=14 dan dengan melihat bahwa karakteristik pH linear terhadap tegangan menunjukkan bahwa pH juga pasti linear terhadap ADC, karena sudah pasti bahwa tegangan linear terhadap ADC. Hasil pengujian menunjukkan pada pH=1 didapatkan nilai ADC rata rata  $\approx 53$  dan pada pH=14 didapatkan nilai ADC rata-rata  $\approx 623$ . Dari pengujian pada Tabel 6 ini persamaan sensor pH yang sebenarnya dapat dikalibrasi sebagai berikut.

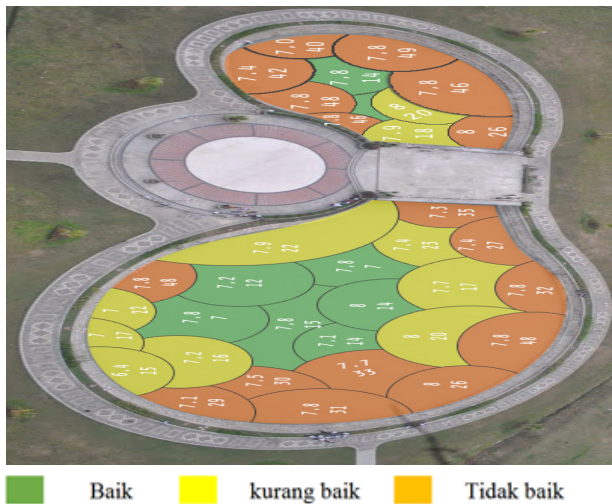
Dari Gambar 9 tersebut dapat diturunkan persamaan untuk mencari nilai pH terkalibrasi dari data ADC sensor pH yang terukur. Berikut merupakan persamaan nilai pH terkalibrasi (7).

$$pH = 0.0228 ADC - 0.209 \quad (7)$$

Persamaan (7) merupakan persamaan kalibrasi untuk

Tabel 6. Hasil Kalibrasi Sensor PH3

| No        | Nilai ADC Cuka Bibit (pH=1) | Nilai ADC Soda Api (pH=14) |
|-----------|-----------------------------|----------------------------|
| 1         | 48                          | 623                        |
| 2         | 51                          | 623                        |
| 3         | 52                          | 623                        |
| 4         | 52                          | 623                        |
| 5         | 52                          | 624                        |
| 6         | 52                          | 624                        |
| 7         | 54                          | 622                        |
| 8         | 53                          | 622                        |
| 9         | 55                          | 622                        |
| 10        | 56                          | 623                        |
| Rata-rata | 52.5                        | 622.9                      |



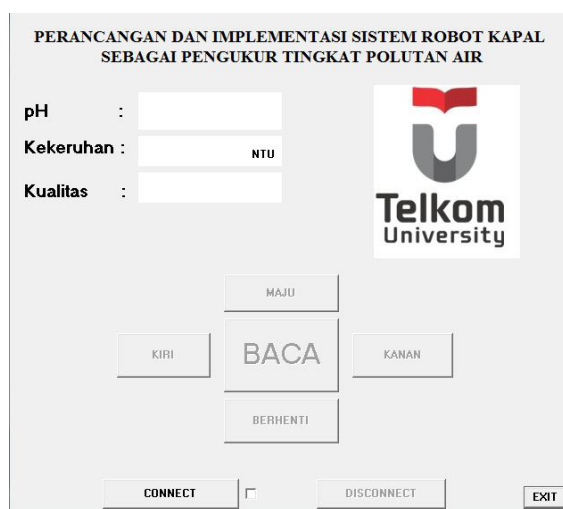
Gambar 10. Pemetaan hasil pengukuran pH dan turbiditas di danau

mengukur pH dalam penelitian ini.

Untuk uji coba robot kapal dilakukan di danau yang ada di dalam kampus. Dilakukan pengukuran pH dan turbiditas air danau. Standar pemetaan menggunakan metode *Modified Fuzzy* dan Tabel 4 dengan hasil seperti pada Gambar 10. Dari hasil pengukuran didapatkan bahwa kualitas air danau dibagi menjadi 3 jenis.

Warna hijau yang berada di tengah danau memiliki kualitas air paling baik, selanjutnya warna kuning mewakili kondisi air yang kurang baik, dan warna orange mewakili kondisi tidak baik. Pengujian dilakukan di 50 titik pada danau untuk mewakili keseluruhan kondisi danau saat itu. Hasil pengukuran ditampilkan pada Gambar 10.

Dari hasil pengukuran tampak bahwa penggunaan metode *Modified Fuzzy* mampu menentukan kualitas air danau dengan lebih presisi. Hal ini karena penentuan dari kualitas air yang baik, kurang baik dan tidak baik ditentukan dari kombinasi nilai pH dan turbiditas air. Hasil nilai pH air danau yang diukur pada masing-masing titik bervariasi dari 6,5 sampai 8 sedangkan nilai turbiditas yang diukur berkisar antara 5 NTU sampai 49 NTU.



