

Sistem Pemantauan Kualitas Air Sungai di Kawasan Industri Berbasis WSN dan IoT

Trisiani Dewi Hendrawati¹, Nirfan Maulana², Adnan Rafi Al Tahtawi³

^{1,2}Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Sukabumi

Jl. Babakan Sirna No. 27, Sukabumi 43132, Indonesia

³Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung 40012, Indonesia

trisianidewi@polteksmi.ac.id

Abstrak

Air telah menjadi salah satu kebutuhan utama manusia, khususnya pada aliran air sungai yang terhubung dengan limbah pembuangan industri. Persyaratan kualitas air yang berhubungan langsung dengan kesehatan diantaranya kadar pH, kekeruhan, dan suhu air. Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu sistem pemantauan kualitas air sungai berbasis teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN) dan *Internet of Things* (IoT). Sistem pemantauan dirancang menggunakan sensor pH *electrode probe* untuk mengukur pH, *GE turbidity* SKU SEN0189 untuk mengukur kekeruhan, dan DS18B20 untuk mengukur suhu air. Perancangan sistem WSN menggunakan NRF24L01 untuk mengirimkan data sensor dari tiga *node* ke *base* sebagai pusat data, sedangkan perancangan IoT menggunakan ESP8266 sebagai pengirim data ke *database* melalui jaringan internet dan ditampilkan pada halaman *website*. Berdasarkan hasil pengujian, sistem pemantauan dapat bekerja dengan baik pada aliran sungai saat cuaca dan kondisi sungai yang normal dengan jangka waktu maksimal 3 jam.

Kata kunci: sistem pemantauan, *Wireless Sensor Network* (WSN), *Internet of Things* (IoT)

Abstract

Water has become one of needs the main human, in particular on river water flow connected with industrial waste disposal. Water quality requirements that have relation to health include pH levels, turbidity, and water temperature. This research aims to design a monitoring system river water quality based on *Wireless Sensor Network* (WSN) and *Internet of Things* (IoT). Monitoring system was designed using a pH sensor *Electrode Probe*, *GE turbidity* SKU SEN0189, and DS18B20. WSN design uses NRF24L01 to send sensor data from three nodes to base, while the design of IoT uses ESP8266 as the sender of data to database through the internet network and displayed on website. Based on system testing, monitoring system can work well on river flow during normal weather and river conditions with maximum duration of 3 hours.

Keywords: monitoring system, *Wireless Sensor Network* (WSN), *Internet of Things* (IoT)

I. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok dalam kehidupan makhluk hidup di bumi. Air digunakan untuk proses metabolisme tubuh baik bagi manusia, hewan maupun makhluk hidup lainnya. Selain itu air juga digunakan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup lainnya misalkan tempat rekreasi, dan pengairan pertanian. Di bumi ini ada tiga sumber air yaitu air tanah, air permukaan dan air hujan [1].

Adapun kualitas air adalah kondisi umum dari air yang menggambarkan kandungan bahan kimia, fisika dan biologi dari air dengan menggunakan acuan tertentu. Salah satu yang mempengaruhi kualitas air yaitu limbah cair industri yang merupakan sisa buangan yang dihasilkan dari sebuah proses produksi pada suatu industri dalam bentuk cair. Jumlah dari limbah cair industri skalanya lebih besar daripada limbah skala domestik atau rumah tangga serta memiliki dampak pada lingkungan yang lebih besar daripada limbah domestik [2]. Maka dari itu perlu adanya

monitoring kualitas air. Monitoring kualitas air adalah sebuah metode pengambilan sampel air secara berkala untuk menganalisa kondisi air sungai dan karakteristiknya. Monitoring ini biasanya merupakan monitoring sumber air tawar seperti air dari sungai, danau, aliran air, kolam, waduk, air tanah permukaan, sumur, air di gua, dan lahan basah. Monitoring ini dilakukan dimana untuk meyakinkan bahwa sumber air tersebut aman untuk dikonsumsi dan dapat digunakan untuk keperluan manusia dan hewan. Peraturan yang dibuat oleh Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416 tahun 1990 telah menetapkan bahwa kualitas air yang baik untuk digunakan pada keperluan sehari-hari mengenai indikator parameter pH, suhu, dan kekeruhan air [3].

Penelitian terkait sistem monitoring kualitas air sudah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir ini. Alat tersebut berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan parameter pengukuran kadar pH, suhu, dan kekeruhan ditampilkan pada halaman *website* secara *real-time* melalui jaringan internet [4]. Sistem lainnya dibangun dengan menambahkan parameter lainnya yaitu oksigen terlarut [5], dengan alat yang dapat ditempatkan pada satu lokasi [6].

