

SISTEM PEMANTAUAN DAN KLASIFIKASI KONDISI PENCEMARAN AIR SUNGAI DENGAN METODE FUZZY LOGIC

MONITORING AND CLASSIFICATION SYSTEM OF RIVER WATER POLLUTION CONDITTONS WITH FUZZY LOGIC METHOD

Khalid Waleed A. S.¹, Dr. Purba Daru Kusuma M. T.², Casi Setiamingsih S. T., M. T.³

Prodi S1 Teknik Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

khalidwaleedas@gmail.com

Abstrak

Dengan berkembangnya zaman saat ini, dengan berkembangnya teknologi dan kebutuhan yang sangat pesat menimbulkan peningkatan kebutuhan yang signifikan, begitu pula pencemaran yang terjadi, sector perairan terutama sungai sudah mengalami penurunan kualitas air bahkan hingga terjadi pecemaran, yang mengakibatkan air tidak dapat lagi di konsumsi baik oleh tubuh manusia mau pun untuk kebutuhan lainnya. Bahkan saat ini sudah mulai banyak pnelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah ini, dari mulai mencoba menghilangkan pencemaran tersebut atau di antaranya melakukan pemantauan serta melakukan klasifikasi kondisi air tersebut, agar tidak salah pemanfaatanya. Beberapa sistem yang dikembangkan mulai dapat mengolah data yang ada, baik itu kondisi dari air, pengamatan secara kimia mau pun secara fisik. Hal ini dilakukan karena air merupakan kebutuhan maunisa yang tidak bisa di toleransi, maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk membantu memenuhi atau bahkan sekedar memberikan peringatan tentang kualitas air. Dengan adanya perkembangan IoT sistem pemantauan pun akan berkembang, karena dengan ada nya tekno logi seperti LPWAN sepesifiknya LoRa data singkat dpat di kirim dengan menggunakan daya yang lebih rendah. Beberapa penelitian sebelumnya sudah melakukan pemantau kondisi, baik mulai dari kondisi kandungan dari air, mupun kondisi fisik dari air itu sendiri, banyak pengembangan ini sudah menggunakan sistem cerdas yang tidak lagi memiliki peran manusia secara langsung. Maka dari itu pengembangan pun dilakuikan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik kedepanya.

Kata Kunci : *Fuzzy Logic, Pemantauan, Klasifikasi, Polusi Air, Internet of Things*

Abstract

With the development of the current era, with the development of technology and very rapid needs, there is a significant increase in demand, as well as pollution, the water sector, especially rivers, has experienced a decline in water quality even to pollution, which results in water consumption human body also for other needs. Even now there has been a lot of research being done to solve this problem, from starting to try to eliminate the pollution or including monitoring and classifying the water conditions, so as not to misuse it. Some of the systems that were developed began to be able to process existing data, be it conditions from water, chemical observations or physically. This is done because water is a necessity that cannot be tolerated, so this research is done to help fulfill or even provide a calm warning of water quality. With the development of IoT monitoring systems will develop, because with the existence of technology such as LPWAN as specific as possible the short data can be sent using lower power. Several previous studies have monitored the condition, both from the conditions of the content of water, as well as the physical condition of the water itself, many of these developments have used intelligent systems that no longer have a direct human role. So from that development was carried out to get better results in the future.

Key Word : *Fuzzy Logic, Monitoring, Classification, Water Pollution, Internet of Things*

1. Pendahuluan

Di Indonesia, air sungai memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan di masyarakat contohnya, untuk transportasi dan kegiatan ekonomi penduduknya. Namun air bekas penggunaan industri, pertanian dan domestik langsung di buang ke sungai, hal ini banyak terjadi di negara berkembang karena sistem pengarian libah yang belum sempurna. Air sungai sendiri telah di dimanfaatkan sebagai air minum, irigasi sistem pertanian serta berbagai budidaya ikan sepanjang sejarah manusia. Namun, pencemaran air telah menjasi salah satu masalah yang paling dirasakan dibanyak negara teruatama negara berkembang seperti Indonesia, sungai juga memeinkan peran penting dalam transportasi serta banyak kegiatan ekonomi. Oleh karena itu, penelitian tentang pemantauan

kualitas air sangat penting dilakukan dengan di lihatnya sistuasi saat ini[1]. Kondisi air sendiri di bagi menjadi beberapa tingkat pencemarannya, kondisi tersebut di bagi untuk menentukan tingkat kegunaan air di masyarakat mau pun industri, tingkatan tersebut terbagi menjadi beberapa ada yang berbentuk fisik, kimiawi, maupun secara biologis. Pencemaran pada umumnya dapat dilihat Dari beberapa aspek yang ada pada air mulai dari tingkat kekeruhan air, suhu air serta nilai pH air [2].