Gambar 11. GUI Kendali robot kapal berbasis Visual Basic

### G. Pengujian Seluruh sistem

Pada pengujian keseluruhan sistem ini, maka hal utama yang diuji coba adalah kontrol melalui GUI. Tiap-tiap tombol yang berada pada *user interface* diuji satu per satu dengan cara menekan masing-masing tombol tersebut apakah perintah yang sudah diberikan benar atau tidak. Tampilan GUI yang telah dibuat seperti pada Gambar 11.

Untuk mengetahui hasil perancangan kontrol sistem apakah sesuai dengan yang diinginkan maka dilakukan pengujian untuk keseluruhan sistem yang dibuat. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan hasil seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian fungsi kontrol robot kapal

| No | Tombol yang ditekan | Respon                                                                                                                                                                       | Hasil    |
|----|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1  | CONNECT             | 1). Bluetooth adapter laptop dengan modul Bluetooth kapal terhubung ditandai dengan lampu indikator modul Bluetooth kapal yang menyala terus.                                | Berhasil |
|    |                     | 2). Semua tombol arah menyala, tombol baca menyala, tombol disconnect menyala.                                                                                               | Berhasil |
|    |                     | 3). Tombol exit mati, tombol connect mati.                                                                                                                                   | Berhasil |
| 2  | DISCONNECT          | 1). Bluetooth adapter laptop dengan modul Bluetooth kapal terputus ditandai dengan lampu indikator modul Bluetooth kapal yang berkedip.                                      | Berhasil |
|    |                     | 2). Semua tombol arah mati, tombol baca mati, tombol disconnect mati..                                                                                                       | Berhasil |
|    |                     | 3). Tombol exit menyala, tombol connect menyala                                                                                                                              | Berhasil |
| 3  | BACA                | Nilai pH ditampilkan pada label pH, nilai turbiditas ditampilkan pada label kekeruhan, serta nilai kualitas dari kedua sensor tersebut ditampilkan sesuai dengan perancangan | Berhasil |
| 4  | KIRI                | 1). Tombol baca mati, command baca sensor tidak dapat digunakan                                                                                                              | Berhasil |
|    |                     | 2). Motor kiri kapal berputar, sedangkan motor kanan kapal berhenti. Kapal berbelok ke kiri                                                                                  | Berhasil |
| 5  | KANAN               | 1). Tombol baca mati, command baca sensor tidak dapat digunakan                                                                                                              | Berhasil |
|    |                     | 2). Motor kanan kapal berputar, sedangkan motor kiri kapal berhenti. Kapal berbelok ke kanan                                                                                 | Berhasil |
| 6  | MAJU                | 1). Tombol baca mati, command baca sensor tidak dapat digunakan                                                                                                              | Berhasil |
|    |                     | 2). Kedua motor berputar, kapal melaju ke depan                                                                                                                              | Berhasil |
| 7  | BERHENTI            | 1). Tombol baca menyala, command baca sensor dapat digunakan                                                                                                                 | Berhasil |
|    |                     | 2). Kedua motor berhenti berputar, kapal berhenti                                                                                                                            | Berhasil |
| 8  | EXIT                | Pogram GUI tertutup                                                                                                                                                          | Berhasil |

Tabel 8. Pengujian keseluruhan sistem

| No | Jarak (m) | Status Koneksi | pH  | NTU | Waktu ukur (s) | Status Air |
|----|-----------|----------------|-----|-----|----------------|------------|
| 1  | 3         | Terhubung      | 8   | 26  | 0.9            | Tidak B.   |
| 2  | 5         | Terhubung      | 7.7 | 33  | 1.2            | Tidak B.   |
| 3  | 7         | Terhubung      | 7.5 | 30  | 1.2            | Tidak B.   |
| 4  | 10        | Terhubung      | 7.9 | 22  | 1.3            | Kurang B.  |
| 5  | 12        | Terhubung      | 7.4 | 23  | 1.3            | Kurang B.  |
| 6  | 14        | Terhubung      | 7.7 | 17  | 1.4            | Kurang B.  |
| 7  | 16        | Terhubung      | 7.8 | 7   | 1.5            | Baik       |
| 8  | 20        | Terhubung      | 8   | 14  | 1.8            | Baik       |
| 9  | 24        | Terhubung      | 7.2 | 12  | 1.9            | Baik       |
| 10 | 28        | Terhubung      | 7.8 | 8   | 2              | Baik       |

Pada pengujian sebelumnya diketahui bahwa koneksi GUI ke modul Bluetooth yang ada di robot kapal memiliki jarak maksimum 28 meter. Selanjutnya dilakukan pengujian pada jarak kurang dari 28 meter yaitu pada rentang antara 3–28 meter. Jarak pengukuran menyesuaikan posisi user yang menggunakan laptop sebagai pengontrol melalui GUI terhadap posisi robot yang diuji coba di danau kampus. Hal ini dilakukan karena pada rentang jarak tersebut robot kapal masih dalam rentang komunikasi atau koneksi yang baik dengan GUI di laptop.