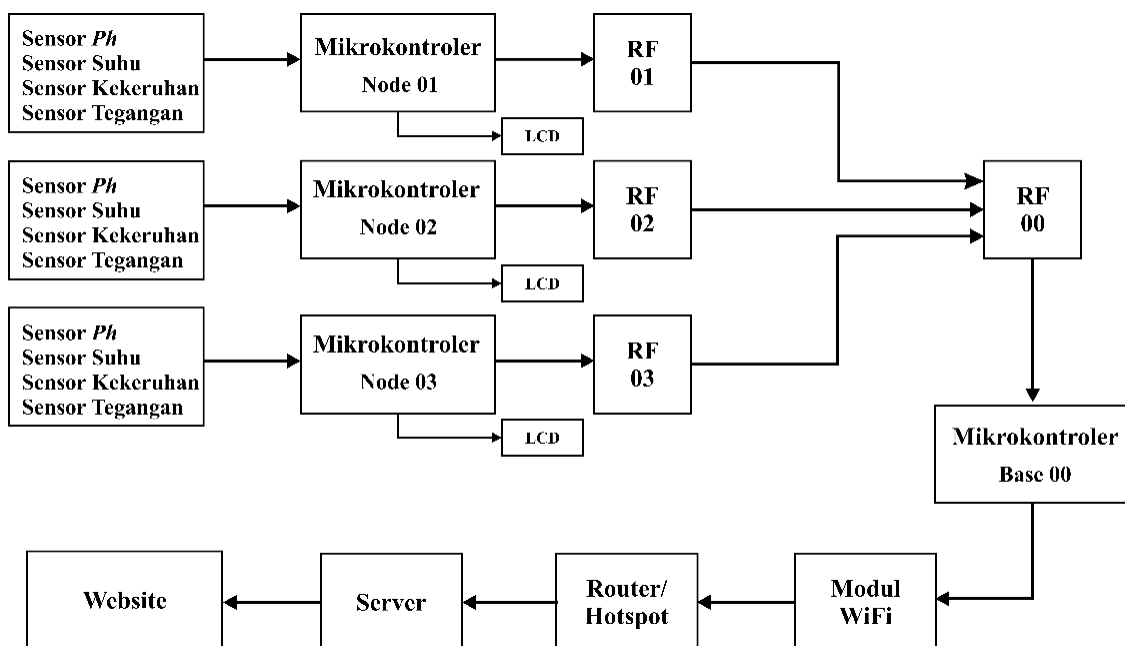
Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan alat pada aliran air sungai dalam jangka waktu tertentu dengan menggunakan tiga *node* dan satu *base*. Rancangan perangkat keras untuk monitoring kualitas air sungai di kawasan industri ini menggunakan sensor pH, suhu, dan kekeruhan air melalui modul NRF24L01 dengan menggunakan topologi jaringan *star* berbasis teknologi *Wireless Sensor Network*

(WSN). Sistem juga dilengkapi dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang bertujuan untuk mengolah data yang diterima serta dapat mengirimkan data menggunakan modul WiFi ESP8266 ke *database* dan dapat dilihat pada halaman *website*. Catu daya yang digunakan yaitu baterai *recharger* sehingga apabila baterai kosong maka dapat diisi ulang tanpa perlu mengganti baterai. Sistem dilengkapi *voltage* sensor untuk mengetahui kapasitas daya baterai yang tersimpan.

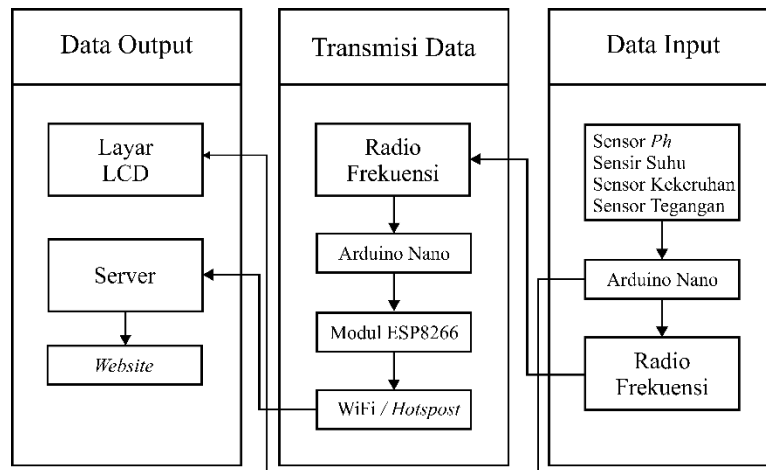
II. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Perangkat Keras

