

# Sistem Monitoring Pencemaran Air Sungai Berbasis Teknologi Sensor Nirkabel dan *Internet-of-Things*

Trisiani Dewi Hendrawati<sup>1</sup>, Adnan Rafi Al Tahtawi<sup>2</sup>, Farhan Fadilah<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Sukabumi, Sukabumi 43132  
E-mail: trisianidewi@polteksmi.ac.id

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail: adnanrafialt@gmail.com

## ABSTRAK

Pencemaran lingkungan merupakan salah satu dampak negatif yang ditimbulkan dari pesatnya pembangunan industri. Beberapa industri terkadang tidak melakukan pengelolaan air limbah sesuai dengan standar yang ditetapkan. Dengan demikian, penduduk sekitar dan pihak pemerintah setempat perlu melakukan pengawasan terhadap pencemaran air sungai dengan memanfaatkan teknologi terkini. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem monitoring pencemaran air sungai dengan memanfaatkan teknologi sensor nirkabel dan *Internet-of-Things* (IoT). Sistem ini dirancang menggunakan sensor pH, sensor kekeruhan, dan sensor suhu. Rata-rata total kesalahan pengujian sensor yaitu sebesar 4,16 %. Data dari ketiga parameter tersebut kemudian dikirimkan secara nirkabel dari *node* sensor ke *node* utama menggunakan komunikasi radio frekuensi. Kemudian data sensor dari *node* utama dikirimkan ke *database* melalui jaringan internet serta menampilkannya pada *website* dan aplikasi Android. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik dimana semua data sensor dapat ditampilkan pada *website* dan aplikasi Android.

## Kata Kunci

*Pencemaran sungai, limbah, Teknologi sensor, nirkabel, IoT*

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang sangat pesat. Hal ini sejalan dengan terjadinya peningkatan pencemaran lingkungan dari proses produksi. Beberapa industri terkadang tidak melakukan proses pengolahan air limbah dengan baik. Tentu saja hal ini berdampak pada terjadinya pencemaran air sungai di sekitar kawasan industri.

Pemantauan kualitas air sungai sangat penting dilakukan untuk mengetahui baik buruknya kondisi air. Kualitas air mempunyai hubungan yang sangat erat dengan kesehatan masyarakat. Penyediaan air bersih dengan kualitas yang kurang memenuhi standar dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat. Air dengan kualitas yang baik memiliki standar pH 6,5-8,5 [1]. Untuk mengetahui tingkat kadar pH dalam air, maka diperlukan pengukuran konsentrasi pH air. Ada berbagai metode dalam pengukuran pH, salah satunya yaitu dengan menggunakan alat elektronik (pH meter). Selain pH, kekeruhan air juga menjadi indikator terjadinya pencemaran. Standar kekeruhan yang diperbolehkan adalah 5 NTU [2].

Pengukuran kekeruhan pada air dapat dilakukan menggunakan alat turbidity meter. Menurut referensi, suhu juga merupakan salah satu parameter fisik yang menjadi indikator pencemaran air sungai dimana harus bernilai diantara 15-35°C [3].

Sistem monitoring pencemaran air sungai dapat dirancang dengan berbagai konfigurasi seperti telah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya. Teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN) merupakan salah satu konfigurasi yang dapat diterapkan dan dapat pula diintegrasikan dengan jaringan internet berbasis GSM [4]. Sistem WSN dengan *node* sensor ditempatkan di wilayah sungai dan *node* utama yang nantinya akan mengirimkan parameter pencemaran ke *server* melalui jaringan GSM. sehingga bisa diakses oleh publik. Konfigurasi secara lokal dapat pula dirancang menggunakan kabel RS-485 sebagai jaringan komunikasi antar perangkat berbasis HMI seperti GeniDAQ dari Advantech [5]. Untuk mendukung jalannya perangkat lunak HMI ini maka diperlukan beberapa perangkat lunak lainnya yaitu sistem operasi Windows, Microsoft Excel, dan Microsoft Access. Sistem monitoring secara

