

PENERAPAN LOGIKA FUZZY UNTUK MENDETEKSI KUALITAS AIR HIGIENE SANITASI MENGGUNAKAN METODE SUGENO (Studi Kasus : Air Tanah Kota Bekasi)

Nanda Cahaya Putra¹, Jayanta², Yuni Widiastiwi³
Informatika / Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta
Jl. RS Fatmawati No. 1, Pondok Labu, Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12450
nputra71@gmail.com¹

Abstrak. Air sebagai salah satu sumber kehidupan sangat diperlukan oleh manusia. Salah satu kegunaan air bagi manusia adalah untuk keperluan higiene sanitasi seperti mandi dan mencuci. Salah satu air higiene sanitasi adalah air tanah. Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi kualitas air tanah, antara lain aktivitas manusia dan industri. Kegiatan ini bertujuan untuk merancang *prototype* yang dapat mendeteksi kualitas air tanah di Kota Bekasi dengan parameter pH, kekeruhan dan TDS. Sensor yang digunakan adalah sensor pH, kekeruhan, TDS dan ds18b20. Metode yang digunakan dalam melakukan kegiatan ini adalah logika *fuzzy* metode sugeno. Nilai MAE untuk sensor pH sebesar 0.11, sensor TDS 16.8, sensor kekeruhan 2.93 dan sensor ds18b20 sebesar 1.21. Nilai MAPE untuk sensor pH sebesar 1.70%, sensor TDS 4.98%, sensor kekeruhan 14.26% dan sensor ds18b20 4.32%. Hasil pengujian air tanah di Kota Bekasi mulai bulan April hingga Mei 2020 menunjukkan bahwa air tanah masih dalam kualitas yang layak.

Kata Kunci: *fuzzy*, sugeno, pH, kekeruhan, TDS

1 Pendahuluan

Air sebagai sumber kehidupan sangat diperlukan oleh makhluk hidup terutama manusia, baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri. Pada tahun 2019 Indonesia memiliki jumlah populasi sebesar 3.49% dari total populasi dunia atau sebanyak 269 juta jiwa. Berdasarkan data tersebut, Indonesia menjadi negara dengan penduduk terbanyak keempat setelah Tiongkok, India dan Amerika Serikat [1]. Dengan banyaknya jumlah penduduk tentu akan semakin besar kebutuhan akan air yang memenuhi syarat.

Kota Bekasi diproyeksikan memiliki jumlah penduduk sebanyak 3.083.644 (Tiga Juta Delapan Puluh Tiga Ribu Enam Ratus Empat Puluh Empat) pada tahun 2020. Kota Bekasi juga menjadi tempat perindustrian, terbukti dengan adanya jumlah usaha/perusahaan sebanyak 203.056 (Dua Ratus Tiga Ribu Lima Puluh Enam) pada tahun 2016 [2]. Banyaknya jumlah penduduk dan industri di Kota Bekasi tentu akan semakin tinggi juga kebutuhan akan air, tetapi berakibat terhadap kualitas air yang digunakan terutama air tanah. Data yang diperoleh dari hasil wawancara pada Dinas Lingkungan Hidup Kota Bekasi menunjukkan bahwa pasokan air PDAM di Kota Bekasi kurang lebih sekitar 28% dan sisanya masih menggunakan air tanah untuk kebutuhan sehari-hari baik itu rumah tangga maupun industri.

Menurut [3] terdapat beberapa faktor yang memengaruhi kualitas air tanah, salah satunya adalah aktivitas manusia, semakin padat jumlah penduduk maka peluang sumber pencemaran akan bertambah di lokasi tersebut dan membuat kualitas air tanah semakin terancam. Sumber pencemaran tersebut berasal dari limbah rumah tangga atau limbah industri. Selain jumlah penduduk, keberadaan industri di suatu wilayah juga dapat menjadi sumber pencemaran air tanah akibat adanya proses industri yang menghasilkan limbah. Limbah jika diproses dengan benar seharusnya tidak menjadi masalah, tetapi jika suatu perusahaan tersebut memiliki keterbatasan biaya dan kurangnya kepedulian, maka pengelolaan limbah tidak optimal sehingga dapat menjadi sumber pencemaran air [4]

Pada penelitian-penelitian terdahulu sudah terdapat beberapa yang berkaitan dengan logika *fuzzy* dan kualitas air, diantaranya penelitian [5] melakukan sebuah penelitian dengan judul Implementasi *Fuzzy*

Inference System (FIS) Metode Tsukamoto Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai. Dalam penelitian ini menggunakan beberapa variabel masukan, yaitu BOD, DO, COD, TSS, pH, fenol serta minyak dan lemak. Hasil perhitungan kualitas air sungai berdasarkan 60 data uji dengan 5 parameter menggunakan metode STORET mendapatkan akurasi sebesar 58,33% dan mendapatkan akurasi sebesar 90% dengan menggunakan 7 parameter. Penelitian [6] melakukan penelitian dengan judul Perancangan Dan Implementasi Alat Ukur Untuk Penentuan Kualitas Air Berbasis Logika *Fuzzy* Metode Sugeno. Dalam kegiatan ini parameter yang digunakan terdiri atas pH dan kekeruhan air. Pengujian dilakukan pada 8 sungai di kota Bandung. Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah pH minimum yang didapat 7,03 dan pH maksimum 8,21. Untuk nilai kekeruhan minimum 589,7 dan maksimum 2751,5. Dari penelitian ini diketahui bahwa air sungai di kota Bandung tidak aman digunakan oleh manusia. Penelitian [7] melakukan penelitian dengan judul Implementasi Metode *Fuzzy* Pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu dan Kekeruhan. Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah hasil pengujian sensor suhu memiliki error rata-rata sebesar 2.39% dan untuk sensor kekeruhan berhasil mengukur kekeruhan air dengan nilai yang stabil. Perhitungan manual nilai *fuzzy* juga memberikan nilai yang sama dengan sistem.