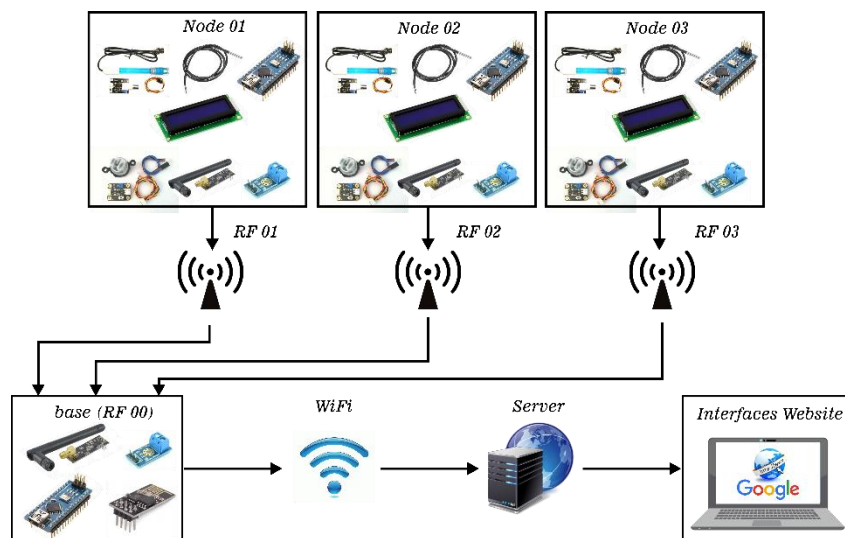
Sistem *monitoring* kualitas air sungai ini memiliki komponen yang terdiri dari mikrokontroler Arduino Nano, sensor pH *electrode probe* untuk pengukuran kadar pH, Dallas DS18B20 pengukuran suhu, GE *turbidity* untuk pengukuran kekeruhan air, *voltage* sensor untuk pengukuran kapasitas baterai pada *node*, LCD 16 x 2 sebagai penampil pada *node*, modul NRF24L01 untuk pengiriman data pada *node* ke *base* menggunakan WSN [7], topologi jaringan *star* [8], dan ESP8266 untuk pengiriman data yang terkumpul pada *base* ke *server* melalui jaringan internet (IoT) sehingga data dapat disimpan pada *database* dan ditampilkan pada halaman *website* yang telah dirancang. Adapun diagram blok sistem yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 1 dengan diagram *activity* dan alur kerja pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1. Diagram blok sistem secara umum



Gambar 2. Activity diagram sistem secara umum



Gambar 3. Alur kerja sistem secara umum

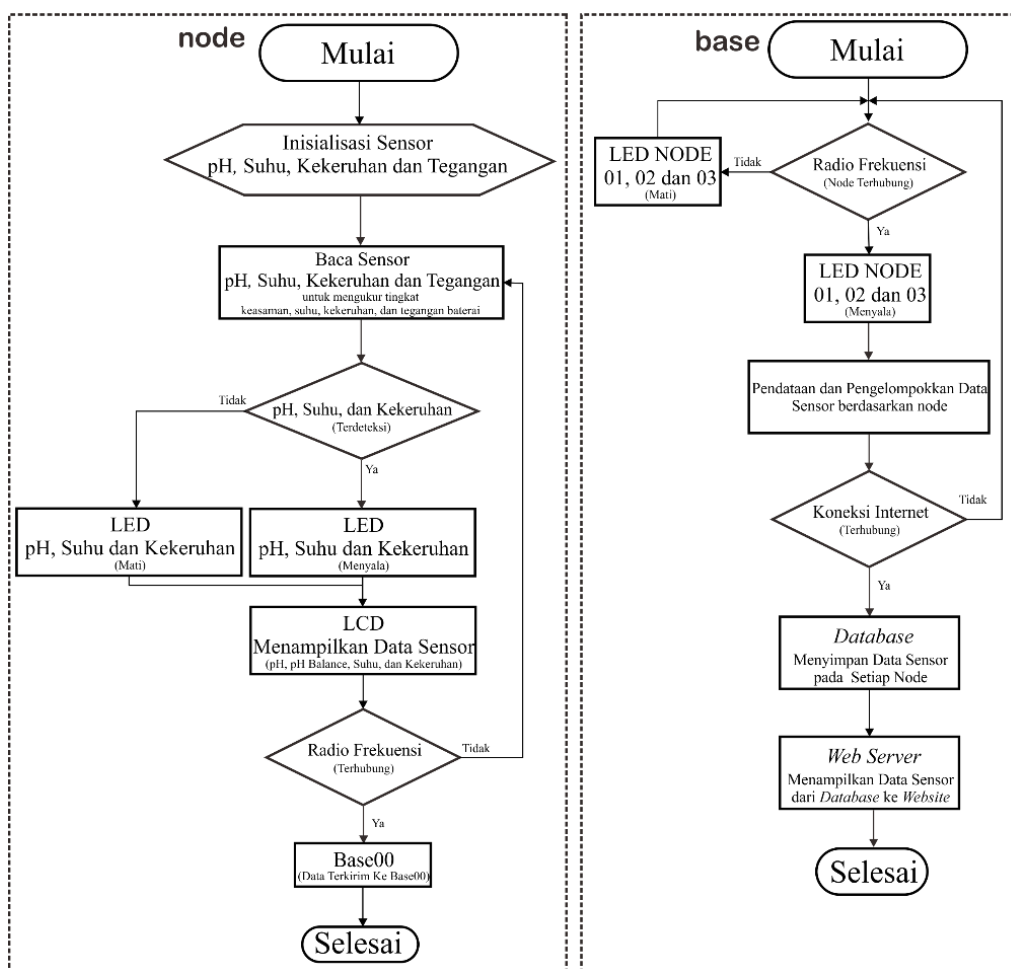
Sistem monitoring berawal dari pembacaan sensor pH, suhu, kekeruhan dan tegangan kemudian diproses oleh mikrokontroler menjadi data yang diinginkan yaitu nilai pH, Celcius (°C), Nephelometric Turbidity Unit (NTU), dan Volt (V) yang selanjutnya *node* menampilkan data pada layar LCD dan mengirimkan data tersebut ke *base* melalui sinyal radio frekuensi (RF). Data yang diterima oleh *base* diproses dan disortir berdasarkan data dari setiap *node*, agar data yang masuk ke *base* tersusun dan tidak tercampur dengan nilai data pada setiap sensor. Data *node* selanjutnya diproses dan dikirimkan ke *database* melalui jaringan WiFi.