lokal berbasis Ethernet Shield juga menjadi salah satu alternatif konfigurasi yang dapat dirancang seperti pada [6]. Dengan sistem ini, data parameter pencemaran air sungai dikirimkan melalui jaringan LAN dari sensor yang berada di lapangan ke *server*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sistem monitoring pencemaran air sungai dengan memanfaatkan teknologi sensor nirkabel dan *Internet-of-Things* (IoT). Parameter yang dipantau adalah tingkat pH, kekeruhan, dan suhu air yang dianggap mewakili kondisi pencemaran air sungai. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini digunakan modul radio frekuensi nRF24L01 sebagai media komunikasi antara *node* sensor dan *node* utama. Pada *node* utama, digunakan pula modul WiFi ESP8266 yang bertugas mengirimkan parameter pencemaran ke internet sehingga dapat ditampilkan di *website* dan aplikasi Android. Dengan sistem ini, maka pengguna baik masyarakat, pihak industri, maupun pemerintah yang berwenang dapat bersama-sama melakukan pemantauan kondisi air sungai melalui antarmuka *website* dan aplikasi Android yang dirancang.

## 2. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem monitoring ini meliputi perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi sistem sensor, mikrokontroler, dan modul komunikasi. Pada perangkat lunak, akan dibahas mengenai diagram alir dan komunikasi.

### 2.1 Perangkat Keras

Spesifikasi dari perangkat keras yang digunakan pada sistem ini dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan blok diagram dari sistem yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Spesifikasi perangkat keras

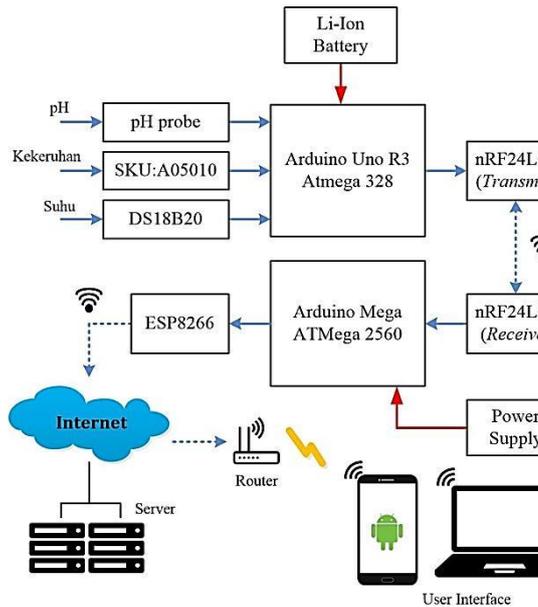
Spesifikasi	Keterangan
Modul mikrokontroler	- Arduino Uno R3 ( <i>node</i> sensor) - Arduino Mega ( <i>node</i> utama)
Sensor	- pH Electrode Probe with BNC - Turbidity SKU:A05010 - Suhu DS18B20
Catu daya	- Baterai Lithium-Ion
Media pengiriman data	- NRF24L01 + LNA Antena - Modul WiFi ESP8266

Sistem ini menggunakan dua unit modul mikrokontroler. Pada *node* sensor digunakan

Arduino Uno R3 dengan mikrokontroler ATmega 328 yang memiliki kecepatan 16 MHz. Pada *node* utama, digunakan Arduino Mega dengan mikrokontroler ATmega 2560 yang juga memiliki kecepatan 16 MHz. Perbedaan kedua modul ini terletak pada jumlah pin I/O dimana modul Arduino Mega memiliki jumlah yang lebih banyak. Pertimbangan lain adalah modul Arduino Uno lebih cocok digunakan untuk *node* sensor karena memiliki ukuran yang relatif lebih kecil sehingga perangkat yang dibangun akan lebih portabel.

