

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PENGUKURAN KUALITAS AIR

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR WATER QUALITY MEASUREMENT

Febrian Erliana¹, R Rumani M², Unang Sunarya.³

^{1,2}Prodi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹febrianac23@gmail.com, ²rumani@telkomuniversity.ac.id, ³unangsunarya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini, dibuat perancangan dan implementasikan sistem informasi geografis untuk pengukuran kualitas air dengan studi kasus kota Bandung. Dari 8 lokasi titik pengairan di kota Bandung akan di ambil datanya dengan alat pengukur kualitas air. Dari titik lokasi pengambilan data, alat pengukur akan langsung memasukan data kedalam *database*. Data tersebut akan diolah menjadi informasi yang akan di tampilkan di website. Informasi yang diberikan adalah pengukuran data ph dan kekeruhan air, hasil kualitas air, dan visualisasi pada peta kondisi kualitas air.

Kata Kunci : *Kualitas air, Pengukuran, sistem informasi geografis, Kota Bandung, website.*

Abstract

In this research, design and implementation of geographic information system for water quality measurement with case study of Bandung city. Of the 8 locations of irrigation points in the city of Bandung will be taken data with water quality gauges. From the point of data collection location, the measuring device will directly enter the data into the database. The data will be processed into information that will be displayed on the website. The information provided is the measurement of pH data and water turbidity, water quality results, and visualization on the water quality condition map.

Key words : *Water quality, Measurement, geographic information system, Kota Bandung, website.*

1. Pendahuluan

Penurunan kualitas air bersih pada sungai atau aliran air yang disebabkan oleh sampah, limbah pabrik, dan limbah rumah tangga akan berdampak menjadi sumber penyakit, penyebab banjir, erosi, merusak ekosistem sungai, hingga pencemaran ekosistem laut. Informasi tentang kualitas air pada sungai di masyarakat minim sekali. Sehingga terjadi ketidakpedulian terhadap kondisi lingkungan dan dampak yang mengancam.

Untuk menentukan kualitas suatu air terdapat standar dan parameter yang harus dipenuhi menurut peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang persyaratan kualitas air bersih. Diantaranya adalah parameter kimiawi (pH) dan parameter fisika (kekeruhan) dimana kadar atau kandungan parameter tersebut harus memenuhi peraturan yang ditetapkan. Namun, tak banyak masyarakat umum yang tahu rinci peraturan ini. Kurangnya sosialisasi pemerintah ke masyarakat untuk menyampaikan informasi tentang kualitas air dan dampak yang berpengaruh menjadi alasan ketidakpedulian masyarakat untuk menjaga lingkungan sekitarnya. Hal ini dapat dicegah jika informasi mudah didapat dan diakses oleh masyarakat umum.

Zaman sekarang teknologi internet merupakan hal yang lazim digunakan untuk mencari informasi yang dapat diandalkan, sehingga informasi akan lebih cepat didapat dan diketahui. Dengan demikian informasi tentang lokasi, hasil penelitian, dan analisis tentang kualitas air pada beberapa tempat, khususnya kota Bandung dapat dengan mudah diketahui. Penyampaian melalui website dapat mempermudah masyarakat umum mendapatkan informasi kualitas air.

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem informasi yang berdasar pada data keruangan dan merepresentasikan obyek di bumi. Dalam SIG sendiri teknologi informasi merupakan perangkat yang membantu dalam menyimpan data, memproses data, menganalisa data, mengelola data dan menyajikan informasi [1]. Website yang mengandung SIG dapat mempermudah penyampaian informasi yang ingin diberikan. Oleh karena itu, Hal ini diyakini dapat menjadi solusi dari kurangnya informasi yang menyebabkan ketidakpedulian masyarakat terhadap kualitas air khususnya di kota Bandung.

1.1. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, rumusan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut :

1. Mengirimkan data uji dari perangkat ke *database* secara *real time*.
2. Merancang sistem informasi geografis dengan denah pengairan pada kota Bandung berbasis website.
3. Menerapkan perancangan sistem informasi geografis yang terintegrasi dengan *database*.
4. Menganalisis lokasi atau daerah distribusi pengairan yang terkena dampak dari data uji.