B. Perancangan Perangkat Lunak

Berdasarkan dari perancangan dan sistem kerja alat, maka dibuatlah tahapan yang dapat menjelaskan proses perancangan menjadi dua

bagian diantaranya proses di bagian *database* menggunakan aplikasi MySQL dan proses antarmuka pada halaman *website* yaitu menggunakan *Sublime Text* sebagai *Text Editor*.

Tahap pertama perancangan perangkat lunak sistem ini adalah melakukan inisialisasi awal yakni dengan membuat *IP address* dan *host*. Kemudian memastikan aplikasi MySQL dapat terhubung atau tidak. Jika sudah terhubung, maka dapat menerima data dan mengirimkannya ke *database server*. Jika berhasil data tersebut dapat ditampilkan secara *real-time* pada halaman *website*. Tahap kedua adalah melakukan inisialisasi awal berupa *E-mail* dan *password*. Setelah itu, maka akan masuk ke *dashboard* yang dapat menampilkan data sensor secara *real-time* berupa grafik dari hasil *monitoring* pada setiap *node*.



Gambar 4. Flowchart program mikrokontroler pada node dan base



Gambar 5. Jaringan IoT

Gambar 4 merupakan garis besar alur logika yang dibuat pada aplikasi Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) untuk perancangan sistem monitoring air sungai. IDE adalah aplikasi yang digunakan untuk *text editor* membuat program *sketch* dan ditanamkan pada mikrokontroler dengan cara *upload* ke *board* Arduino. Pada perancangan atau pemrograman di Arduino IDE ini membuat alur logika pemrograman untuk menjalankan sistem monitoring kualitas air ini.

db_monitor_sungai users	db_monitor_sungai node
id : int(10) unsigned	id : bigint(255) unsigned
nama : varchar(100)	idnode : int(3)
email : varchar(100)	tanggal : date
role : varchar(2)	ph : double
password : varchar(255)	kekeruhan : double
remember_token : varchar(100)	suhu : double
created_at : timestamp	baterai : double
updated_at : timestamp	waktu : time

Gambar 6. Database Sistem

Gambar 5 merupakan perancangan jaringan IoT dimana *base* melalui modul ESP8266 mengirimkan data ke jaringan *server* agar dapat disimpan dan ditampilkan pada halaman *website*.

Gambar 6 merupakan perancangan *database* ini menggunakan XAMPP yang didalamnya terdapat aplikasi MySQL. Nama *database* untuk perancangan ini yaitu **monitor_sungai**, sedangkan pada setiap tabel diantaranya tabel *users* digunakan untuk *login* ke dalam *website* dan registrasi admin. Tabel *node* digunakan untuk menyimpan data sensor pada setiap *node*. Pada tabel *node* semua data disetiap *node* yang dikirimkan melalui *base*

digabungkan pada satu tabel dan dikelompokkan berdasarkan *ID node* yaitu inisialisasi *node*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian seluruh sistem dilakukan dalam empat tahap. Tahap pertama adalah pengujian sensor pH *electrode probe*, *GE turbidity*, dan Dallas DS18B20 dengan air yang sudah disediakan dengan alat pembanding. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai *error* antara alat yang dirancang dengan alat ukur. Tahap kedua adalah pengujian jaringan WSN menggunakan frekuensi radio pada modul NRF24L01 antara *base* dengan *node* menggunakan topologi jaringan *star*. Tahap ketiga adalah pengujian sistem monitoring yang diintegrasikan pada *interface browser* dan penyimpanan data sensor pada *database* menggunakan ESP8266. Tahap keempat pengujian sistem serta implementasi alat yang dirancang dengan melakukan pengukuran kualitas air sungai (implementasi sistem) untuk mengetahui kinerja alat yang dirancang secara keseluruhan.

A. Pengujian Sensor

Pengujian Sensor merupakan tahapan kalibrasi atau penyesuaian data alat yang dirancang dengan alat yang sudah ada dan berstandar untuk alat pengukuran kualitas air diantaranya pH, kekeruhan, dan suhu. Hasil pengujian untuk setiap sensor dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1. Pengujian sensor pH

No.	Jenis Larutan	Node	pH		Error
			Sensor	Alat Ukur	
1.	Air Mineral	01	7,70	7,70	0
		02	7,69		0,01
		03	7,59		0,11
2.	Detergen	01	10,49	10,50	0,01
		02	10,70		0,20
		03	10,25		0,25
3.	Cuka	01	4,26	3,30	0,96
		02	2,96		0,04
		03	3,74		0,44
Rata-rata error					0,22

Tabel 2. Pengujian sensor kekeruhan

No.	Jenis Larutan	Node	NTU		Error
			Sensor	Alat Ukur	
1.	Air Mineral	01	0,32	0,00	0,32
		02	0,45		0,45
		03	0,36		0,36
2.	Kopi	01	90,12	89,00	1,12
		02	90,42		1,42
		03	92,01		3,01
3.	Detergen	01	92,02	91,00	1,02
		02	93,30		2,30
		03	92,32		1,32
Rata-rata error					1,26

