

PREDIKSI POLA PENCEMARAN AIR SUNGAI MENGGUNAKAN *SIMPLE NEURAL NETWORK*

RIVER WATER POLLUTION PATTERN PREDICTION USING A SIMPLE NEURAL NETWORK

Kennedy¹, Dr. Purba Daru Kusuma M. T.², Casi Setiamingsih S. T., M. T.³

Prodi S1 Teknik Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

kennedyshu@hotmail.com

purbodaru@gmail.com

setiacasie@telkomuniversity.ac.id

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 pencemaran, yang mengakibatkan air tidak dapat lagi di konsumsi baik oleh tubuh manusia mau pun untuk kebutuhan lainnya. Bahkan saat ini sudah mulai banyak penelitian 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 pemanfaatannya. 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 manusia 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 adanya teknologi seperti LPWAN spesifiknya LoRa data singkat dapat di kirim dengan menggunakan daya yang lebih rendah. Beberapa penelitian sebelumnya sudah melakukan pemantau kondisi, baik mulai dari kondisi kandungan dari air, maupun 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 dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik kedepannya.

Kata Kunci : Jaringan Saraf Tiruan, Pemantauan, Prediksi, 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.

Keywords : *Artificial Neural Network*, Monitoring, Prediction, Water Pollution, *Internet of Things*

1. Pendahuluan

Sungai merupakan suatu bagian penting bagi lingkungannya, air pada sungai berguna untuk keberlangsungan dan kesejahteraan makhluk hidup di sekitarnya. Tetapi jika air sungai tercemar, tidak akan berguna, bahkan membahayakan ekosistemnya. Langkah paling pertama dari perawatan air sungai, untuk

mengobati polusi, ialah deteksi pencemaran, dan yang kedua untuk mencegah polusi - adalah prediksi pencemaran yang mungkin terjadi. Prediksi yang akurat dapat dilakukan dengan mengenal pola dari beberapa parameter dari air sungai, seperti kekeruhan air, temperatur air, dan *pH* air dari waktu ke waktu. Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah sebuah sistem yang meniru cara kerja otak manusia, dan memberi hasil yang sangat bagus untuk pengenalan pola. Namun implementasi JST tidak sederhana, dalam kasus Jurnal ini, masalah pertama yang muncul adalah akuisisi data kondisi air sungai (suhu, kekeruhan, dan *pH*). Setelah akuisisi data, muncul masalah mengenai implementasi JST, yakni dalam perancangan dan pelatihan. Terakhir, terdapat tantangan untuk melakukan klasifikasi tingkat pencemaran air sungai. Jurnal ini berpusat pada masalah implementasi JST, mengenai arsitektur dan metode pelatihan yang optimal. Perancangan arsitektur JST yang baik akan memberikan hasil prediksi yang lebih akurat. JST juga membutuhkan 'pelatihan', yakni sebuah proses untuk mengenali/menemukan pola dari data yang tersedia. Alur kerja sistem berawal dari sebuah perangkat yang mengukur kondisi dari sampel air, mengirim data pengukuran ke *server*, kemudian data tersebut akan diolah dan ditampilkan pada aplikasi *web*. Jurnal ini berhasil merancang dan membuat sebuah sistem yang mengimplementasi JST untuk mengenali pola kondisi sungai, guna melakukan prediksi pencemaran sungai. Deteksi awal dari pencemaran sungai dapat menyediakan informasi bagi penanggung jawab untuk beraksi dalam mencegah atau mempersiapkan untuk pencemaran sungai.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

Sejumlah riset telah dilakukan mengenai implementasi Jaringan Saraf Tiruan (JST), spesifiknya dalam deteksi pencemaran pada air dan udara. Djebbri *et al* [1] mengimplementasi JST untuk pemantauan polusi udara di daerah industri. Zain & Chua [2] menggunakan JST untuk sebuah sistem pemantauan prediktif pada cerobong asap pabrik. Huang *et al* [3] menggabungkan *data mining* dengan JST untuk membangun sebuah model prediksi kualitas udara. Mingjian *et al* [4] melakukan penelitian mengenai prediksi polusi pada jalan-jalan besar yang berlalu lintas. Xiaojun *et al* [5] dalam karyanya mengimplementasi sebuah sistem pemantauan dan prediksi polusi udara dengan basis IoT. Selain pemantauan dan prediksi polusi udara terdapat juga tulisan yang mendalami implementasi JST ke dalam pemantauan api pembakaran, dalam Bertuccio *et al* [6], CNN (*Cellular Neural Network*) digunakan untuk mengolah data yang banyak secara *real time*. Kedua paling banyak setelah polusi udara adalah riset mengenai polusi air, seperti dalam Wang *et al* [7], yang mempelajari tentang konsentrasi COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada sungai menggunakan JST. Szili *et al* [8] juga melakukan riset korelasi antara VLC (*Visible Light Communication*) dan polusi air, menggunakan cahaya warna yang berbeda-beda untuk mengukur kejernihan air. Hal tersebut merupakan basis dari *turbidity sensor*. Chawla *et al* [9] melakukan prediksi polusi pada sungai menggunakan parameter-parameter sebagai berikut: *pH*, *Conductivity*, *Dissolved Oxygen*, *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Coliform* dan *Fecal Coliform*. Sistem pemantauan untuk Sungai Brantas pada Jawa Timur juga telah dibuat oleh Siregar *et al* [10].