1.2. Tujuan

Tujuan pembuatan sistem ini dilakukan dapat dirinci sebagai berikut :

1. Mengintegrasikan alat ukur (fisik) dengan sistem informasi geografis berbasis website.
2. Merancang sistem informasi geografis yang dapat mengidentifikasi daerah yang terkena dampak pencemaran kualitas air.
3. Mengimplementasikan sistem informasi geografis sebagai sistem yang dapat memantau kualitas air guna menunjang peraturan Menteri Kesehatan nomor 416/MENKES/PER/IX/1990.

1.3. Batasan

Batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Bahasa pemrograman yang akan dilakukan dalam penelitian adalah PHP.
2. Menggunakan database MySQL sebagai perangkat lunak yang membantu membuat sistem informasi geografis.
3. Pembahasan konfigurasi *WiFi* pada alat ukur.
4. Uji Coba dilakukan di 8 titik sungai kota Bandung yang diambil secara acak.
5. Menganalisis kumpulan data uji dengan hasil prediksi area yang tercemar dan grafik kualitas air.
6. Data input berasal dari parameter alat ukur (perangkat keras) kualitas air yang terkait dengan penelitian ini.
7. Komponen perangkat keras selain *WiFi* dan GPS tidak dibahas dalam penulisan ini.
8. Bagian keamanan data pada website tidak dibahas pada pengerjaan penelitian ini.

2. Dasar Teori

2.1. Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan bagian dari ilmu Geografi teknik berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi data-data keruangan (spasial) untuk kebutuhan atau kepentingan tertentu. SIG digunakan sebagai informasi mengenai daerah-daerah beserta keterangan (atribut) yang terdapat pada daerah-daerah di permukaan bumi [6]. Sig terdiri atas beberapa subsistem yaitu: data input, data output, data management, data manipulasi dan analisis [10].

2.2. Global Positioning System

Global Positioning system merupakan sistem untuk menentukan posisi dan navigasi secara global dengan menggunakan satelit. Prinsip penentuan posisi dengan GPS menggunakan metode reseksi jarak (pengukuran jarak dilakukan secara simultan ke beberapa satelit yang telah diketahui koordinatnya. Pada pengukuran GPS, minimal empat parameter yang harus ditentukan, yaitu tiga parameter koordinat X,Y,Z dan satu parameter kesalahan waktu akibat ketidak-sinkronan jam osilator di satelit dengan jam *receiver* GPS [12].

2.3. ESP8266

ESP8266 adalah chip yang dibuat untuk membuat modul micro kontroler nirkabel. Lebih khusus lagi, ESP8266 adalah sistem *on a chip* (SoC) dengan kemampuan 2,4 GHz Wi-Fi (802.11 b/g/n, mendukung WPA/WPA2), *general purpose input/output* (16 GPIO), *Inter Integrated Circuit* (I²C), konversi analog ke digital (ADC 10 bit), *Serial Peripheral Interface* (SPI), *I²S interface with DMA* (berbagi pin dengan GPIO), UART (pada pin khusus, dan hanya satu transmisi UART yang bisa diaktifkan pada GPIO2), dan *Pulse Width Modulator* (PWM). ESP8266 menggunakan CPU RISC 32bit berdasarkan *Tensilica Xtensa L106* yang berjalan pada 80 MHz (atau *overclock* sampai 160 MHz), memiliki *ROM boot* 64 KB, *RAM* instruksi 64 KB dan *RAM* data 96 KB [14].

2.4. Pengukuran Kualitas air

Menurut peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dan nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air terdapat banyak jenis parameter yang dipakai. Beberapa diantaranya adalah parameter pH dan kekeruhan.

1) pH

pH adalah cerminan derajat keasaman yang diukur dari jumlah ion hidrogen menggunakan rumus $pH = \log(H^+)$. Air murni terdiri dari ion H^+ dan OH^- dalam jumlah berimbang hingga pH air murni biasa 7. Makin banyak ion OH^- dalam cairan makin rendah ion H^+ dan makin tinggi pH Cairan tersebut bersifat alkali atau basa. Sebaliknya, makin banyak H^+ makin rendah pH dan cairan tersebut bersifat asam. pH antara 7 – 9 sangat memadai kehidupan [8]. manusia mempunyai toleransi pH lebih tinggi (kadar minuman berkisar antara