Tabel 3. Pengujian sensor suhu

No.	Suhu Larutan	Node	Celcius		Error
			Sensor	Alat Ukur	
1.	Hangat	01	34,6	34,7	0,1
		02	32,1	32,1	0,0
		03	30,6	30,7	0,1
2.	Normal	01	23,3	23,3	0,0
		02	23,3	23,4	0,1
		03	23,4	23,5	0,1
3.	Dingin	01	5,19	5,1	0,09
		02	9,38	9,6	0,28
		03	11,7	12,3	0,6
Rata-rata error					0,15

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa rata-rata nilai *error* untuk sensor pH adalah 0,02 pH, sensor kekeruhan 1,26 NTU, dan sensor suhu 0,15 °C. Terdapat perbedaan nilai pada sensor dan alat ukur ini disebabkan oleh spesifikasi sensor yang kurang. Nilai perbedaan dapat diperkecil dengan menggunakan sensor yang memiliki spesifikasi lebih tinggi.

B. Pengujian Jaringan WSN

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jarak maksimal komunikasi data antara *node* dengan *base* menggunakan modul NRF24L01. Dengan uji coba ini maka akan diperoleh gambaran umum untuk jarak pemasangan alat sensor yang akan ditempatkan pada aliran sungai. Pengujian komunikasi dengan 3 skenario pengujian diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Jaringan WSN Frekuensi Radio

Pengujian ke-	Keterangan	Jarak (m)	
		Maks.	Rekomendasi
1	<i>Point-to-point</i>		
	01 ke base	5	4
	02 ke base	7	6,5
	03 ke base	7	6
2	<i>Topologi Star (2 node 1 base)</i>		
	01 ke base	5	4
	02 ke base	6,5	4
3	<i>Topologi Star (3 node 1 base)</i>		
	01 ke base	3	3
	02 ke base	4	3
	03 ke base	5	3

Tabel 5. Jarak koneksi jaringan WiFi dan durasi pengiriman data

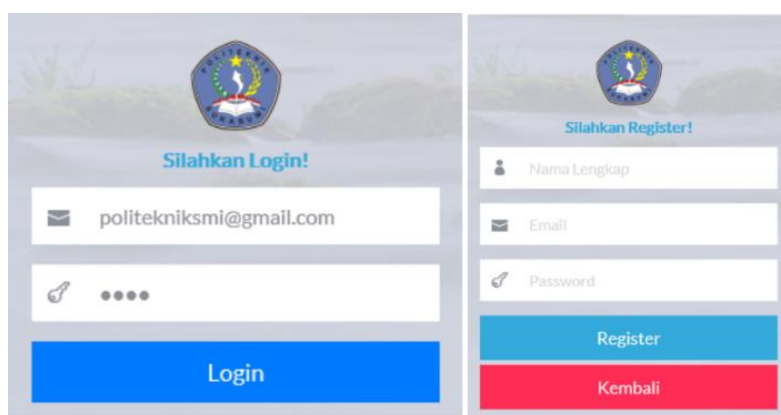
No.	Data	Jarak (m)	Durasi (s)
1	Base-Hotspot	3,5	7
2	Base-Database	-	9

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian jarak antara *node* dengan *base* untuk mengetahui jarak

maksimal dan rekomendasi pengiriman data melalui jaringan frekuensi radio. Jarak rekomendasi merupakan jarak yang disarankan pada pemasangan alat agar data dapat terkirim dengan stabil. Jarak maksimal merupakan jarak *node* dengan *base* masih dapat terkoneksi, tetapi data yang diterima tidak akan stabil. Data pengujian tersebut merupakan gambaran umum atau acuan dasar pemasangan jarak alat dengan *base* dan yang perlu diperhatikan juga yaitu lokasi pengamatan dan cuaca, karena berpengaruh terhadap jaringan radio frekuensi.