Sistem sensor yang digunakan terdiri dari tiga buah, yaitu sensor pH, sensor kekeruhan, dan sensor suhu. Sensor pH yang digunakan yaitu jenis *electrode probe* yang dapat mengukur pH cairan dari 0 sampai 14. Sensor ini memiliki tingkat akurasi  $\pm 0,1$  pada suhu 25°C dan respon waktu  $\leq 1$  menit. Untuk sensor kekeruhan, digunakan jenis *turbidity sensor* SKU:A05010 yang bekerja dengan prinsip *nephelometric*. Metode ini bekerja dengan cara mendeteksi kekeruhan melalui pantulan cahaya dari sumber cahaya yang dilewatkan pada sampel. Sensor ini memiliki keluaran analog 0-4,5 V dengan respon waktu 500 ms. Sensor ketiga yang digunakan adalah sensor suhu DS18B20. Sensor ini memiliki karakteristik anti air sehingga dapat digunakan untuk mengukur suhu cairan. Suhu yang dapat diukur berkisar antara -55°C hingga 125°C dengan tingkat akurasi 0,5°C dari suhu -10°C sampai 85°C.

Perangkat penunjang lainnya yang digunakan yaitu baterai, modul radio frekuensi, dan modul WiFi. Sistem ini menggunakan baterai Lithium-Ion (Li-Ion) khususnya pada *node* sensor dengan tegangan 11,1V. Baterai ini digunakan karena memiliki daya dan energi yang cukup besar sehingga *node* sensor dapat memiliki waktu hidup yang cukup lama. Modul komunikasi radio frekuensi yang digunakan yaitu jenis nRF24L01. Modul ini dapat bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dengan jarak jangkauan hingga 1,1 Km. Modul ini memiliki harga yang relatif lebih murah jika dibandingkan dengan modul nirkabel lainnya seperti Zigbee. Untuk koneksi ke internet, sistem ini menggunakan modul WiFi ESP8266 yang banyak digunakan untuk berbagai jenis aplikasi IoT.

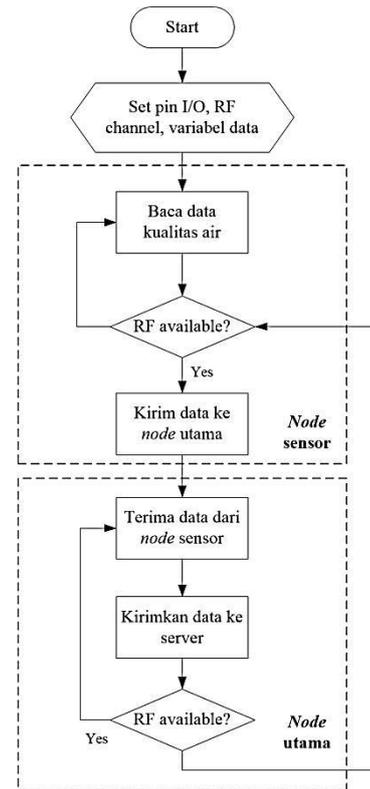


Gambar 1. Blok diagram perangkat keras

Blok diagram pada Gambar 1 menunjukkan desain perangkat keras sistem monitoring pencemaran air sungai. Sistem ini terdiri dari dua bagian, yaitu *node* sensor dan *node* utama. *Node* sensor terdiri dari sistem sensor (pH, kekeruhan, dan suhu), mikrokontroler Arduino Uno, modul nRF24L01 (*transmitter*), dan catu daya baterai. *Node* sensor dirancang sedemikian sehingga bersifat portabel dan dapat ditempatkan di daerah sungai (titik ukur). Pada bagian *node* utama, terdiri dari modul nRF24L01 (*receiver*), mikrokontroler Arduino Mega, modul WiFi ESP8266, dan catu daya. *Node* utama ditempatkan terpisah dari *node* sensor dan dapat berada pada titik dimana terdapat jaringan internet. Data pengukuran kualitas air sungai akan dikirimkan dari *node* sensor ke *node* utama melalui jaringan radio frekuensi. Selanjutnya, oleh *node* utama, data pengukuran tersebut dikirimkan ke *server* melalui jaringan internet. Dengan demikian, pengguna dapat mengetahui data tersebut melalui antarmuka *website* dan aplikasi Android.