4-11, kadar minimal iritasi gastrointestinal). Nilai pH yang lebih besar dari 11 dapat menyebabkan iritasi kulit dan mata, begitupula halnya nilai pH dibawah 4. Nilai pH dibawah 2,5 akan menyebabkan kerusakan permanen pada lapisan kulit dan organ. Tingkat pH yang lebih rendah meningkatkan resiko logam beracun yang dengan mudah terserap oleh manusia, dan tingkat pH diatas 8,0 tidak dapat didesinfeksi dengan klorin secara efektif, menyebabkan resiko tidak langsung lainnya [17]. Untuk kualitas air bersih menurut peraturan Menteri Kesehatan nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 pH yang disyaratkan 6,5-9 [7].

2) Kekeruhan

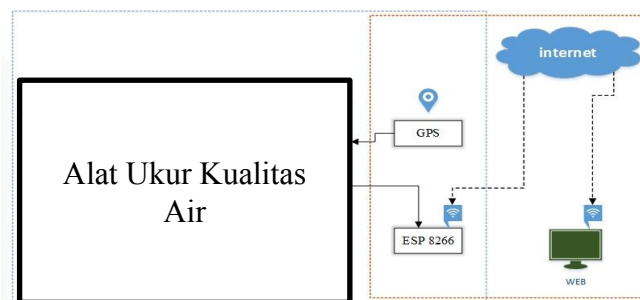
Kekeruhan merupakan gambaran sifat optik air oleh adanya bahan padatan terutama bahan tersuspensi dan sedikit dipengaruhi oleh warna air. Bahan tersuspensi ini berupa partikel tanah liat, lumpur, koloid tanah, organisme perairan (mikroorganisme) dan lainnya.

Kekeruhan air atau sering disebut turbidity adalah salah satu parameter uji fisik dalam analisis air. Tingkat kekeruhan air umumnya akan diketahui dengan besaran NTU (Nephelometer Turbidity Unit) setelah dilakukan uji aplikasi menggunakan alat turbidimeter. Apabila bahan tersuspensi ini berupa padatan organisme, maka pada batas-batas tertentu dapat dijadikan indikator terjadinya pencemaran suatu perairan. Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan, semakin tinggi padatan tersuspensi yang terkandung dalam suatu perairan maka perairan tersebut semakin keruh[9]. Menurut peraturan Menteri Kesehatan, kadar maksimum untuk yang diperbolehkan untuk kekeruhan adalah ≤ 25 NTU.

3. Perancangan Sistem

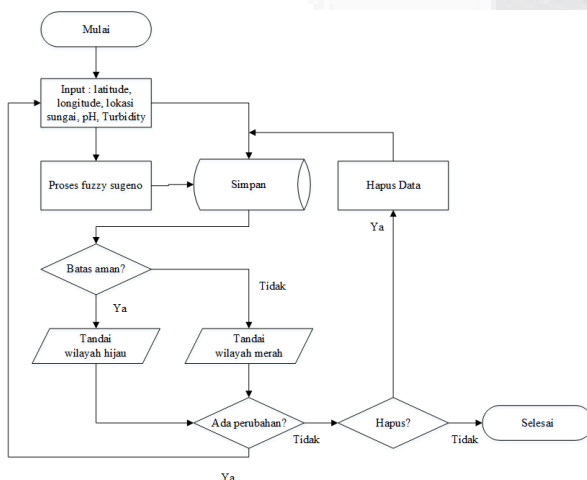
3.1. Deskripsi Umum Sistem

Merupakan Sistem yang dapat memberikan informasi dan mengidentifikasi kualitas air di kota Bandung. Hal ini dirancang sebagai penunjang peraturan menteri kesehatan nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang pemantauan kualitas air bersih pada sumber air. Alat ukur (perangkat keras/device) dilengkapi dengan perangkat wifi, GPS, dan protokol internet sehingga perangkat/alat ukur berperan sebagai data input dan pengirim data yang kemudian oleh web server data diterima dan disimpan dalam database.