Dengan kondisi zaman yang sudah maju ini, mulai banyak sistem yang dikembangkan dengan tujuan untuk memantau hingga menentukan kondisi suatu objek. Karena sudah dapat di ketahui beberapa aspek penting dalam pemantauan tersebut, dari mulai kondisi objek saat ini bahkan sampai prediksi kondisi objek tersebut dimasa depan berdasarkan kondisi saat ini. Dengan adanya sebuah fungsi logika maka pengembangan sistem seperti ini sangat bisa untuk di lakukan baik sekarang maupun kedepannya. Salah satu fungsi logika yang banyak di gunakan adalah fuzzy logic, karena dengan fungsi logika ini kita dapat mengolah beberapa data yang ada menjadi suatu bentuk hasil keluaran, keluaran itu sendiri dapat berbentuk suatu status atau keadaan mau pun berbrntuk suati aksi yang akan di lakukan suatu alat [3]. Serta di dukung dengan adanya Internet of Thing (IoT) yang mendukung untuk membuat data yang didapat dapat di tampung sehingga hasilnya data tersebut dapat diolah serta, hasilnya dapat di tampilkan lebih baik lagi.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Pencemaran Air

Pencemaran air adalah suatu perubahan keadaan di suatu tempat penampungan air seperti danau, sungai, lautan dan air tanah akibat aktivitas manusia. Danau, sungai, lautan dan air tanah adalah bagian penting dalam siklus kehidupan manusia dan merupakan salah satu bagian dari siklus hidrologi. Selain mengalirkan air juga mengalirkan sedimen dan polutan. Berbagai macam fungsinya sangat membantu kehidupan manusia. Pemanfaatan terbesar danau, sungai, lautan dan air tanah adalah untuk irigasi pertanian, bahan baku air minum, sebagai saluran pembuangan air hujan dan air limbah, bahkan sebenarnya berpotensi sebagai objek wisata.

Walaupun fenomena alam seperti gunung berapi, badai, gempa bumi dll juga mengakibatkan perubahan yang besar terhadap kualitas air, hal ini tidak dianggap sebagai pencemaran. Pada jurnal [7] dijelaskan bahwa beberapa pencemaran air terjadi bukan hanya karena keadaan alam melainkan hasil dari pengolahan air itu sendiri, yang mengakibatkan berubahnya berapa kandungan penting yang terkandung di dalamnya.

2.2 Kekeruhan

Kekeruhan adalah jumlah butir-butir zat yang tidak bisa dilihat dengan mata telanjang yang tergenang dalam air, Kekeruhan biasanya terjadi karena adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (lumpur dan pasir halus) sedangkan dengan organik dan anorganik yang berupa mikro organisme dan plankton. Kekeruhan dinyatakan dengan satuan turbiditas, yang setara dengan ukuran 1mg/liter SiO_2 . Dijelaskan pada jurnal [9], bahwa kekeruhan sendiri dapat di ukur dengan perubahan intensitas cahaya yang menembus air, disamping dari senyawa yng terkandung di penelitian ini lebih fokus pada tingkat kekeruhan yang terjadi pada air.