## 2.2 Perangkat Lunak

Bagian perangkat lunak yang dirancang meliputi diagram alir dari sistem perangkat keras dan sistem antarmuka. Adapun diagram alir dari sistem perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 2.

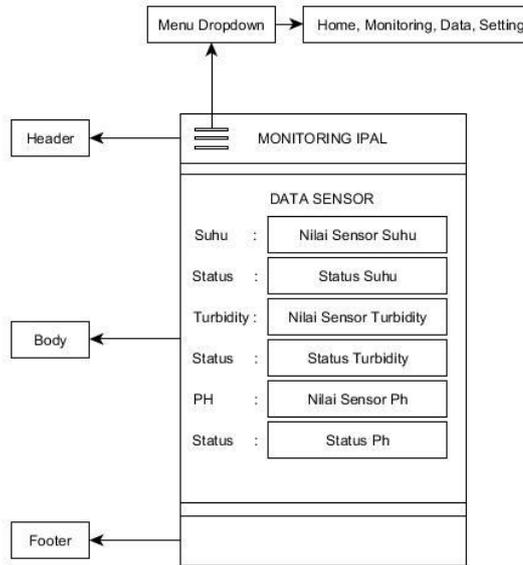


Gambar 2. Diagram alir sistem

Pemrograman berbasis bahasa C/C++ diterapkan pada kedua *node* menggunakan perangkat Arduino IDE sebagai *compiler*. Pada *node* sensor, program yang diterapkan terdiri dari program pembacaan sensor dan program kirim data sensor ke *node* utama. Pada *node* utama terdiri dari program penerimaan data dari *node* sensor dan program kirim data ke *server database*. Program ini akan seterusnya berjalan selama komunikasi RF dan WiFi masih bekerja dan selama sistem diberi catu daya.

Untuk menampilkan data pengukuran dari sensor dibutuhkan sebuah tampilan antarmuka yang tentunya mudah diakses oleh pengguna. Pada sistem antarmuka, terlebih dahulu dilakukan perancangan terhadap tampilan yang diinginkan. Antarmuka sistem ini dirancang dua jenis, yaitu *website* dan *mobile*. Antarmuka *mobile* dalam hal ini digunakan Android. Aplikasi pada Android ini merupakan hasil konversi dari antarmuka *website*. Aplikasi dibuat dengan menggunakan *software Website 2 APK Builder*. *Software* ini dipilih karena sangat sederhana, mudah digunakan, dan cukup cepat dalam waktu pengerjaannya. Konsep dari *Website 2 APK Builder* adalah mengkonversi *web server PHP* menjadi aplikasi Android berekstensi *.apk* yang siap dipasang pada *smartphone* Android.

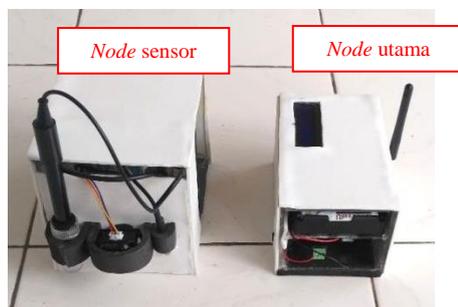
Desain tampilan pada *mobile* berbasis Android dapat dilihat pada Gambar 3. Desain tersebut merupakan salah satu tampilan pada menu dimana akan ditampilkan data pengukuran sensor disertai statusnya. Selain tampilan tersebut, masih terdapat beberapa tampilan lainnya seperti halaman *login*, menu utama, dan halaman *setting*.