Gambar 1. Blok diagram dari perancangan sistem

Untuk alur proses yang terjadi pada sistem aplikasi seperti pada gambar berikut :



Gambar 2. flow chart sistem

Flow chart pada gambar 2 menjelaskan proses pengiriman dilakukan oleh alat ukur sedangkan proses penerimaan dilakukan oleh database dan sistem informasi geografis dalam bentuk website. Batas aman dimaksudkan sebagai kondisi kualitas air yang aman digunakan untuk manusia (mandi, cuci, kakus, atau kualitas air yang dapat di daur ulang kembali). Syarat batas aman air bersih menurut peraturan kementrian peraturan Menteri Kesehatan nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 pH yang disyaratkan 6,5-9 dan kekeruhan ≤ 25 NTU. Kedua parameter inilah yang akan di proses melalui *fuzzy logic* metode sugeno. Sehingga hasilnya akan menentukan kualitas air tersebut aman atau tidak.

3.2. Pembuatan Basisdata

Data atribut pada sistem ini di simpan dalam satu tabel dengan *record* sesuai dengan data yang diambil pada alat pengukur. Data yang diambil oleh alat ukur berupa :

1. pH meter, nilai kualitas Ph yang diambil dari percobaan
2. *Turbidity*, nilai kualitas kekeruhan air dengan satuan NTU yang diambil dari percobaan.
3. *Latitude*, titik koordinat garis lintang
4. *Longitude*, titik koordinat garis bujur

Data-data tersebut dipakai sebagai data atribut kemudian ditambahkan empat atribut diantaranya:

5. Nama Sungai sebagai identitas area sungai
6. Hasil sebagai penentu kelayakan dari nilai pH dan *Turbidity* yang kesimpulannya dihitung berdasarkan logika fuzzy metode sugeno
7. Id sebagai *primary key*
8. Tanggal sebagai penanda waktu percobaan

Data-data atribut diatas dimuat dalam satu tabel. Struktur tabel basisdata dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Struktur tabel data_

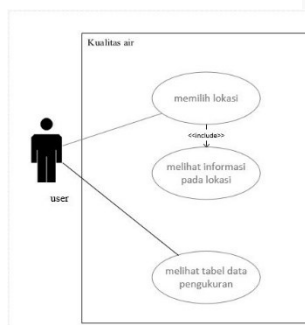
Nama Kolom	Tipe Data	Keterangan
Ukur_id	Integer	Primary key
Ukur_tanggal	datetime	Waktu pengambilan sample
Ukur_nama_sungai	varchar	Nama sungai atau lokasi sungai
Ukur_lat	float	Titik koordinat garis lintang
Ukur_lng	float	Titik koordinat garis bujur
Ukur_ph	float	Nilai ph
Ukur_tbd	float	Nilai <i>turbidity</i> /kekeruhan
Ukur_hasil	float	Hasil nilai logika fuzzy

Tabel 2. Stuktur Tabel data_sungai

Nama Kolom	Tipe Data	Keterangan
Sungai_id	integer	Primary key
Sungai_nama	varchar	Nama sungai/ lokasi sungai
Sungai_lat	float	Titik koordinat garis lintang
Sungai_lng	float	Titik koordinat garis bujur

Untuk menyimpan data-data nama sungai dan koordinat GPS maka dibuat tabel data_sungai. Pada tabel 2 telah ditunjukkan struktur tabel data sungai.

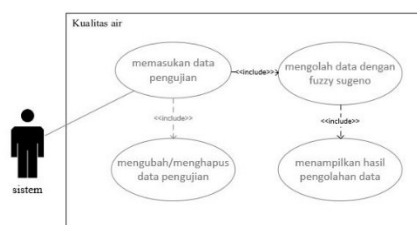
3.3. Use Case Diagram



Gambar 3. use case diagram user module

Diagram *use case* yang ditampilkan akan digunakan untuk menjelaskan fitur yang digunakan oleh *user module*. Fitur tersebut antara lain memilih lokasi yang kemudian sistem menampilkan lokasi tersebut dan mengolah data-data dari alat ukur menjadi informasi tentang kualitas air di lokasi tersebut (gambar 3.2). Diagram ini bertujuan untuk menverifikasi fungsi sistem informasi geografis yang diimplementasikan.

Untuk modul sistem, menjelaskan cara kerja sistem mencocokkan nama sungai atau lokasi yang telah dipilih, kemudian data ph dan kekeruhan dari lokasi tersebut diambil dan diproses dengan algoritma logika fuzzy untuk menentukan kondisi air di lokasi tersebut.