2.3 Suhu

Suhu menunjukkan derajat panas benda. Mudahnya, semakin tinggi suhu suatu benda, semakin panas benda tersebut. Secara mikroskopis, suhu menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik itu dalam bentuk perpindahan maupun gerakan di tempat getaran. Makin tingginya energi atom-atom penyusun benda, makin tinggi suhu benda tersebut. Sebuah peta global jangka panjang suhu udara permukaan rata-rata bulanan dalam proyeksi Mollweide. Suhu juga disebut temperatur yang diukur dengan alat termometer. Empat macam termometer yang paling dikenal adalah Celsius, Reaumur, Fahrenheit dan Kelvin. Kemudian pada jurnal [10] dijelaskan perubahan signifikan terjadi pada suhu air karena reaksi kimia yang mempengaruhi konduktivitas dan TDS dari air. Ini dapat ditentukan dengan pengamatan yang cermat. Mobilitas ion dan konsentrasi ion juga mengubah konduktivitas larutan. Temperatur diukur dalam skala centigrade.

2.4 pH

pH didefinisikan sebagai ukuran jumlah alkalinitas atau keasaman dalam air minum, yang pada dasarnya adalah pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam air. analisis pH membantu dalam berbagai macam aplikasi seperti industri atau domestic aplikasi. Ini bervariasi dari proses pengolahan air limbah ke pengkondisian air untuk proses industri. Dikutip dari jurnal [10] yang menyatakan, memantau pH air minum penting karena banyak alasan seperti: di tubuh manusia, proses metabolisme tidak dapat menahan ketidakseimbangan pH. Setiap variasi pH dalam cairan biologis bahkan dapat menyebabkan produksi

racun dalam tubuh dan melemahkan kemampuan tubuh menghasilkan enzim dan hormon yang dapat menyebabkan masalah sistem syaraf pusat . Itu juga dapat mempengaruhi elektrofisiologi aktivitas otak, mampu mengubah enzim bentuk mengakibatkan kegagalan dalam fungsi normal aktivitas metabolisme tubuh manusia. pengukuran pH bisa dilakukan dengan menggunakan prinsip elektroda kaca gabungan, adalah hydrogen ion dalam larutan bermigrasi melalui penghalang selektif, menghasilkan potensi perbedaan (tegangan) yang terukur sebanding dengan nilai pH solusi. pH air minum harus antara 6,5 hingga 9.

2.5 Internet of Things

Internet of Thing (IoT) adalah sebuah konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. IoT telah berkembang dari konvergensi teknologi nirkabel, micro-electromechanical systems (MEMS), dan Internet.

2.6 LPWAN

Low-power wide-area network (LPWAN) atau *low-power wide-area* (LPWA) atau *low-power network* (LPN) adalah tipe *wireless telecommunication wide area network* yang di rancang untuk dapat mekukan komunikasi jarak jauh dengan bit rate yang rendah di bandingkan jaringan lainnya. Tipe jaringan ini di peruntukan untuk penggunaan daya sendah seperti sensor yang di operasikan pada baterai. Daya rendah, bit rate rendah dan penggunaannya yang membedakan jaringan ini dari wireless WAN yang di gunakan untuk keperluan menghubungkan pengguna atau keperluan komersil, dan menggunakan lebih banyak data serta menggunakan lebih banyak daya, Data rate LPWAN sendiri berkisar dari 0.3 kbit/s hingga 50 kbit/s per channel.

2.7 LoRa

LoRa (*Long Range*) adalah suatu format modulasi yang unik dan mengagumkan yang dibuat oleh Semtech. modulasi yang dihasilkan menggunakan modulasi FM. Inti pada pemrosesan menghasilkan nilai frekuensi yang stabil. metode transmisi juga bisa menggunakan PSK (Phase Shift Keying), FSK(Frequency Shift Keying) dan lainnya. Nilai frekuensi pada LoRa bermacam-macam sesuai daerahnya, jika di Asia frekuensi yang digunakan yaitu 433 MHZ, di Eropa nilai frekuensi yang digunakan yaitu 868 MHZ, sedangkan di Amerika Utara frekuensi yang digunakan yaitu 915 MHZ.

2.8 Microcontroller

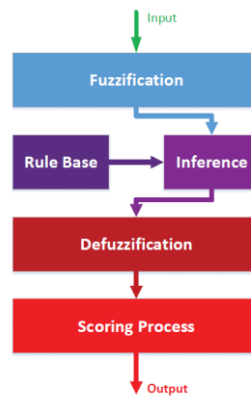
Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umunya dapat menyimpan program didalamnya. Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umunya dapat menyimpan program did umumnya terdiri dari CPU (Central Processing Unit), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti Analog-to-Digital Converter (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Kelebihan utama dari mikrokontroler ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran board mikrokontroler menjadi sangat ringkas.