Gambar 3. Desain tampilan aplikasi Android

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan perancangan, selanjutnya sistem diimplementasikan dan diuji untuk mengetahui kinerjanya. Hasil implementasi dari sistem dalam bentuk perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 4. Selanjutnya, pengujian dilakukan terhadap beberapa subsistem, yaitu subsistem sensor dan subsistem antarmuka baik *website* maupun Android.



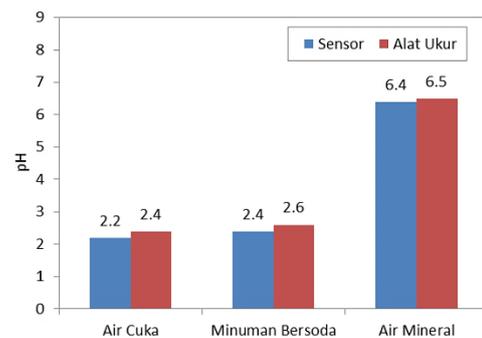
Gambar 4. Implementasi perangkat keras

#### 3.1 Pengujian Sensor

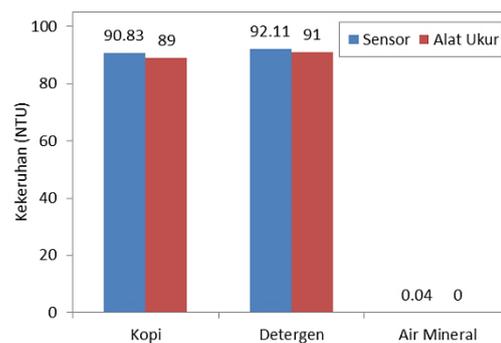
Pengujian subsistem sensor dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat akurasi nilai

pengukuran dari beberapa skenario bahan uji. Pengujian dilakukan dengan cara memasukan sensor pH, kekeruhan, dan suhu pada beberapa cairan. Untuk sensor pH digunakan cairan dari cuka, minuman bersoda, dan air mineral. Untuk sensor kekeruhan digunakan cairan kopi, detergen, dan air mineral. Untuk sensor suhu digunakan air es, air normal, dan air hangat. Selanjutnya, data dari sensor tersebut dibandingkan dengan data alat ukur dalam hal ini pH meter, Turbidity meter, dan Termometer. Perbedaan data yang dihasilkan kemudian dihitung menggunakan persamaan (1). Adapun hasil pengujian untuk ketiga sensor tersebut dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.

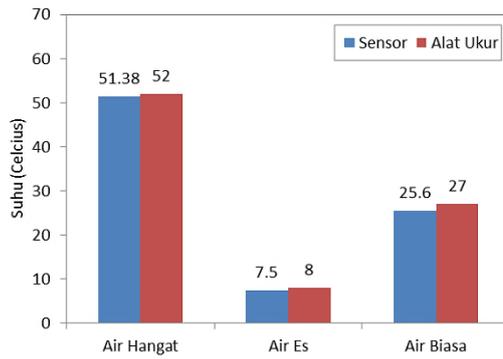
$$e(\%) = \frac{|data\_Sensor - data\_Alatukur|}{data\_Alatukur} \times 100 \quad (1)$$



Gambar 5. Hasil pengujian sensor pH



Gambar 6. Hasil pengujian sensor kekeruhan



Gambar 7. Hasil pengujian sensor suhu

Berdasarkan hasil pengujian ketiga jenis sensor tersebut dan dibandingkan dengan alat ukur, diperoleh nilai kesalahan rata-rata untuk setiap alat ukur seperti dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai kesalahan tersebut diperoleh berdasarkan perhitungan pada persamaan (1).