Dalam kegiatan menggunakan logika *fuzzy* karena menurut [8] logika *fuzzy* sendiri memiliki kelebihan dibandingkan logika lainnya, kelebihan tersebut antara lain, konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti dan sangat sederhana, logika *fuzzy* mudah untuk disesuaikan, jika terdapat data yang kurang tepat dapat ditoleransi, logika *fuzzy* dapat melakukan pemodelan fungsi yang tidak tetap dan sangat kompleks, tanpa melalui proses pelatihan, logika *fuzzy* dapat mengimplementasikan pengalaman pakar, logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional, logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

Masyarakat pada umumnya tidak mengetahui apakah air yang mereka gunakan sehari-hari memenuhi syarat kualitas atau tidak. Kualitas air harus memenuhi standar dan parameter menurut Permenkes Nomor 32 Tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi, kolam renang, solus per aqua, dan pemandian umum. Saat ini tidak sedikit masyarakat menggunakan air yang tidak memenuhi persyaratan air bersih dan hal tersebut dapat berdampak buruk terhadap kesehatan.

Berdasarkan penjelasan di atas, kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui kualitas air higiene sanitasi di Kota Bekasi dengan mengembangkan *prototype* yang terdiri atas beberapa sensor yang dapat mendeteksi kualitas air dengan parameter pH, TDS dan kekeruhan menggunakan logika *fuzzy*. Air higiene sanitasi dalam kegiatan ini adalah air tanah yang berlokasi di Kota Bekasi.

2 Tinjauan Pustaka

Air higiene sanitasi adalah air yang digunakan untuk pemeliharaan kebersihan individu seperti untuk mandi dan mencuci. Dalam mengetahui kualitas air higiene sanitasi diperlukan sebuah standar atau acuan. Standar tersebut meliputi beberapa parameter, yaitu parameter fisik, biologi dan kimia yang terdiri atas parameter wajib dan tambahan [9]. Air untuk keperluan higiene sanitasi dengan air minum memiliki standar yang berbeda. Standar kualitas air higiene sanitasi sudah diatur dalam Permenkes Nomor 32 Tahun 2017 dapat dilihat pada lampiran. Dalam kegiatan ini parameter yang akan digunakan terdiri atas tiga parameter, yaitu pH, kekeruhan dan TDS (Total Dissolved Solids).

2.1 pH

Menurut [10] pH adalah derajat keasaman atau ukuran kuantitatif ion hidrogen yang digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaaan suatu larutan. Skala pH berkisar antara 0—14 dan tidak bersifat absolut, tetapi relatif dan skala ini ditentukan oleh persetujuan internasional.

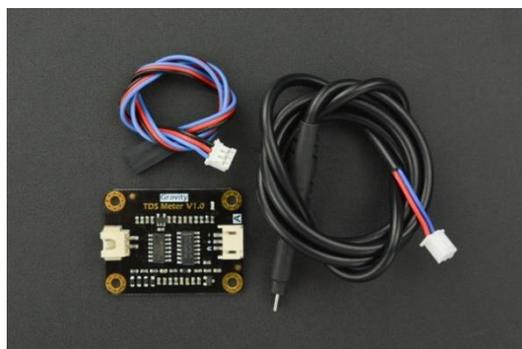


Gambar. 2. Sensor pH.

Gambar 1 merupakan gambar dari sensor modul pH. Sensor pH dapat mendeteksi tingkat pH dari 0—14 dengan keluaran sinyal berjenis analog. Modul sensor ini digunakan untuk mengambil variabel pH air. Dalam kegiatan ini sensor pH yang digunakan adalah pH sensor dengan SKU: XD09182.

2.2 TDS

TDS (Total Dissolved Solids) merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan tingkat zat padat terlarut di dalam air. Zat ini dapat berupa zat organik maupun anorganik seperti magnesium, kalsium, senyawa koloid dan sebagainya. TDS dapat mewakili jumlah zat yang terlarut di dalam air sehingga dapat digunakan untuk mengetahui kualitas sebuah air [11]. Kandungan TDS yang tinggi memiliki dampak yang merugikan seperti menyebabkan sedimentasi dan korosi pada ketel uap, meninggalkan noda pada produk makanan dan pakaian, mempercepat pembentukan batu ginjal, memperburuk rasa teh dan kopi, membuat buih yang berlebihan sehingga mengganggu saat mencuci [12].



Gambar. 2. Sensor TDS.

Gambar 2 merupakan modul sensor TDS yang digunakan dalam kegiatan ini, yaitu Modul sensor TDS buatan dari DFRobot dengan SKU: SEN0244.

2.3 Kekeruhan

Kekeruhan merupakan istilah yang digunakan dalam menggambarkan sejauh mana cairan kehilangan transparansinya karena terdapat zat-zat lain. Zat-zat ini terlarut sehingga membuat cairan seperti berkabut atau tidak jernih [13]. Untuk mengukur tingkat kekeruhan air umumnya digunakan besaran NTU (NepHelometer Turbidity Unit).