2.9 Sensor

Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut Transduser. Pada saat ini, sensor tersebut telah dibuat dengan ukuran sangat kecil dengan orde nanometer. Ukuran yang sangat kecil ini sangat memudahkan pemakaian dan menghemat energi.

2.10 Fuzzy Logic

Fuzzy Logic adalah suatu cabang ilmu Artificial Intellegence, yaitu suatu pengetahuan yang membuat komputer dapat meniru kecerdasan manusia sehingga diharapkan komputer dapat melakukan hal-hal yang apabila dikerjakan manusia memerlukan kecerdasan. Dengan kata lain *fuzzy logic* mempunyai fungsi untuk “meniru” kecerdasan yang dimiliki manusia untuk melakukan sesuatu dan mengimplementasikannya ke suatu perangkat, misalnya robot, kendaraan, peralatan rumah tangga, dan lain-lain. Pada jurnal [8], dijelas tentang penggunaan *fuzzy logic* untuk menentukan kondisi dari berapa data sensor yang di dapat yang kemudian dapat dilakukan sebuah prediksi kedepanya



Gambar 2.1 Proses Fuzzy Logic

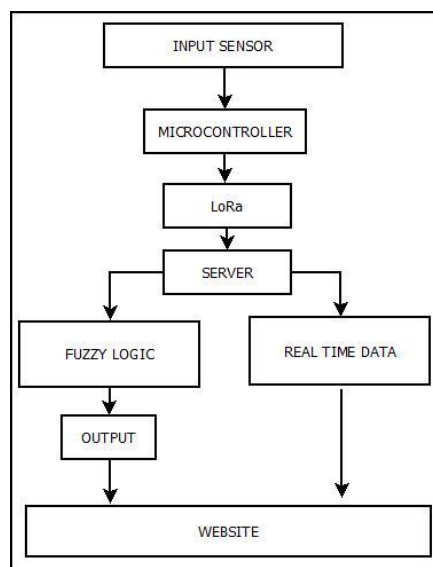
Pada Gambar 2.2 dijelaskan bahwa fuzzy logic memiliki beberapa tahap sebelum hasil dari proses proses data yang di olah menjadi suatu kondisi hasil. Tahap tahap yang dimiliki Fuzzy Logic :

1. Fuzzification : Tahap ini di lakukan untuk menentukan nilai inference. Dalam tahap ini data yang masuk akan di tentukan nilainya untuk di proses oleh rules yang telah di tentukan.
2. Rules dan Inference : Nilai yang telah di dapatkan kemudian seluruh nilai inferences akan di proses.
3. Defuzzification : Proses ini dilakukan untuk mengembalikan nilai untuk kembali di jadikan nilai akhir.
4. Scoring Process : Pada proses ini nilai dari hasil fuzzy logic akan didapatkan dari proses defuzzification.

3. Pembahasan

3.1 Gambaran Umum Sistem

Pada penelitian ini akan di terapkan suatu teknik klasifikasi data dengan menggunakan algoritma *Fuzzy Logic*. Algoritma ini berfungsi sebagai pembentuk pola untuk melakukan klasifikasi kondisi. Kondisi yang di bahas pada tugas akhir ini adalah kondisi dari pencemaran air sungai, pencemaran yang di pantau dan di klasifikasikan merupakan sungai yang telah tercemar kemudian di lakukan pengambilan data tingkat pH , suhu , serta kekeruhan yang terkandung di dalam air yang ada di sungai tersebut. Kondisi yang akan di dapatkan nantinya berbentuk tingkat pencemaran air yaitu dapat di bagi menjadi pencemaran *low*, *medium*, atau *high*. Berikut merupakan gambaran pada tugas akhir ini sebagai berikut.



Gambar 3.1 Gambaran umum

Pada gambar 3.1 di perjelas alur pengerjaan sistem :

1. **Input Sensor** : Data air sungai yang tercemar dari sensor di terima baik berbentuk digital atau pun analog sebagai *input* awal sistem.