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap titik pengukuran, kemudian diambil nilai rata-rata untuk setiap pengukuran. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 8.

Hasil pengujian pada Tabel 8, dalam hal ini diwakili dengan status air, menunjukkan hasil yang sesuai dengan algoritma *Modified Fuzzy* yang diterapkan dan menunjukkan nilai keakuratan pengujian sebesar 100%. Hal ini membuktikan bahwa kombinasi nilai pH dan turbiditas menghasilkan keluaran yang sesuai dengan logika *Modified Fuzzy* untuk menentukan kualitas air. Selain ini protipe robot kapal mampu menampilkan hasil pengukuran kepada *user* secara langsung dengan waktu ukur kurang dari atau sama dengan 2 detik dengan jarak maksimum 28 meter.

#### IV. KESIMPULAN

Robot kapal pengukur pH dan turbiditas air memberikan hasil yang baik sesuai dengan perancangan baik dilihat dari sisi kontrol pergerakan kapal maupun dari hasil pengukuran pH dan turbiditas air yang ditampilkan. Semua tombol-tombol kontrol pada GUI dapat dieksekusi dengan baik. Respon kapal terhadap perintah GUI sudah berjalan sesuai dengan perancangan. Robot kapal dapat dikontrol pada jarak maksimum 28 meter pada kondisi

LOS.

Dari hasil pengujian Nilai PH dan turbiditas air di danau kampus, sistem mampu menampilkan hasil pengukuran pH dengan range antara 6,5 sampai dengan 8 dan tingkat turbiditas yang diukur dengan range yang bervariasi antara 5 NTU sampai dengan 49 NTU. Metode *Modified Fuzzy* yang digunakan mampu mendeteksi kualitas air dengan lebih presisi dan mampu membaginya menjadi 3 level yaitu: baik, kurang baik, dan tidak baik.

#### REFERENSI

- [1] United Nation, "Wastewater Management," 2013.
- [2] H. Effendi, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius, 2003.
- [3] M. A. P. Negara and D. S. Laksono, "Perancangan Kendali Robot pada Smartphone Menggunakan Sensor Accelerometer Berbasis Metode Fuzzy Logic," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 13, no. 36, pp. 76–81, 2017.
- [4] Y. A. Nugraha, "Implementasi Sistem Otomatis pada Robot Kapal Berbasis Komputer Vision Untuk Kontes Kapal Cepat Tak Berawak Nasional," *J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 40–53, 2014.
- [5] A. Fakhra, "Pembuatan prototype robot kapal pemungut sampah menggunakan mikrokontroler arduino uno dengan aplikasi pengendali berbasis android," *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 21, no. 3, pp. 185–195, 2016.
- [6] A. Novianti and U. Sunarya, "Perancangan Robot Pendeteksi Lingkungan Berbahaya Berbasis Logika Fuzzy dan Kontrol Android," *J. Elektro dan Telekomun. Terap.*, vol. 24, no. Figure 1, pp. 1–6, 2013.
- [7] S. Randhawa, S. S. Sandha, and B. Srivastava, "A Multi-sensor Process for In-Situ Monitoring of Water Pollution in Rivers or Lakes for High-Resolution Quantitative and Qualitative Water Quality Data," *Proc. - 19th IEEE Int. Conf. Comput. Sci. Eng. 14th IEEE Int. Conf. Embed. Ubiquitous Comput. 15th Int. Symp. Distrib. Comput. Appl. to Business, Engi.*, pp. 122–129, 2017.
- [8] M. Abdullah, E. Susanto, and I. P. D. Wibawa, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kualitas Air Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 1321–1326, 2016.
- [9] N. Faidhon, A. N. Jati, and U. Sunarya, "UNEXAR – Mini AUV Design & Measurement," in *International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communications*, 2015, pp. 203–207.
- [10] S. Yosi, N. J. Agung, and S. Unang, "Tilt and Heading Measurement Using Sensor Fusion From Inertial Measurement Unit," in *International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCEREC)*, 2015, pp. 193–197.
- [11] World Health Organization, *pH in Drinking-water Background document for development of*, vol. 2. 1996.
- [12] U. Sunarya, "Simulasi Dan Analisis Alat Ukur Untuk Penentuan Kualitas Air Kolam Renang Berbasis Logika Fuzzy," in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 2015, no. 416, pp. 22–23.

**Penerbit:**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: [rekayasa.elektrika@unsyiah.net](mailto:rekayasa.elektrika@unsyiah.net)

Telp/Fax: (0651) 7554336