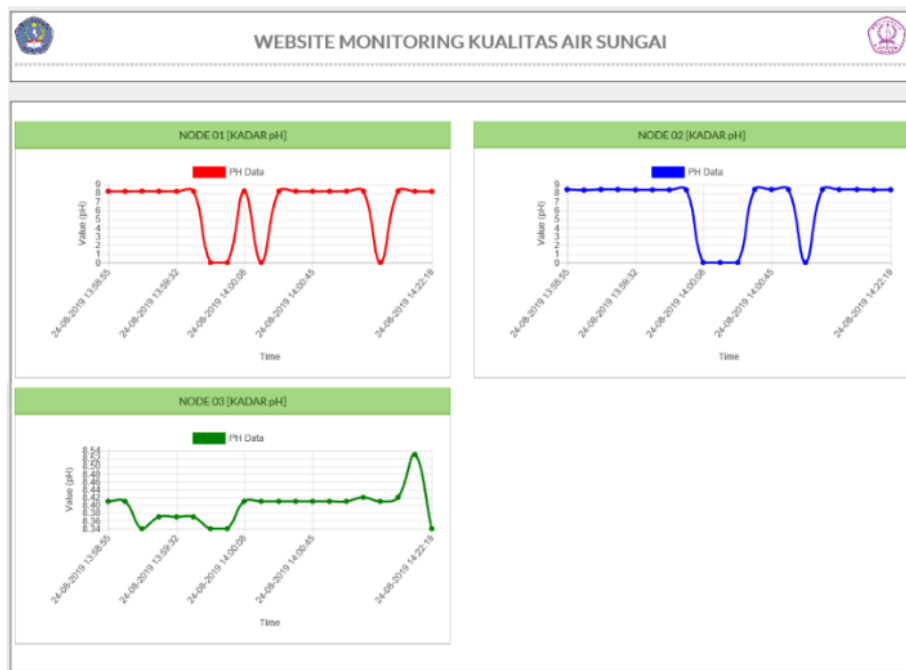
C. Pengujian Sistem IoT

Pengujian IoT dalam sistem yang dirancang ini terdapat dua pengujian diantaranya adalah mengetahui jarak koneksi data dan durasi dari *base* dengan *hotspot/router* agar dapat terhubung dengan *database* dan tampilan serta kegunaan pada setiap halaman di dalam *website*. Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian jarak koneksi dan durasi pengiriman data pada komunikasi IoT. Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10 merupakan pengujian tampilan antarmuka *website* yang dirancang.

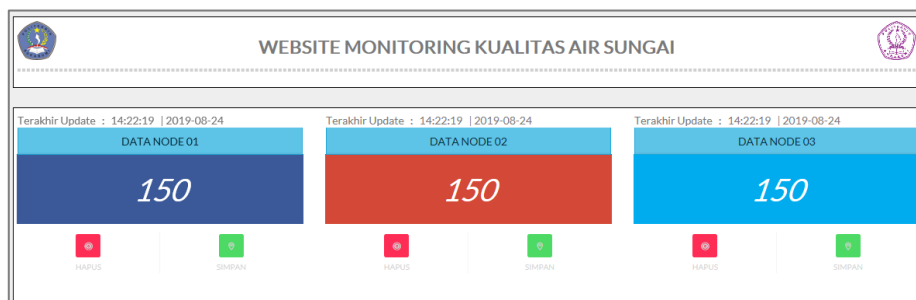

Gambar 7. Tampilan halaman login dan register

WEBSITE MONITORING KUALITAS AIR SUNGAI			
Kapasitas Baterai : 87 %	DATA NODE 01	Kapasitas Baterai : 87 %	DATA NODE 02
		Kapasitas Baterai : 37 %	DATA NODE 03
8.2 KADAR PH [PH]		8.39 KADAR PH [PH]	8.34 KADAR PH [PH]
1.95 KEKERUHAN [NTU]		0.32 KEKERUHAN [NTU]	1.21 KEKERUHAN [NTU]
27.59 Suhu [°C]		28.41 Suhu [°C]	29.18 Suhu [°C]
RESET [HAPUS] SEMUA DATA			

Gambar 8. Tampilan halaman data keseluruhan



Gambar 9. Tampilan halaman grafik

Gambar 10. Tampilan halaman *export data*

Gambar 7 merupakan tampilan pada halaman *login* untuk *user* yang telah terdaftar di *database* agar dapat masuk ke halaman *website* monitoring kualitas air sungai, sedangkan *register* digunakan untuk menambahkan *user* yang dapat masuk ke halaman *website*. *Register* dilakukan oleh *user* yang telah terdaftar di *database*.

Gambar 8 merupakan tampilan halaman awal pada *website* monitoring kualitas air sungai. Halaman ini merupakan tampilan data dari *database* secara *real-time* yaitu data terakhir pada *database* yang ditampilkan di halaman ini. Data yang ditampilkan yaitu tiga sensor (pH, NTU, dan °C) serta kapasitas baterai dari masing-masing *node* ditampilkan pada halaman data keseluruhan. Pada halaman ini terdapat tombol *button* “reset [hapus] semua data” merupakan tombol untuk menghapus seluruh data dari *node* 01, 02, dan 03.

Gambar 9 merupakan tampilan pada halaman grafik pH, kekeruhan, suhu, dan baterai. Halaman ini menampilkan data sensor pada *node* 01, 02 dan 03 untuk melihat perbedaan nilai pada sensor di setiap *node*. Grafik pada halaman ini menampilkan

data grafik *real-time* pada setiap data yang masuk di *database*. Setiap grafik menampung data untuk menampilkan 20 data terakhir.

Gambar 10 merupakan tampilan pada halaman *export data*. Halaman ini menampilkan data terakhir *update* berupa (jam dan tanggal) serta total data pada setiap *node*. Halaman ini terdapat dua tombol *button* yaitu *button* untuk menghapus data *node* serta *button* simpan untuk menyimpan data pada masing-masing *node* berupa *export data* berformat .pdf.