2. **Microcontroller** : Data yang di dapat kemudian akan di olah di dalam *microcontroller* untuk di ubah menjadi nilai valid sensor.
3. **LoRa** : Data dari *microcontroller* akan dikirim menggunakan *long range network*.
4. **Server** : Data yang di kirim akan di tampung pada server Antares untuk mendapatkan nilai *time stamp* setiap data yang dikirim.
5. **Fuzzy Logic** : Akan dilakukan klasifikasi kondisi menggunakan algoritma *fuzzy logic* dengan menggunakan data yang telah ada di server, yang kemudian nantinya akan mendapatkan *ouput* akhir sistem.
6. **Real Time Data** : Data yang ada di server akan di kirim ke data base website sehingga pengguna dapat mengakses data yang sebelumnya telah di dapat.
7. **Website** : Pada tampilan website seluruh data akan di tampilkan kemudian dapat di akses oleh seluruh pengguna.

3.2 Spesifikasi Perancangan Sistem

Adapun spesifikasi perancangan yang terdapat pada Sistem klasifikasi tingkat pencemaran air sungai :

- 1) Mampu menerima data dari alat untuk kemudian data tersebut di olah oleh sistem.
- 2) Mampu mengirimkan dari alat menggunakan LoRa menuju server Antares.
- 3) Mampu melakukan klasifikasi kondisi pencemaran menggunakan algoritma *Fuzzy Logic*.
- 4) Mampu menampilkan data yang ada pada website.

3.3 Kebutuhan Perancangan Sistem

3.3.1. Kebutuhan Data

Adapun kebutuhan sistem agar tetap berjalan antara lain :

- 1) Data kondisi air sungai yang di dapatkan dari alat yang terpasang.
- 2) Terhubung dengan server penampung data.

3.3.2. Kebutuhan Perangkat

Dalam membuat sebuah perancangan sistem, spesifikasi sangat menunjang proses perancangan baik dalam segi *hardware*, *software*, maupun *user*. Berikut analisa kebutuhan untuk perancangan sistem pada Tugas Akhir ini :

1. Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras yang digunakan untuk membuat sebuah sistem yang dapat melakukan pengambilan data, pengiriman data, serta klasifikasi data dengan spesifikasi sebagai berikut :

- a. *Arduino Mega*
- b. *SS26 PH Sensor Module V.1.1 with PH Probe with MSP340 shield Arduino*.
- c. *Temperature Sensor Suhu DS18B20*.
- d. *Turbidity sensor SKU: SEN0189*.
- e. *Antares LoRa Board*.
- f. *Laptop*

2. Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan model sistem, dalam membuat pemrograman dan pengiriman data di butuhkan perangkat lunak sebagai berikut :

- a. *Arduino IDE (integrated development environment)*.
- b. *Atom IDE (integrated development environment)*.
- c. *Browser Internet*.
- d. *Antares Server*.
- e. *Ooowebhost engine*.

3. Pengguna (*Brainware*)

Untuk menggunakan sistem maka di butuhkan seorang *user* yang memiliki keahlian sebagai berikut :

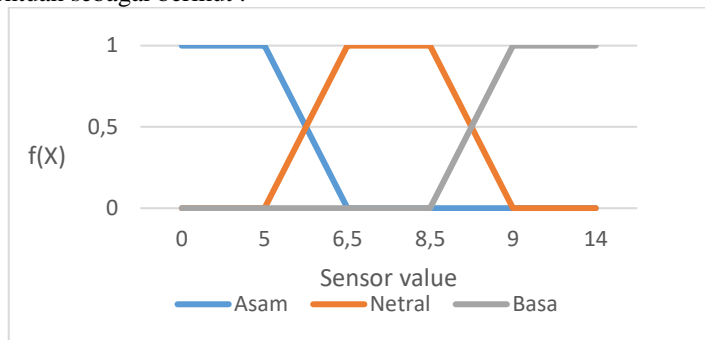
- a. Mampu menggunakan komputer dengan baik.
- b. Mampu menggunakan berbagai jenis *browser internet*.