Gambar 4. Use case diagram pada sistem

4. Pengujian

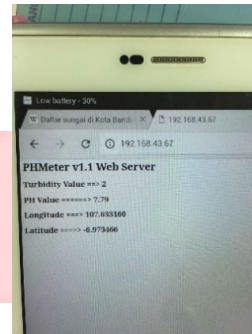
4.1. Pengujian pada perangkat keras

Pada alat ukur kualitas air dilakukan pengujian terhadap dua komponen yaitu WiFi dan GPS. Pertama yang dilakukan adalah inisialisasi GPS pada alat pengukur untuk mendapatkan data koordinat latitude dan longitude lokasi pengambilan data. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 5.

Untuk WiFi digunakan module ESP8266 yang terhubung dengan komponen Arduino. Hal pertama yang dilakukan inisialisasi module WiFi ESP8266, Penginisialisasian dilakukan agar alat pengukur dapat mendeteksi dan menerima jaringan dari perangkat lain. Ketika alat pengukur mendapatkan koneksi jaringan maka data yang diambil dapat ditampilkan melalui *website*. Sebelum dapat terkoneksi dilakukan program *setup* agar alat dapat terhubung dengan jaringan yang spesifik dan hasilnya ditampilkan pada gambar 6.



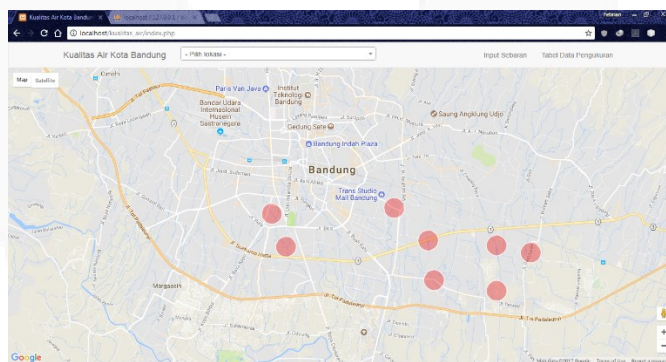
Gambar 5. Hasil Inisialisasi GPS



Gambar 6. Hasil Pengiriman Data dengan ESP8266

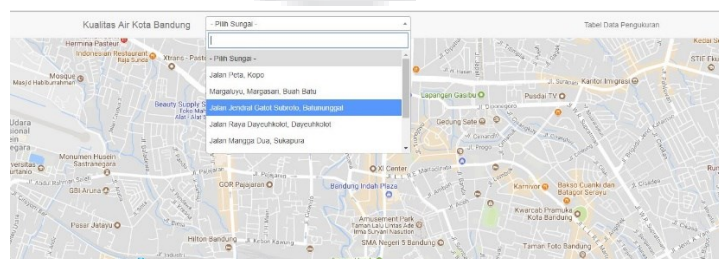
4.2. Pengujian pada perangkat lunak

Untuk pengujian website ini, yang pertama dilakukan adalah mengakses URL http://localhost/kualitas_air/index.php melalui *web browser*. Maka akan tampil sebuah laman yang menampilkan titik tengah peta kota Bandung dari google map dengan judul Kualitas Air Kota Bandung seperti pada gambar 3.



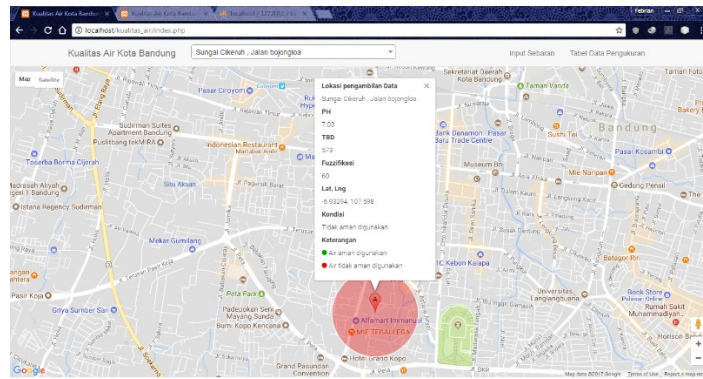
Gambar 7 Tampilan Website Kualitas Air

Pada halaman *index.php* terlihat titik-titik merah yang menandakan lokasi pengambilan data dari alat ukur. Disamping judul terdapat menu bar untuk memilih lokasi, bila diklik akan keluar daftar titik lokasi pengujian seperti gambar 4.