Tabel 2. Rata-rata nilai kesalahan pengujian sensor

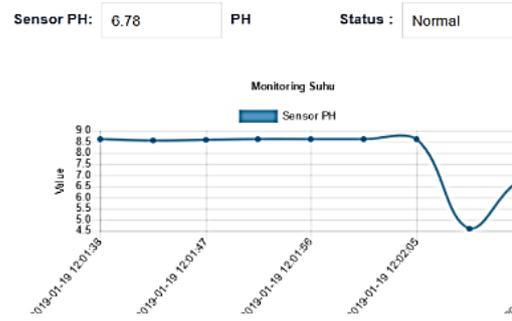
Sensor	Rata-rata kesalahan (%)
pH	5,85
Kekeruhan	2,43
Suhu	4,21
<b>Rata-rata total</b>	<b>4,16</b>

Hasil tersebut dianggap baik karena semua sensor mampu melakukan pengukuran hampir menyerupai alat ukur sebenarnya dengan rata-rata kesalahan total sebesar 4,16%.

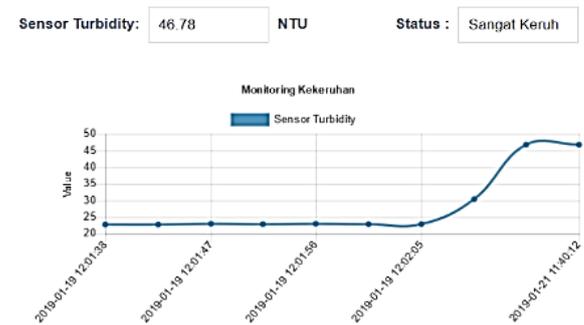
### 3.2 Pengujian Perangkat Antarmuka

Pengujian sistem antarmuka dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tampilan aplikasi yang dihasilkan. Pada penelitian ini, perangkat antarmuka dirancang dalam dua bentuk, yaitu *website* dan aplikasi Android. Secara umum, fitur yang dapat digunakan pada antarmuka ini diantaranya adalah halaman *login*, halaman utama, dan halaman *setting*.

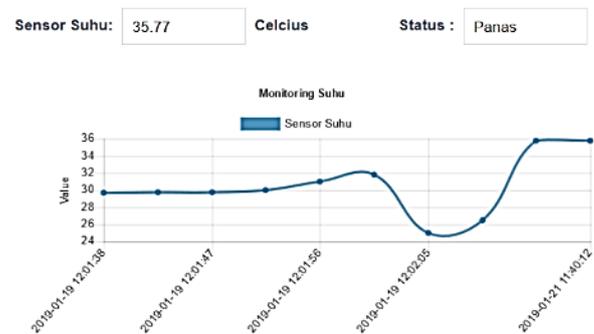
Adapun tampilan antarmuka *website* yang menampilkan halaman utama berupa data pengukuran sensor dapat dilihat pada Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.



Gambar 8. Tampilan pengukuran sensor pH



Gambar 9. Tampilan pengukuran sensor kekeruhan



Gambar 10. Tampilan pengukuran sensor suhu

Data pengukuran ditampilkan dalam bentuk grafik untuk mengetahui dinamika kualitas air. Data tersebut akan berubah secara *realtime* sesuai dengan hasil pengukuran sensor. Selain menampilkan data dalam bentuk grafik, sistem antarmuka ini juga dilengkapi fitur *setting* dimana pengguna dapat melihat data secara keseluruhan dalam bentuk tabel. Pengguna dapat melakukan *export* data ke dalam format Microsoft Excel menggunakan menu *export*. Pengguna juga dapat melakukan *reset* data.

Selain tampilan antarmuka dalam bentuk *website*, sistem ini juga dilengkapi antarmuka dalam aplikasi Android. Adapun tampilan

aplikasi Android yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan aplikasi Android

Sama halnya seperti pada tampilan *website*, aplikasi Android juga dapat menampilkan data pengukuran dari parameter pencemaran sungai. Selain itu, pada aplikasi ini juga dilengkapi fitur yang sama seperti antarmuka pada tampilan *website*. Dengan menggunakan aplikasi Android, pengguna dapat dengan mudah melakukan akses dimana pun selama terdapat jaringan internet.