Gambar. 3. Sensor Kekeruhan.

Gambar 3 merupakan modul sensor kekeruhan yang digunakan dalam kegiatan ini. Modul sensor ini digunakan untuk mengambil variabel kekeruhan air. Modul sensor kekeruhan yang digunakan adalah buatan DFRobot dengan SKU: SEN0189.

2.4 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* memiliki kelebihan dibandingkan dengan logika konvensional, yaitu dapat melakukan proses penalaran secara bahasa yang memungkinkan tidak perlu persamaan matematik yang rumit [14]. Untuk mendapatkan nilai keanggotaan *fuzzy* digunakan rumus berdasarkan kurva yang digunakan pada saat pembuatan nilai keanggotaan dalam rentang nilai antara 0 sampai dengan 1. Dalam kegiatan ini menggunakan fungsi keanggotaan kurva trapesium dalam menentukan nilai keanggotaan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan yang merepresentasikan kurva trapesium menurut [8] adalah.

$$\mu|x| = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d - x)/(d - c); & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (5)$$

Keterangan:

x = Bobot nilai yang sudah ditentukan

a = Nilai minimum derajat keanggotaan 0

b = Nilai minimum derajat keanggotaan 1

c = Nilai maksimum derajat keanggotaan 0

d = Nilai maksimum derajat keanggotaan 1.

Logika *fuzzy* terdiri dari tiga komponen utama, yaitu fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi. Dalam proses fuzzifikasi, inputan bernilai kebenaran bersifat pasti (*crisp*) akan diubah menjadi bentuk *fuzzy* input menggunakan fungsi-fungsi keanggotaan. Dalam kegiatan ini menggunakan tiga buah parameter sebagai inputan, yaitu pH, TDS dan kekeruhan. Rules Evaluation atau inferensi merupakan tahapan untuk melakukan penalaran terhadap nilai-nilai *fuzzy* input menggunakan *rule base* (basis aturan) yang sudah didefinisikan sebelumnya sehingga menghasilkan *fuzzy* output (Suyanto, 2008). *Rule*

evaluation didapatkan berdasarkan nilai fungsi keanggotaan yang dimiliki dan melalui perhitungan matematis. Defuzzifikasi adalah proses untuk mengubah nilai *fuzzy* output untuk mendapatkan kembali bentuk tegasnya (*crisp*). Dalam kegiatan ini metode yang digunakan adalah Weight Average dengan rumus sebagai berikut [15].

$$WA = \sum \frac{\mu(y)y}{\mu(y)} \quad (2)$$

Keterangan:

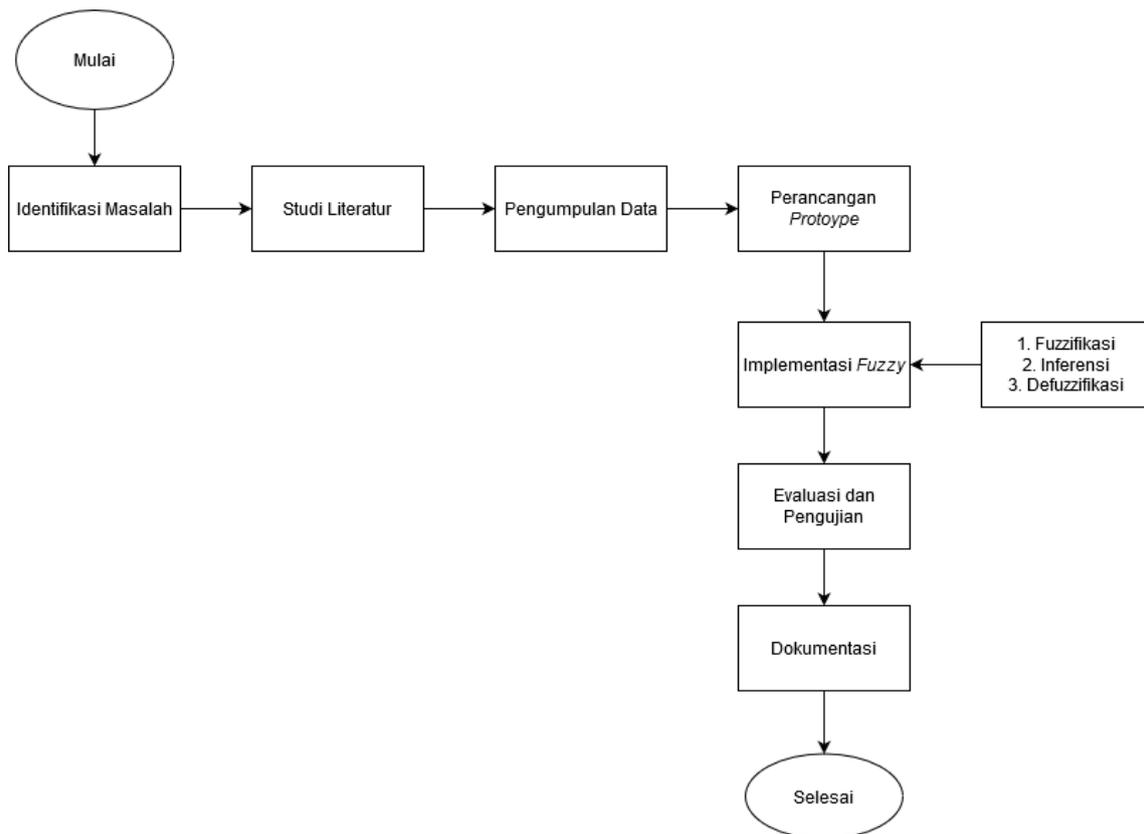
WA = Weight Average

$\mu(y)$ = Derajat keanggotaan nilai *crisp* y

y = Nilai *crisp* ke- n

3 Metodologi Penelitian

Untuk mencapai tujuan dari kegiatan yang dilakukan, maka disusun beberapa tahapan dari mekanisme kegiatan ini sebagai berikut.