Gambar 8 Tampilan menu lokasi

Setelah lokasi dipilih, peta pada google map akan berpindah ke area lokasi yang telah dipilih. Terdapat *icon* tanda atau *marker* merah yang artinya di sungai tersebut data diambil oleh alat ukur. Tanda (*marker*) merah tersebut akan otomatis menampilkan info *window* yang berisikan informasi daerah lokasi pengambilan data, ph meter, *turbidity meter*, hasil fuzzifikasi, dan posisi *latitude* dan *longitude*, kondisi kualitas air dan keterangan warna pada peta. Dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 9 Pop up informasi

Di samping menu lokasi terdapat menu tambahan 'Tabel Data Pengukuran', ketika di buka maka akan muncul halaman baru tabel_data.php yang menampilkan seluruh data yang diambil dari tabel basis data data_pengukuran. Pada halaman tabel_data.php terdapat fungsi edit dan delete untuk memudahkan perubahan data pada database.

#	lokasi pengambilan data	Lat, Long	pH	Tds	Fuzzyfikasi	Aksi
1	Sungai Cikapundung, Jalan Interoak	-6.94439, 107.603	7.22	896	60	Edit / Hapus
2	Sungai Cikembuh, Jalan bogongloa	-6.93294, 107.596	7.03	573	60	Edit / Hapus
3	Sungai Cikapundung Kolot, Jalan Jendral Gatot Sub	-6.93096, 107.541	7.31	613	60	Edit / Hapus
4	Sungai Cikembuh, Jalan Gedebage	-6.94542, 107.689	7.87	2717	60	Edit / Hapus
5	Sungai Cipamoketan, Jalan Terusan Integrasita	-6.956, 107.685	7.52	1332	60	Edit / Hapus
6	Sungai Cidurian, Jalan Cidurian Timur	-6.94219, 107.653	7.99	2963	60	Edit / Hapus
7	Sungai Cidurian, jalan babakan situ	-6.95969, 107.677	8.21	1816	60	Edit / Hapus
8	Sungai Cipamoketan, jalan cipamoketan	-6.94389, 107.677	8.07	2114	60	Edit / Hapus

Gambar 10 Halaman tabel data pengukuran

4.3. Hasil Pengujian

Dari prosedur pengujian yang dilakukan, terlihat bahwa program pada komponen dapat berjalan dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan berhasilnya data GPS latitude dan longitude yang dikeluarkan serta akurasiya ketika pencocokan dengan googlemap, selanjutnya data yang terkirim dengan module ESP8266 tidak berhasil dikeluarkan pada melalui HTML disebabkan adanya kesalahan pada pembagi tegangan yang merusak komponen ESP8266, sehingga data pada alat tidak dapat terkirim secara realtime.

Pengujian yang dilakukan pada fungsional website, website berjalan dengan baik. Terlihat keluaran data yang telah diproses, menandakan bahwa algoritma program berjalan dengan semestinya. Fungsi-fungsi setiap tombol (button) berjalan dengan baik tanpa kendala. Pada peta diperlihatkan dengan jelas kualitas air di daerah/lokasi pengujian.

5. Kesimpulan

5.1. Kesimpulan

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

1. Desain dan realisasi sistem informasi geografis untuk pengukuran kualitas air di kota Bandung berhasil diterapkan dengan baik. Hal ini terbukti pada fungsi yang dirancang terealisasi dan telah berjalan dengan semestinya.
2. Pengujian pengiriman data dari alat pengukur ke database secara langsung mengalami beberapa kendala saat ditengah pengujian sehingga tidak dapat terealisasi. Jadi data pengujian dimasukan secara manual ke database.
3. Data yang diolah dengan algoritma logika fuzzy metode Sugeno telah diuji dan berjalan dengan baik, terlihat dari hasil pengujian yang ditampilkan pada website sama dengan hasil pada alat ukur.
4. melalui 8 titik sungai lokasi pengujian di kota Bandung. Kedelapan sungai tidak memenuhi standar air bersih yang telah di tetapkan peraturan Menteri Kesehatan nomor 416/MENKES/PER/IX/1990. Hal ini terbukti pada hasil pengolahan data yang ditampilkan pada website yang ditunjukkan pada titik merah di semua titik sungai pengujian.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis terkait dengan pengembangan selanjutnya adalah membuat *embedded system* pada tiap titik sungai yang dapat mengirimkan data secara real time. Menggunakan MapServer untuk Sistem informasi geografis dengan fitur yang baik contoh : dapat memberikan informasi daerah yang rawan longsor atau banjir. Tentunya dengan penambahan parameter lainnya dapat dikonklusikan sebab-akibat dari kualitas air tersebut.