### 3.3 Pembahasan

Sistem monitoring pencemaran air sungai ini dapat digunakan sebagai alat untuk mempermudah pendeteksian secara dini pencemaran air sungai. Dengan sistem ini, pengguna dalam hal ini masyarakat, pihak industri, maupun instansi terkait, satu sama lain dapat saling mengawasi kondisi air sungai di sekitarnya. Sistem ini memiliki kelebihan dapat melakukan pengiriman data parameter pencemaran secara *realtime* baik melalui *website* maupun aplikasi Android. Selain itu,

perangkat keras yang dirancang bersifat portabel sehingga mudah untuk penempatan dan instalasinya. Sistem serupa juga sebenarnya dapat dirancang dengan memanfaatkan antarmuka aplikasi IoT pihak ketiga seperti Thingspeak dan Ubidots. Namun, untuk kebutuhan kepemilikan dan keamanan data, pembuatan antarmuka dengan *database* sendiri akan lebih baik dilakukan. Pemanfaatan aplikasi pihak ketiga dapat dimanfaatkan dengan pertimbangan kepentingan akses data sesuai kebutuhan. Dari sisi perangkat keras, sistem ini juga dapat dikembangkan dengan menambahkan beberapa *node* sensor yang dilengkapi topologi jaringan.

## 7. KESIMPULAN

Sistem monitoring pencemaran air sungai berbasis teknologi sensor nirkabel dan IoT telah berhasil dirancang dan diimplementasikan. Sistem ini dapat melakukan pengukuran parameter pH, kekeruhan, dan suhu air sungai dengan memanfaatkan *node* sensor dan *node* utama yang ditempatkan terpisah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem sensor mampu mengukur parameter air sungai dengan rata-rata kesalahan sebesar 4,16% jika dibandingkan dengan alat ukur. Data pengukuran juga dapat ditampilkan dalam antarmuka *website* dan aplikasi Android sehingga pengguna dapat melakukan akses dengan mudah selama terdapat jaringan internet. Penelitian selanjutnya adalah dengan memanfaatkan konsep jaringan sensor nirkabel berbasis topologi jaringan untuk memperluas area pengawasan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada P3M Politeknik Sukabumi atas pendanaan pada penelitian ini dengan skema Penelitian Terapan Unggulan Program Studi nomor kontrak: 1050A/POLSMI/PN/V/2018

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes no.492/MENKES/PER/IV/2010) tahun 2010. Diakses dari <http://www.depkes.go.id/>. Diakses 10 Januari 2019.
- [2] SK MENKES NO.907/MENKES/SL/VII/2002. Diakses dari <http://www.depkes.go.id/>. Diakses 10 Januari 2019.

- [3] Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017. Diakses dari <http://www.depkes.go.id/>. Diakses 10 Januari 2019.
- [4] A. Tjahjono, E. Puspita, and E. Satriyanto, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kendali Kualitas Air Sungai Secara *Online* dengan *Wireless Sensor Network* (WSN) untuk Industri Pengolahan Air Minum di PDAM," *Repositori Politeknik Elektronika Negeri Surabaya*, Maret, 2011.
- [5] I. M. Erwin, "Perancangan Sistem Monitoring Pengolahan Limbah Cair Pada IPAL," *Jurnal Informatika, Sistem dan Komputer (INKOM)*, Vol. 1, No. 2, Nov. 2007.
- [6] E. D. Agustiningsih, "Perancangan Perangkat Monitoring Kualitas Air Pada Kolam Budidaya Berbasis Web *Localhost*," *Jurnal Elektronik Tugas Akhir Mahasiswa*, Agustus, 2016.