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 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 diukur dengan perubahan intensitas cahaya yang menembus air, disamping dari senyawa yang 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 pengondisian 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 Things (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 dirancang untuk dapat melakukan komunikasi jarak jauh dengan bit rate yang rendah di bandingkan jaringan lainnya. Tipe jaringan ini di peruntukan untuk penggunaan daya rendah seperti sensor yang dioperasikan 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 komersial, 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 umumnya dapat menyimpan program didalamnya. Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program di 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 Jaringan Saraf Tiruan (Artificial Neural Network)

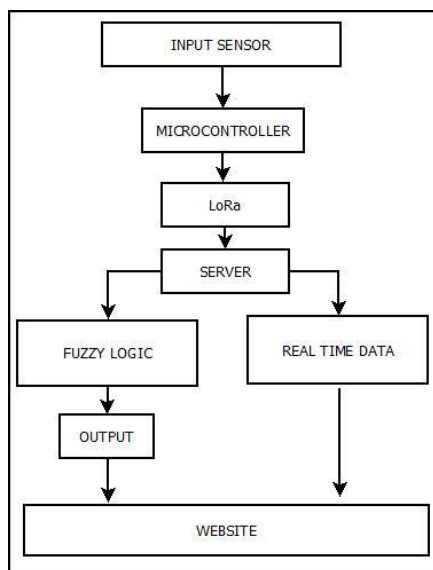
Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah sebuah sistem komputasi yang meniru cara kerja *neurons* pada otak manusia. Bentuk dasar dari JST berisi minimal 2 lapisan (*layer*): *input layer*, *output layer*, dan *hidden layer*. Masing-masing *layer* memiliki sejumlah *neurons* yang tidak harus sama dengan *layers* yang lain. Masing-masing *neuron* menampung informasi, biasanya sebuah nilai antara 0 sampai 1. Setiap *neuron* akan mempengaruhi nilai pada *neurons* di *layer* berikutnya, dengan nilai yang dikali dengan *weight*. Selain *weight* pengaruh nilai suatu *neuron* kepada *neurons* di *layer* berikutnya ditambahkan dengan nilai *bias*. Implementasi JST adalah dengan menyusun arsitektur JST, melatih JST, dan kemudian menggunakan JST. Implementasi JST untuk prediksi pencemaran air dapat dilihat di Wang *et al* [7]. Contoh bentuk JST seperti pada Gambar 2.1

Gambar 2.1 Arsitektur Sederhana Neural Network

3. Pembahasan

3.1 Gambaran Umum Sistem

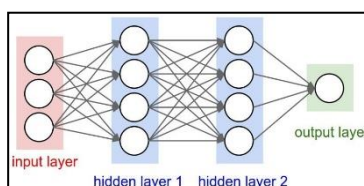
Pada penelitian ini akan di terapkan suatu teknik klasifikasi data dengan menggunakan algoritma *Fuzzy Logic*. Algoritma ini berfungsi sebagai pembentuk pola untuk melakukan klasifikasi kondisi. Kondisi yang di bahas pada Jurnal ini adalah kondisi dari pencemaran air sungai, pecemaran yang di pantau 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 Jurnal 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 kan 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 sluruh 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 tetep 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 Jurnal 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 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 Akuisisi 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. Prediksi yang dilakukan oleh Jaringan Saraf Tiruan secara praktis cukup akurat untuk digunakan sebagai alat penanganan pencemaran.
2. Sistem dapat memvisualisasikan hasil output tingkat pencemaran air sungai.

Daftar Pustaka :

- [1] N. Djebbri and M. Rouainia, "Artificial Neural Networks Based Air Pollution Monitoring in Industrial Sites," in ICET, 2017. Antalya, Turkey.
- [2] S. Zain et al, "Development of a Neural Network Predictive Emission Monitoring System for Flue Gas Measurement," 2011 IEEE 7th International Colloquium on Signal Processing and its Applications. Penang, Malaysia.
- [3] Huang et al, "A new air quality forecasting model using data mining and artificial neural network," 2015 6th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS). Beijing, China
- [4] Mingjian et al, "Study on Air Fine Particles Pollution Prediction of Main Traffic Route Using Artificial Neural Network," 2011 International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring.
- [5] Xiaojun et al, "IOT-based air pollution monitoring and forecasting system," 2015 International Conference on Computer and Computational Sciences (ICCCS). Noida, India.
- [6] Bertuccio et al, "A cellular neural networks approach to flame image analysis for combustion monitoring," Proceedings of the 2000 6th IEEE International Workshop on Cellular Neural Networks and their Applications (CNNA 2000) (Cat. No.00TH8509). Catania, Italy.
- [7] Wang et al, "Research of COD Concentration Prediction Model for River Monitoring Section Based on Artificial Neural Network," 2010 International Conference on Challenges in Environmental Science and Computer Engineering. Wuhan, China.
- [8] Szili et al, "Water pollution investigations by underwater visible light communications". 2015 17th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON). Budapest, Hungary.
- [9] Chawla et al, "Prediction of pollution potential of Indian rivers using empirical equation consisting of water quality parameters," 2015 IEEE Technological Innovation in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR). Chennai, India.
- [10] Siregar et al, "On-line water quality monitoring on Brantas river East Java Indonesia". 2004 IEEE International Conference on Semiconductor Electronics. Kuala Lumpur, Malaysia.
- [11] Oprea et al, "On the development of an intelligent system for particulate matter air pollution monitoring, analysis and forecasting in urban regions". 2015 19th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC). Cheile Gradistei, Romania.