D. Pengujian pada Implementasi Sistem

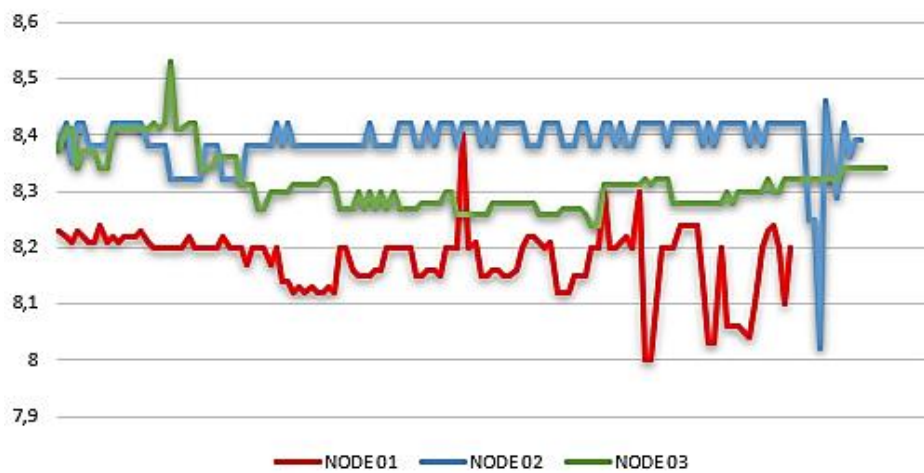
Implementasi merupakan tahapan terakhir dari serangkaian pengujian sistem yang telah dilakukan. Implementasi yaitu tahapan untuk melakukan pengamatan kualitas air sungai secara langsung pada aliran sungai untuk mengetahui keadaan air sungai dan kinerja sistem pada saat melakukan *monitoring*. Pengujian dilakukan di kawasan Sungai Cikeong, Kec. Baros, Kota Sukabumi yang berdekatan dengan lokasi industri. Implementasi *monitoring* air sungai untuk penerapan alat yang

dapat dilihat pada Gambar 11, sedangkan data hasil pengamatan kadar pH, kekeruhan, dan suhu air di sungai tersebut ditampilkan pada Gambar 12,

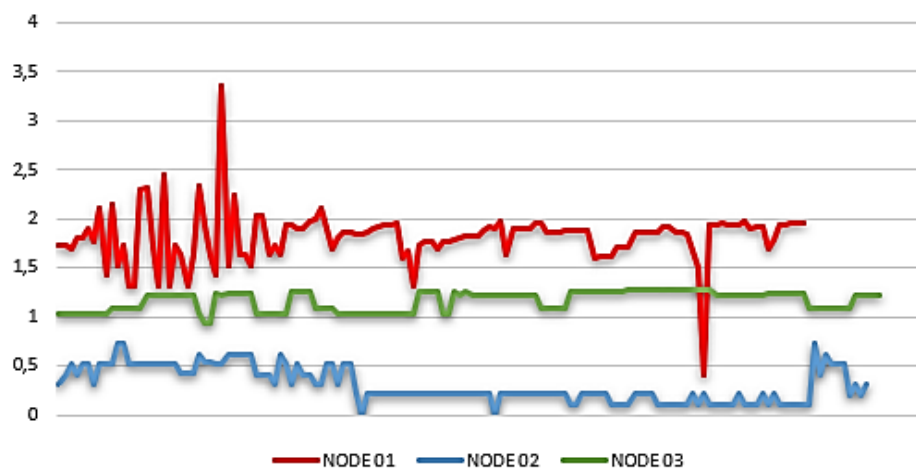
Gambar 13, dan Gambar 14. Adapun hasil rekapitulasi pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.



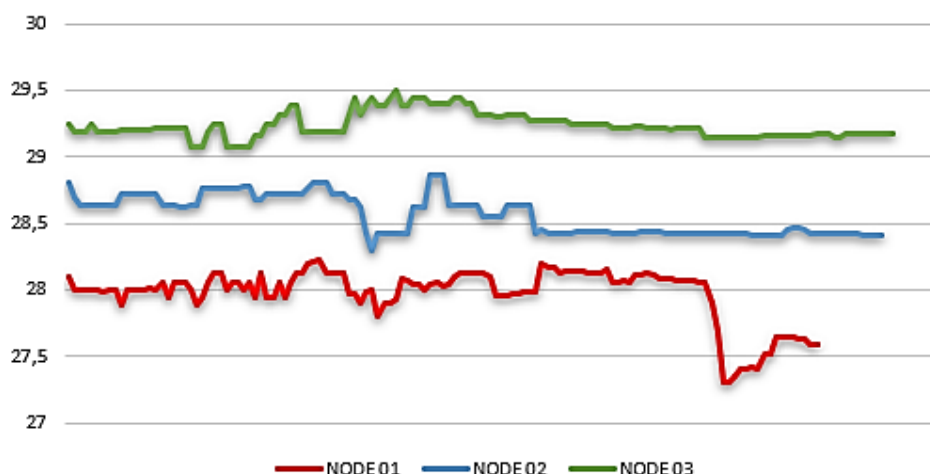
Gambar 11. Implementasi alat pada aliran air sungai



Gambar 12. Grafik data pH air sungai



Gambar 13. Grafik data NTU air sungai



Gambar 14. Grafik data suhu air sungai

E. Analisis dan Pembahasan

Tahapan pengujian alat monitoring kualitas air sungai diantaranya pengujian sensor (pH, kekeruhan, dan suhu air), jaringan frekuensi radio, jaringan WiFi, dan yang terakhir merupakan pengujian pada implementasi alat yang telah dirancang di aliran sungai. Pengujian sensor merupakan tahapan awal untuk melakukan penyesuaian data dengan alat pembanding yaitu data yang *output* sensor mendekati data dari pembanding. Kelebihan dari penyesuaian data adalah untuk meminimalisir terjadinya *error* yang terlampaui jauh atau penyesuaian data yang tidak sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