Gambar. 4. Kerangka Pikir.

3.1 Studi Literatur

Dalam tahap ini dilakukan pembelajaran dan pencarian informasi yang berguna dalam mendukung kegiatan yang berkaitan dengan kualitas air seperti pH, kekeruhan, konduktivitas/TDS dan informasi lain yang berhubungan dengan kegiatan ini. Sumber pembelajaran ini berupa studi pustaka yang bersumber dari jurnal penelitian, laman, buku dan lainnya. Sumber pustaka yang digunakan dapat dilihat dalam daftar pustaka.

3.2 Pengumpulan Data

Dalam tahap ini dilakukan pengumpulan data dan informasi yang berguna dalam mendukung kegiatan ini. Pengumpulan data ini berupa data yang dihasilkan oleh rangkaian sensor yang dirancang dan air tanah yang diambil pada beberapa titik di Kota Bekasi.

3.3 Perancangan *Prototype*

Alur kerja dari rancangan *prototype* yang diusulkan adalah sensor menginisialisasi nilai masukkan dari setiap sensor pH, TDS, kekeruhan dan suhu. Kemudian sensor akan membaca nilai yang dihasilkan dan selanjutnya akan dilakukan implementasi logika *fuzzy* dalam program. Nilai dan hasil kualitas air akan ditampilkan pada LCD.

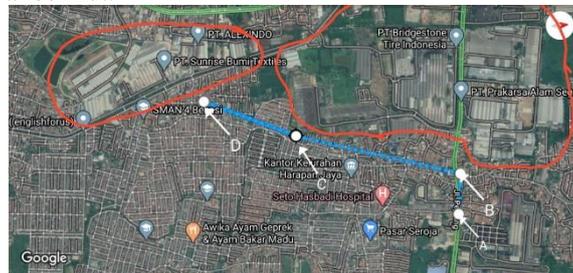
3.4 Pemodelan Data

Pada tahapan ini dilakukan pemodelan data dengan logika *fuzzy* dengan cara membangun fungsi keanggotaan setiap variabel masukan, fungsi keanggotaan pH, fungsi keanggotaan kekeruhan dan fungsi keanggotaan TDS untuk menentukan *rules evaluation*. Tahapan terakhir adalah defuzzifikasi untuk menghasilkan keluaran.

4 Hasil dan Pembahasan

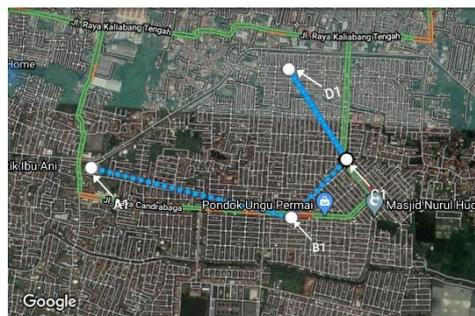
4.1 Pengumpulan Data

Dalam kegiatan ini pengambilan sampel air tanah dibagi menjadi dua zona yaitu zona pemukiman disekitar kawasan industri tinggi dan zona pemukiman di kawasan industri yang rendah di Kota Bekasi. Pengambilan sampel air dilakukan diempat titik untuk masing-masing zona, lokasi pengambilan titik untuk masing-masing zona dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar. 5. Lokasi Zona Pertama

Pengambilan sampel air tanah dilakukan secara *random* pada setiap zona. Zona pertama adalah zona dengan kawasan permukiman penduduk disekitaran kawasan kerapatan industri yang tinggi. Pengambilan sampel pada zona ini terdiri atas empat titik, yaitu titik A, B, C dan D. Pada gambar 4.1 terdapat wilayah yang diberi garis merah yang merupakan kawasan industri.



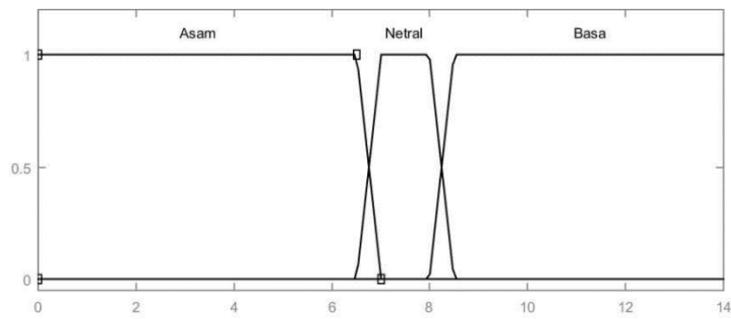
Gambar. 6. Lokasi Zona Kedua

Gambar 4.2 merupakan zona kedua, yaitu zona permukiman penduduk yang berada dikawasan kerapatan industri yang rendah. Pengambilan sampel pada zona ini terdiri atas beberapa titik yang diambil secara *random* yaitu titik A1, B1, C1 dan D1. Pengambilan sampel air tanah di Kota Bekasi dilakukan mulai bulan April 2020 sampai dengan bulan Mei 2020 dengan pengambilan sampel setiap seminggu sekali.