3.4 Data Sensor

Data yang digunakan pada tugas akhir ini di ambil dari beberapa sensor yang di pasang pada *microcontroller*. Masing masing sensor memiliki fungsi tertentu tergantung dari unsur apa yang ingin di ketahui dari air yang tercemar. Berikut data dari sensor yang digunakan.

1. Sensor pH

Data yang di dapat dari sensor pH berupa tingkat tegangan arus listrik berkisar dari 0 sampai 5 volt. Kemudian tegangan tersebut di konversi menjadi nilai digital 0 sampai 1024. Untuk mendapatkan hasil nilai akhir pH di masukan sebuah persamaan kedalam sistem, kemudian setelah di lakukan kalibrasi akan di denga ketentuan sebagai berikut :

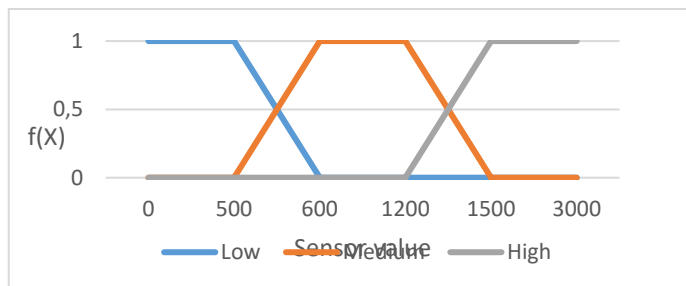


Gambar 3.2 Grafik data sensor pH.

Pada gambar 3.2 di lihat air sungai dapat di katakan asam bila nilai pada sensor berada di bawah 6.5 sedangkan bas ajika nilai lebih tinggi dari 8.5. kemudian air sungai di katakana netral pada kondisi diantara 6.5 sampai 8.5.

2. Sensor Turbidity

Pada sensor *turbidity* atau sensor ringkat kekeruhan air data yang terima berpa tegangan yang berasal dari probe sensor, tegan yang terima berkisar dari 0 sampai 5 volt data tersebut kemudian di ubah untuk mendapatkan hasil nilai kekeruhan di mana pada sensor, nilai paling rendah terletak pada tegangan 2.5 volt sedangkan paling bawah berada pada 0 dan 5 volt. Kemudian data di bagi menjadi sebagai berikut :

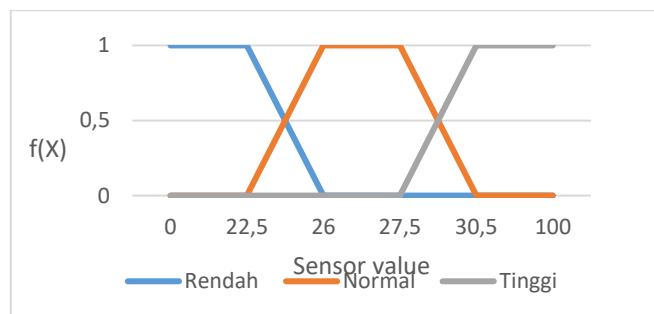


Gambar 3.3 Grafik data sensor *turbidity*

Pada gambar 3.3 di gambarkan pembagian dari hasil sensor kekeruhan air. Satuan dari kekeruhan air sendiri adalah NTU (Nephelometric Turbidity Unit), pda sensor kekeruhan air terbilang *Low* jika nilai NTU lebih rendah dari 600, sedangkan *Medium* berada di kisaran 500.1 hingga 1499.9. kemudian *High* jika lebih dari 1200.

3. Sensor Temperature

Sensor *temperature* atau sensor suhu air akan menghasilkan data berbentuk digital yang di tentukan sebagai berikut :



Gambar 3.4 Grafik data sensor *temperature*.

Pada gambar 3.4 di jelaskan jika nilai sensor berada di bawah 26 drajat celcius maka air sungai di kategorikan dingin, di kisaran 22.5 hingga 30.5 di katakan normal, sedangkan diatas 27.5 bisa dikatakan tinggi.

3.5 Pengambilan Data

Untuk mendapatkan data dari alat tentang nilai pH, kekeruhan dan, suhu yang di amati di butuhkan dukungan dari sensor alat. Sensor yang pasang berguna untuk mendapatkan nilai *real time* air sungai dari sensor yang terpasang masing masing memiliki sistem pengumpulan data tertentu. Setiap sensor di hubungkan dengan *microcontroller* yang kemudian data di jadikan satu paket data yang berisi 3 element yang di pantau.