Tabel 6. Data implementasi alat monitoring sungai

No.	Pengujian	Hasil
1.	Durasi pengamatan	24 menit
2.	Pukul	13.58 – 14.22 WIB
3.	Tanggal	24 Agustus 2019
4.	Kadar pH	8,1 – 8,4 pH
5.	Kekeruhan	0,11 – 2,05 NTU
6.	Suhu air	27,8 – 29,2 °C
7.	Kondisi sungai	Normal
8.	Data	
	Terhubung ke base	
	Node 01	129 data
	Node 02	140 data
	Node 03	142 data
	Tidak terhubung ke base	
	Node 01	21 data
	Node 02	10 data
	Node 03	8 data
	Total data	150 data/node
9.	Jarak node ke base	
	Node 01	1,5 meter
	Node 02	3,5 meter
	Node 03	3 meter

Pengujian jaringan frekuensi radio merupakan tahapan selanjutnya dari pengujian seluruh komponen sensor. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jangkauan jarak antaran *node* dengan *base*. Kelebihan dari kesimpulan hasil pengujian tersebut diketahui bahwa jarak pemasangan alat antara *node* dengan *base* agar pengiriman data dari *node* ke *base* stabil. Dengan demikian pemasangan alat dapat disesuaikan dengan pengujian pada Tabel 2.

Pengujian IoT yaitu pengujian jaringan WiFi antara pusat data yaitu *base* dengan jaringan WiFi dimana data dapat ditampilkan pada *website* dan melakukan monitoring secara keseluruhan. Kelebihan dari kesimpulan hasil pengujian tersebut diketahui bahwa data dari *base* dapat tersimpan di *database* dimana data dapat disimpan untuk laporan hasil pengamatan dan dapat melakukan monitoring secara keseluruhan.

Pengujian keseluruhan dan implementasi alat monitoring kualitas air sungai yaitu pengujian untuk mengetahui kinerja alat secara keseluruhan. Kelebihan dari kesimpulan hasil pengujian tersebut diketahui bahwa alat monitoring kualitas air sungai dapat melakukan monitoring sesuai dengan fungsinya.

IV. KESIMPULAN

Sistem monitoring kualitas air sungai berbasis WSN dan IoT telah berhasil dirancang dan diimplementasikan pada aliran air sungai. Sistem ini dirancang untuk memantau kadar pH, suhu, dan kekeruhan pada sungai dalam jangka waktu maksimal 3 jam. Pemantauan dapat dilakukan sampai dengan tiga titik lokasi terpisah selama masih dalam jangkauan radio frekuensi. Data ditampilkan pada LCD di setiap *node* atau dapat

dilihat pada halaman *website*. Data yang masuk ke *database* per 9 detik. Sistem ini tidak hanya dapat digunakan di sungai melainkan pemantauan kolam, danau, sumur, waduk dan lahan basah. Penelitian selanjutnya diperlukan untuk pengembangan sistem ini agar lebih optimal, salah satunya penambahan indikator pengukuran atau dalam segi desain alat yang lebih fleksibel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada DRPM Kemenristekdikti atas bantuan dana penelitian melalui hibah Penelitian Dosen Pemula 2019.

REFERENSI

- [1] S. Bahri and K. Fikriyah, "Prototype Monitoring Penggunaan dan Kualitas Air Berbasis Web Menggunakan Raspberry PI," *Jurnal Teknik Elektro (eLEKTRUM)*, vol. 15, no. 2, 2018.
- [2] D. A. A. Novitasari, D. Triyanto, and I. Nirmala, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Limbah Cair Industri Berbasis Mikrokontroler Dengan Antarmuka Website," *Jurnal Komputer dan Aplikasi*, vol. 06, no. 3, 2018.
- [3] Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes no. 416/MENKES/PER/IX/1990). [Online]. Tersedia: <https://www.depkes.go.id/>, Diakses tanggal: 28 Juli 2019.
- [4] T. D. Hendrawati, F. Fadilah, and A. R. Al Tahtawi, "Sistem Monitoring Kualitas Air Sungai Berbasis WSN dan IoT," *The 10th Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS)*, Bandung, 2019.
- [5] I. M. Yusuf, *Perancangan Alat Pemantau Kualitas Air (ATAIR) Berbasis Internet of Things Dengan Parameter Kekerusuhan, Oksigen Terlarut, Suhu dan pH*, Tugas Akhir Diploma, Universitas Pasundan Bandung 2018.
- [6] K. Khalilurrahman, *Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis Teknologi Internet Of Things (IoT)*, Tugas Akhir Diploma, Universitas Andalas Padang 2018.
- [7] B. Fajriansyah, M. Ichwan, and R. Susana, "Evaluasi Karakteristik Xbee Pro dan nRF24L01 sebagai Transceiver Nirkabel," *Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika (ELKOMIKA)*, vol. 04, no. 1, 2016.
- [8] R. Wulandari, "Analisis QoS (Quality of Service) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – LIPI)," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi (JuTISI)*, vol. 02, No. 2, 2016.