4.2 Implementasi Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* diterapkan dalam *prototype* ini sebagai sarana dalam menentukan nilai keluaran yang sesuai terhadap nilai masukan yang didapat oleh setiap sensor. Nilai keluaran tersebut kemudian akan digunakan untuk menentukan kualitas suatu air apakah layak atau tidak.

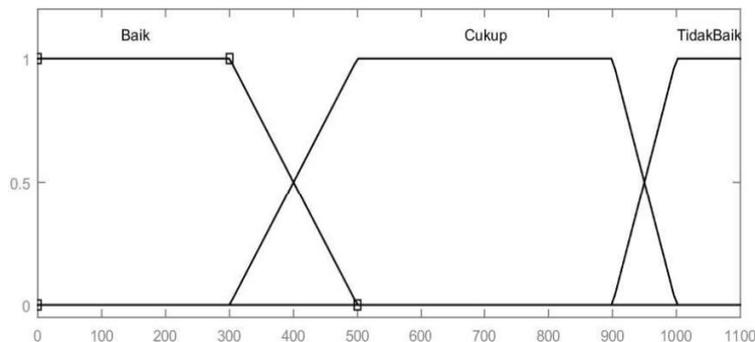
Fungsi Keanggotaan pH



Gambar. 7. Fungsi Keanggotaan Variabel pH

Gambar 7 merupakan fungsi keanggotaan pH yang memiliki tiga variabel linguistik yaitu asam dengan rentang nilai [0 – 7] , netral [6.5 – 8.5] dan basa [8 – 14].

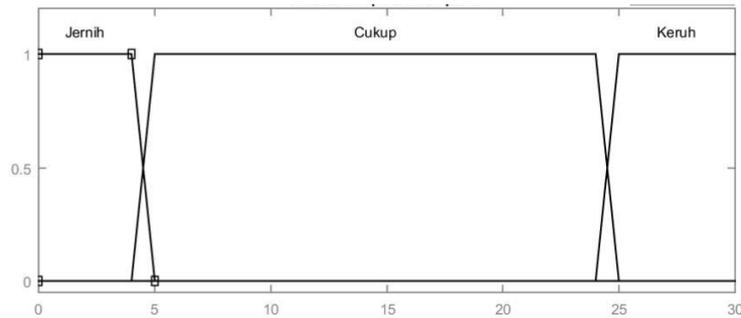
Fungsi Keanggotaan TDS



Gambar. 8. Fungsi Keanggotaan Variabel TDS.

Gambar 8 merupakan fungsi keanggotaan TDS yang memiliki tiga variabel linguistik yaitu, baik dengan rentang nilai [0 – 500] ppm, cukup [300 – 1000] ppm dan tidak baik >900 ppm.

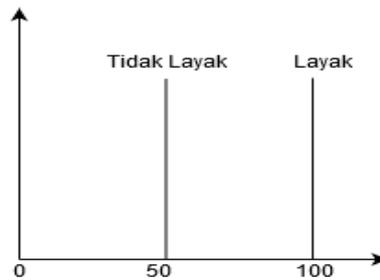
Fungsi Keanggotaan Kekeruhan



Gambar. 9. Fungsi Keanggotaan Variabel Kekeruhan.

Gambar 9 merupakan fungsi keanggotaan kekeruhan yang memiliki tiga variabel linguistik, yaitu jernih dengan rentang nilai [0 – 5] ntu, cukup [4 – 25] ntu dan keruh >24 ntu.

Hasil Keluaran



Gambar. 10. Keluaran Hasil *Fuzzy*.

Gambar 10 merupakan nilai linguistik untuk keluaran *fuzzy* dengan nilai layak sama dengan 100 dan tidak layak sama dengan 50. Model sugeno menggunakan fungsi keanggotaan *singleton* sehingga tidak menghasilkan area abu-abu, tetapi hanya sebuah potongan batang untuk setiap nilai linguistik pada keluarannya.

Berikut merupakan basis aturan yang digunakan dalam kegiatan ini. Basis aturan ini berdasarkan hasil diskusi dan wawancara bersama pakar. Adapun basis aturan tersebut sebagai berikut.

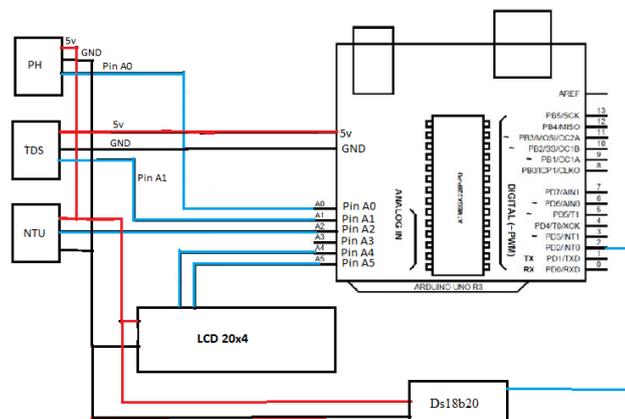
Tabel. 1. Basis Aturan

| pH | TDS | KEKERUHAN | STATUS |
|--------|------------|--------------|--------|
| ASAM | BAIK | JERNIH | TL |
| | | CUKUP JERNIH | TL |
| | | KERUH | TL |
| | CUKUP | JERNIH | TL |
| | | CUKUP JERNIH | TL |
| | | KERUH | TL |
| | TIDAK BAIK | JERNIH | TL |
| | | CUKUP JERNIH | TL |
| | | KERUH | TL |
| NETRAL | BAIK | JERNIH | LY |
| | | CUKUP JERNIH | LY |
| | | KERUH | TL |
| | CUKUP | JERNIH | LY |
| | | CUKUP JERNIH | LY |
| | | KERUH | TL |