Daftar Pustaka :

- [1] Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. http://pppl.depkes.go.id/asset/regulasi/Permenkes_492_Tahun_2010_Persyaratan_Kualitas_Air_Minum.pdf [Online] (Diakses 24 November 2015).
- [2] Qoriani, Hersa Farida. (2012). *Sistem Informasi Geografis Untuk Mengetahui Tingkat Pencemaran Limbah Pabrik Di Kabupaten Sidoarjo*. Universitas Narotama. Surabaya.
- [3] Robi'in, Bambang. (2008). *Sistem Informasi Geografis Sumber Daya Alam Indonesia Berbasis WEB*. Akademik Teknik PIRI. Yogyakarta.
- [4] <http://www.carawebs.info/2013/04/apa-itu-php.html> [Online] (Diakses 24 November 2015).
- [5] <http://zoyi.wordpress.com/2010/10/30/apa-itu-mysqlapache-dan-php> [Online] (Diakses 24 November 2015).
- [6] <http://www.cpuik.com/2014/11/pengertian-sistem-informasi-geografi.html> [online] (diakses 24 November 2015).
- [7] Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (1990). Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 Tentang Syarat-syarat Dan Pengawasan Kualitas Air. http://pppl.depkes.go.id/asset/regulasi/53_Permenkes%20492.pdf [online] (diakses 12 Desember 2015)
- [8] <http://inilingkunganku.blogspot.com/2014/01/kualitas-air-dan-parameter-kualitas-air.html> [online] (diakses pada 24 November 2015)
- [9] <http://www.tneutron.net/blog/parameter-kekeruhan-warna-air/> [Online] (Diakses 27 November 2015).
- [10] Prahasta, Edy. (2005). *Sistem Informasi Geografis Edisi Revisi*, cetakan kedua. Bandung. C.V.Informatika.
- [11] Aini, Anisa. (2015). *Sistem Informasi Geografis Pengertian Dan Aplikasinya*. STMIK AMIKOM. Yogyakarta.
- [12] Maulana, Imam. (2015). *Pengukuran GPS Geodetik dan terrestrial laser untuk pembangunan rel kereta api baru di Menteng jaya, Jakarta*. Univesitas pendidikan indonesia. Bandung.
- [13] <https://www.ieee.org/about/technologies/emerging/wifi.pdf> Wireless Fidelity—WiFi [online] (diakses 7 Juni 2017)
- [14] <http://esp8266.net/> the Internet of things with ESP8266 [online](diakses 7 Juni 2017)
- [15] Lestari, Eny Wiji.(2011).Geografi 3 Untuk SMA/MA Kelas XII.CV Wilian.
- [16] *World Health Organization* . (2003). *pH in Drinking-water. In Guidelines for drinking-water quality*.
- [17] <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/ph/> *pH of water* [online] (diakses 2 Agustus 2017)
- [18] <http://logikafuzzy-kelompok1.blogspot.co.id/2015/09/fungsi-keanggotaan.html> Fungsi Keanggotaan Fuzzy Logic [online] (diakses 7 Juni 2017)
- [19] Suyanto, ST,MSc. 2007. *Artificial Intelligence*.Penerbit Informatika : Bandung.
- [20] <http://water.usgs.gov/edu/turbidity.html> Perlman, H. (2014, March). Turbidity. In The USGS Water Science School. [online] (diakses 3 Agustus 2017)
- [21] Ghani, Mohammad Fakry Abdul. (2015). *Desain Dan Realisasi Semi Autonomous Outdoor Mobile Robot Pada Sistem Robot Jelajah Reruntuhan*