Suhu = 27.81 C		Turbidity = 387.86 NTU		PH = 7.37 pH	
Suhu = 27.81 C		Turbidity = 376.40 NTU		PH = 7.47 pH	
Suhu = 27.81 C		Turbidity = 376.40 NTU		PH = 7.38 pH	
Suhu = 27.81 C		Turbidity = 387.86 NTU		PH = 7.47 pH	
Suhu = 27.81 C		Turbidity = 387.86 NTU		PH = 7.38 pH	
Suhu = 27.81 C		Turbidity = 382.10 NTU		PH = 7.45 pH	
Suhu = 27.81 C		Turbidity = 376.40 NTU		PH = 7.42 pH	
Suhu = 27.81 C		Turbidity = 387.86 NTU		PH = 7.42 pH	
Suhu = 27.81 C		Turbidity = 387.86 NTU		PH = 7.49 pH	
Suhu = 27.81 C		Turbidity = 387.86 NTU		PH = 7.40 pH	
Suhu = 27.81 C		Turbidity = 382.10 NTU		PH = 7.48 pH	
Suhu = 27.81 C		Turbidity = 376.40 NTU		PH = 7.40 pH	
Suhu = 27.81 C		Turbidity = 387.86 NTU		PH = 7.47 pH	
Suhu = 27.81 C		Turbidity = 387.86 NTU		PH = 7.45 pH	
Suhu = 27.81 C		Turbidity = 382.10 NTU		PH = 7.43 pH	

Gambar 3.5 Pengumpulan data

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Proses Klasifikasi data pencemaran air sungai hanya di berikan 3 jenis kelas (Low, Medium, atau High) menggunakan algoritma *fuzzy logic*.
2. Sistem dapat memvisualisasikan hasil ouput tingkat pencemaran air sungai.

Daftar Pustaka :

- [1]. Sritrusta Sukaridhoto, Dadet Pramadihanto, Taufiqurrahman, Muhammad Alif, Andrie Yuwono, Nobuo Funabiki. A Design of Radio-controlled Submarine Modification for River Water Quality Monitoring. (2015).
- [2]. K. Sri Dhivya Krishnan, P.T.V. Bhuvanewari. Multiple Linear Regression Based Water Quality Parameter Modeling to Detect Hexavalent Chromium in Drinking Water. (2017).
- [3]. Aris Pujud Kurniawan, Agung Nugroho Jati, Fairuz Azmi. Weather Prediction Based on Fuzzy Logic Algorithm for Supporting General Farming Automation System, 9 Agustus (2016).
- [4]. Muhammad Faisal, Harmadi, Dwi Puryanti. Perancangan Sistem Monitoring Tingkat Kekeruhan Air Secara Realtime Menggunakan Sensor TSD-10. ISSN 1979-4657. Maret (2016).
- [5]. Mohd Adli Ikram Shahrulakram, Juliana Johari. Water Storage Monitoring System with pH Sensor for Pharmaceutical Plants. 3 Oktober (2016).
- [6]. Putu Virga Nanta Nugraha, Sunu Wibirama, Risanuri Hidayat. River Body Extraction And Classification using Enhanced Models of Modified Normalized Water Difference Index At Yeh Unda River Bali. (2018).
- [7]. Xu Luo, Jun Yang. Problems and Challenges in Water Pollution Monitoring and Water Pollution Source Localization Using Sensor Networks. (2017).
- [8]. R.Suchithra, R.Shanmathi, V.Sruthilaya, P. Navaseelan, V.Sneha. pH Controller for Water Treatment Using Fuzzy Logic. (2016).
- [9]. Youchao Wang, S M Shariar Morshed Rajib, Chris Collins and Bruce Grieve. Low-cost Turbidity Sensor for Low-power Wireless Monitoring of Fresh-Water Courses. (2018).
- [10]. Indu .K, Jishmi Jos Choondal. Modeling, Development & Analysis of Low Cost Device for Water Quality Testing. (2016).