| | | | |
|------------|--------------|--------------|----|
| BASA | TIDAK BAIK | JERNIH | TL |
| | | CUKUP JERNIH | TL |
| | | KERUH | TL |
| | BAIK | JERNIH | TL |
| | | CUKUP JERNIH | TL |
| | | KERUH | TL |
| | CUKUP | JERNIH | TL |
| | | CUKUP JERNIH | TL |
| | | KERUH | TL |
| TIDAK BAIK | JERNIH | TL | |
| | CUKUP JERNIH | TL | |
| | KERUH | TL | |

Tabel 1 merupakan basis aturan yang dibentuk dalam kegiatan ini dan terdiri atas 27 aturan dengan kondisi yang berbeda-beda.

4.3 Skematik Rancangan *Prototype*



Gambar. 11. Skematik Rancangan *Prototype*.

Gambar 11 adalah gambaran dari rancangan *prototype* yang dibuat dengan empat buah sensor masukkan yaitu, sensor pH, TDS, kekeruhan (NTU) dan sensor ds18b20 (suhu). sensor Ds18b20 digunakan sebagai kompensasi nilai suhu terhadap parameter pH dan TDS agar hasil yang didapatkan lebih akurat. Pada rangkaian tersebut, LCD 20x4 berfungsi untuk menampilkan hasil dari sensor masukkan, yaitu nilai pH, TDS, tingkat kekeruhan air serta suhu air dan menampilkan hasil akhir yaitu kualitas air. Dalam rangkaian ini masing-masing sensor menggunakan pin yang berbeda, sensor pH menggunakan pin A0, sensor TDS pin A1, sensor kekeruhan pin A2 dan sensor ds18b20 menggunakan pin 2, sedangkan LCD menggunakan pin A4 dan A5.

4.4 Hasil Uji Coba Sensor

Tabel. 2. Perbandingan Pembacaan Sensor pH dengan pH Meter.

| Pengujian | pH Meter | Sensor pH | Error | %Error |
|-----------|----------|-----------|-------|--------|
| 1 | 4.37 | 4.20 | 0.17 | 3.89% |
| 2 | 4.85 | 4.70 | 0.15 | 3.09% |
| 3 | 5.68 | 5.60 | 0.08 | 1.40% |

| | | | | |
|--------------|------|------|------|-------|
| 4 | 6.50 | 6.47 | 0.03 | 0.46% |
| 5 | 6.95 | 6.92 | 0.03 | 0.43% |
| 6 | 7.34 | 7.35 | 0.01 | 0.14% |
| 7 | 7.75 | 7.84 | 0.11 | 1.42% |
| 8 | 8.26 | 8.48 | 0.22 | 2.66% |
| 9 | 8.92 | 9.08 | 0.16 | 1.80% |
| 10 | 9.75 | 9.92 | 0.17 | 1.74% |
| MAE dan MAPE | | | 0.11 | 1.70% |

Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui dari 10 kali percobaan mendapatkan nilai MAE sebesar 0.11 dan nilai MAPE sebesar 1.70% untuk sensor pH terhadap pH meter. Berikut merupakan grafik MAE dan MAPE untuk pengujian sensor pH dengan pH meter tipe ATC-2011.

Tabel. 3. Perbandingan Pembacaan Sensor TDS dengan TDS Meter.

| Pengujian | TDS Meter | Sensor | <i>Error</i> | <i>%Error</i> |
|--------------|-----------|--------|--------------|---------------|
| 1 | 111 | 105 | 6 | 5.40% |
| 2 | 147 | 135 | 12 | 8.16% |
| 3 | 239 | 225 | 14 | 5.86% |
| 4 | 297 | 277 | 20 | 6.73% |
| 5 | 364 | 350 | 14 | 3.85% |
| 6 | 398 | 373 | 25 | 6.28% |
| 7 | 458 | 441 | 17 | 3.71% |
| 8 | 535 | 520 | 15 | 2.80% |
| 9 | 595 | 573 | 22 | 3.69% |
| 10 | 684 | 661 | 23 | 3.36% |
| MAE dan MAPE | | | 16.8 | 4.98% |

Berdasarkan tabel 3 dapat diketahui dari 10 kali percobaan mendapatkan nilai MAE sebesar 16.8 dan nilai MAPE sebesar 4.98% untuk sensor TDS terhadap TDS meter tipe EZ-1.

Tabel. 4. Perbandingan Pembacaan Sensor Kekeruhan dengan Turbidimeter.

| Sampel | Turbidimeter (NTU) | Sensor Kekeruhan (NTU) | <i>Error</i> | <i>%Error</i> |
|--------------|--------------------|------------------------|--------------|---------------|
| A | 0.13 | 0 | 0.13 | - |
| B | 1.43 | 2.50 | 1.07 | - |
| C | 10.70 | 13.50 | 2.8 | 26.17% |
| D | 13.40 | 16.40 | 3 | 22.38% |
| E | 37.20 | 35.55 | 1.65 | 4.43% |
| F | 53.40 | 57.10 | 3.70 | 6.93% |
| G | 72.00 | 80.20 | 8.2 | 11.38% |
| MAE dan MAPE | | | 2.93 | 14.26% |

Tabel 4 menggambarkan pengujian sensor terhadap dengan hasil turbidimeter yang dites dari Balai Besar Laboratorium Kesehatan Jakarta (BBLKJ). Dapat dilihat dari 7 sampel percobaan mendapatkan nilai MAE sebesar 2.93. Pada perhitungan *Absolut Percentage Error*, sampel A dan B dikecualikan karena memiliki nilai aktual yang kecil sehingga dari 5 sampel percobaan mendapatkan nilai MAPE sebesar 14.26%.

Tabel. 5. Perbandingan Pembacaan Sensor ds18b20 dengan Alat Konvensional.

| Pengujian | Alat Konvensional (°C) | Sensor ds18b20 (°C) | <i>Error</i> | <i>%Error</i> |
|-----------|------------------------|---------------------|--------------|---------------|
|-----------|------------------------|---------------------|--------------|---------------|

| | | | | |
|--------------|-------|-------|------|-------|
| 1 | 45.00 | 46.50 | 1.50 | 3.30% |
| 2 | 42.00 | 43.40 | 1.40 | 3.00% |
| 3 | 34.00 | 35.70 | 1.70 | 5.00% |
| 4 | 31.00 | 32.50 | 1.50 | 4.83% |
| 5 | 28.00 | 29.60 | 1.60 | 5.71% |
| 6 | 26.00 | 27.30 | 1.30 | 5.00% |
| 7 | 24.00 | 23.40 | 0.60 | 2.50% |
| 8 | 21.00 | 20.60 | 0.40 | 1.90% |
| 9 | 19.00 | 18.30 | 0.70 | 3.68% |
| 10 | 17.00 | 15.60 | 1.40 | 8.23% |
| MAE dan MAPE | | | 1.21 | 4.32% |

Dari tabel 5 dapat diketahui dari 10 kali percobaan mendapatkan nilai MAE sebesar 1.21 dan nilai MAPE sebesar 4.32% untuk sensor suhu terhadap alat konvensional.

4.5 Hasil Pengukuran Air Tanah

Setelah mendapatkan tingkat kesalahan dari masing-masing sensor dan mendapatkan hasil yang baik maka selanjutnya akan dilakukan pengujian terhadap air tanah di Kota Bekasi. Hasil pengujian air tanah berdasarkan parameter pH, TDS dan kekeruhan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel. 6. Hasil Pengukuran Air Tanah.

| Tanggal | Titik | pH | TDS | NTU | Suhu Pengujian | Status |
|---------|-------|------|------|------|----------------|-------------|
| 18/4/20 | A | 7.43 | 241 | 1.25 | 29 | Layak |
| 18/4/20 | B | 7.65 | 337 | 0 | 29 | Layak |
| 18/4/20 | C | 7.18 | 207 | 0 | 29.4 | Layak |
| 18/4/20 | D | 7.2 | 317 | 0 | 29 | Layak |
| 19/4/20 | A1 | 7.44 | 570 | 0 | 29 | Layak |
| 19/4/20 | B1 | 7.64 | 442 | 0 | 29.2 | Layak |
| 19/4/20 | C1 | 7.63 | 1125 | 1.25 | 28.9 | Tidak Layak |
| 19/4/20 | D1 | 7.56 | 840 | 0 | 28.81 | Layak |
| 27/4/20 | A | 7.55 | 291 | 0.38 | 29.14 | Layak |
| 27/4/20 | B | 7.6 | 320 | 0 | 29.14 | Layak |
| 27/4/20 | C | 7.31 | 189 | 0 | 29 | Layak |
| 27/4/20 | D | 7.29 | 289 | 0 | 28.91 | Layak |
| 28/4/20 | A1 | 7.4 | 387 | 0 | 29 | Layak |
| 28/4/20 | B1 | 7.56 | 398 | 0 | 29 | Layak |

| | | | | | | |
|---------|----|------|-----|------|-------|-------|
| 28/4/20 | C1 | 7.59 | 876 | 0.38 | 29 | Layak |
| 28/4/20 | D1 | 7.48 | 765 | 0 | 29.06 | Layak |
| 4/5/20 | A | 7.69 | 269 | 1.25 | 29.2 | Layak |
| 4/5/20 | B | 7.43 | 311 | 0 | 29.2 | Layak |
| 4/5/20 | C | 7.24 | 201 | 0 | 29 | Layak |
| 4/5/20 | D | 7.13 | 344 | 0.38 | 29.02 | Layak |
| 5/5/20 | A1 | 7.77 | 409 | 0 | 29 | Layak |
| 5/5/20 | B1 | 7.56 | 457 | 0 | 29 | Layak |
| 5/5/20 | C1 | 7.58 | 766 | 0.38 | 28.92 | Layak |
| 5/5/20 | D1 | 7.44 | 704 | 0 | 29 | Layak |
| 11/5/20 | A | 7.48 | 239 | 1.25 | 29.95 | Layak |
| 11/5/20 | B | 7.68 | 247 | 0.38 | 30.2 | Layak |
| 11/5/20 | C | 6.84 | 149 | 0 | 30.06 | Layak |
| 11/5/20 | D | 6.98 | 278 | 0.38 | 29.94 | Layak |
| 12/5/20 | A1 | 7.33 | 621 | 1.25 | 30.2 | Layak |
| 12/5/20 | B1 | 7.67 | 436 | 0 | 30 | Layak |
| 12/5/20 | C1 | 7.4 | 954 | 1.25 | 30.2 | Layak |
| 12/5/20 | D1 | 7.28 | 632 | 0.38 | 29.8 | Layak |

Berdasarkan tabel 6 dapat diketahui kualitas air tanah pada delapan titik lokasi pengujian masih dalam kategori layak, tetapi terdapat satu kondisi air tanah tidak layak yaitu pada pengujian tanggal 19 April 2020 pada titik C1 karena memiliki nilai TDS yang tinggi.

5 Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil kegiatan tugas akhir mengenai “Implementasi Logika *Fuzzy* Metode Sugeno Untuk Mendeteksi Kualitas Air Higiene Sanitasi (Studi Kasus : Air Tanah Kota Bekasi) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. *Prototype* dapat mendeteksi kualitas air dengan menggunakan logika *fuzzy* metode sugeno.
2. Nilai MAE untuk sensor pH sebesar 0.11, sensor TDS 16.8, sensor kekeruhan 2.93 dan sensor suhu 1.21.
3. Nilai MAPE untuk sensor pH sebesar 1.70%, sensor TDS sebesar 4.98%, sensor kekeruhan sebesar 14.26% dan sensor suhu sebesar 4.32%
4. Dari 8 titik lokasi pengujian air tanah di Kota Bekasi selama bulan April hingga Mei 2020 memiliki kualitas yang layak berdasarkan parameter pH, TDS dan kekeruhan kecuali pada minggu pertama di titik C1.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran untuk pengembangan kegiatan ini agar lebih baik, yaitu.

1. Menambahkan parameter lain sebagai variabel masukan.
2. Melakukan pengujian pada titik-titik yang lain dan dalam rentang waktu yang lebih lama.
3. Mengembangkan *prototype* agar dapat terhubung dengan android atau berbasis IoT

Referensi

- [1] D. H. Jayani, "Jumlah Penduduk Indonesia 269 Juta Jiwa, Terbesar Keempat di Dunia," 2019. [Daring]. Tersedia pada: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2019/04/29/jumlah-penduduk-indonesia-269-juta-jiwa-terbesar-keempat-dunia>. [Diakses: 03-Sep-2019].
- [2] BPS Kota Bekasi, *Kota Bekasi Dalam Angka 2018*. Kota Bekasi: BPS Kota Bekasi, 2018.
- [3] I. Fauzi, "Pengaruh Kepadatan Penduduk Terhadap Kondisi Kualitas Air Tanah Untuk Keperluan Air Minum Di Kecamatan Kartasura Kabupaten Sukoharjo," Surakarta, 2018.
- [4] A. F. Widiyanto, S. Yuniarno, dan Kuswanto, "Polusi Air Tanah Akibat Limbah Industri dan Limbah Rumah Tangga," vol. 10, no. 2, hal. 246–254, 2015.
- [5] G. Mazenda, A. Andy Soebroto, dan C. Dewi, "Implementasi *Fuzzy Inference System* (FIS) Metode Tsukamoto Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai," *J. Environmental Eng. Sustain. Technol.*, vol. 1, no. 2, hal. 92–103, 2014.
- [6] S. Khodijah, R. M. Rumani, dan U. Sunarya, "Perancangan Dan Implementasi Alat Ukur Untuk Penentuan Kualitas Air Berbasis Logika *Fuzzy* Metode Sugeno," vol. 4, no. 2, hal. 2207–2212, 2017.
- [7] M. Cholilulloh, D. Syaury, dan Tibyani, "Implementasi Metode *Fuzzy* Pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu dan Kekeuhan," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 5, hal. 1813–1822, 2018.
- [8] S. Kusumadewi dan H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [9] Permenkes Nomor 32, "Tentang Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, SPA dan Pemandian Umum," 2017.
- [10] E. Ihsanto dan S. Hidayat, "Rancang Bangun Sistem Pengukuran Ph Meter Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino UNO," *Teknol. Elektro*, vol. 5, no. 3, hal. 139–146, 2014.
- [11] H. Cahyani, Harmadi, dan Wildian, "Pengembangan Alat Ukur Total Dissolved Solid (TDS) Berbasis Mikrokontroler dengan Beberapa Variasi Bentuk Sensor Konduktivitas," *J. Fis. Unand*, vol. 5, no. 4, hal. 371–377, 2016.
- [12] S. K. M. Mashhadi, H. Yadollahi, dan A. M. Mashhad, "Design and manufacture of TDS measurement and control system for water purification in reverse osmosis by PID *fuzzy* logic controller with the ability to compensate effects of temperature on measurement," *Turkish J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 24, no. 4, hal. 2589–2608, 2016.
- [13] M. Faisal, H. Harmadi, dan D. Puryanti, "Perancangan Sistem Monitoring Tingkat Kekeuhan Air Secara Realtime Menggunakan Sensor TSD-10," *J. Ilmu Fis. | Univ. Andalas*, vol. 8, no. 1, hal. 9–16, 2016.
- [14] J. Nasir dan J. Suprianto, "Analisis *Fuzzy* Logic Menentukan Pemilihan Motor Honda Dengan Metode Mamdani," *J. Edik Inform.*, vol. 2, hal. 177–186, 2017.
- [15] Suyanto, *Soft Computing*. Bandung: Informatika, 2008.