

Ekperimental Uji Kekeruhan Air Berbasis Internet of Things Menggunakan Sensor DFRobot SEN0189 dan MQTT Cloud Server

Handoko Rusiana Iskandar^{1*}, Hermadani, Dede Irawan Saputra¹, Hajjar Yuliana¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani
Jalan Terusan Jenderal Sudirman PO BOX 148, Cimahi, Jawa Barat, Indonesia, 40521

*Corresponding Author: handoko.rusiana@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

Kualitas air menjadi faktor penting untuk menunjang kebutuhan makhluk hidup. Faktor yang harus diperhatikan adalah kejernihan air. Tingkat kekeruhan air dapat menentukan tingkat kelayakan air yang digunakan. Penelitian ini dilakukan untuk memantau tingkat kekeruhan air dengan metode hamburan cahaya yang tersuspensi oleh partikel di dalam air menggunakan sensor kekeruhan DFRobot SEN0189. DFRobot SEN0189 mampu mendeteksi perubahan intensitas cahaya yang diakibatkan oleh adanya partikel-partikel dalam air yang kemudian diolah oleh mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan mengirimkan data secara aktual ke *smartphone* menggunakan protokol MQTT. Uji Ekperimental skala laboratorium menghasilkan tingkat presentase rata-rata penyimpangan sensor *turbidity* DFRobot SEN0189 adalah < 6.7%. Sistem monitoring kekeruhan berbasis IoT dan aplikasi *smartphone* telah diuji menghasilkan *updating delay* 10 hingga 30 detik dengan sample kekeruhan air dijaga maksimum 5 NTU.

Kata kunci : DFRobot SEN0189, IoT, MQTT, NodeMCU ESP8266, turbidity.

Abstract

The quality of water is an important factor to support the needs of living things. The factor that must be considered is water clarity. Turbidity level of water can determine the level of feasibility of water that uses. This research was conducted to monitor the level of turbidity of water by light scattering methods suspended by particles in the water using DFRobot SEN0189 turbidity sensor. DFRobot SEN0189 is able to detect changes in light intensity caused by particles in water which are then processed by the NodeMCU ESP8266 microcontroller and send data in real-time to the smartphone using the MQTT protocol. Laboratory-scale experimental tests produce a percentage level of the sensor turbidity deviation is <6.7%. IoT-based turbidity monitoring systems and smartphone applications have been tested resulting in an average updating delay of 10 to 30 seconds with a turbidity sample kept at a maximum of 5 NTU.

Keywords : DFRobot SEN0189, IoT, MQTT, NodeMCU ESP8266, turbidity.

PENDAHULUAN

Tingkat kekeruhan air bukan merupakan sifat dari air yang berbahaya namun juga akan menimbulkan dampak negatif dan perlu perhatian apabila terdapat senyawa kimia yang berbahaya bagi makhluk hidup khususnya untuk konsumsi manusia (Pramusinto & Suryono 2016). Sehingga kualitas air menjadi faktor penting untuk menunjang kebutuhan manusia dan makhluk hidup lainnya. Faktor yang harus diperhatikan dalam air

adalah tingkat kekeruhan air, tingkat kelayakan air yang digunakan atau tidak.

Secara umum air dimanfaatkan manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup lainnya misalnya seperti tempat rekreasi, pembangkit energi listrik, sistem transportasi, dan pengairan pertanian. Tetapi tidak semua sumber air digunakan untuk kebutuhan kita karena air harus memenuhi beberapa kriteria seperti baik secara kimia, fisika, bakteriologi maupun radioaktif (Sigdel 2017).

Tingkat kejernihan air menjadi salah satu parameter untuk menentukan kondisi air agar bisa digunakan oleh makhluk hidup disamping ada parameter – parameter lain yang dapat dijadikan acuan seperti PH, *Conductivity*, suhu, *Total Dissolved Solid* (TDS), dan kandungan logam berat (Azman dkk. 2016) Bahkan kekeruhan air merupakan *indicator* yang seringkali digunakan untuk menemukan jumlah endapan sedimen dalam air

Beberapa penelitian terkait di antaranya penelitian rancang bangun alat ukur tingkat kekeruhan zat cair, sistem ini berbentuk purwarupa menggunakan mikrokontroler AT89S51 dan sensor foto transistor dan hasil ditampilkan pada layar LCD oleh (Hendrizon & Wildian 2012). Kemudian pemantauan kekeruhan air danau pun dilakukan menggunakan metode pengukuran pancaran cahaya menggunakan perangkat optik sederhana, dimana pembuatan sensor kekeruhan air ini dibuat menggunakan LED dan *photo diode*, setiap perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh *photo diode* akan diubah kedalam bentuk tegangan (Komiyama dkk. 2015) dan kemudian penelitian serupa dikembangkan untuk aplikasi bawah air dengan metoda hamburan cahaya berdasarkan ISO 7027 mereka berhasil membuat sensor kekeruhan menggunakan LED dan *photo diode*, cahaya yang dipancarkan dari LED akan terhalang oleh partikel – partikel tersuspensi dalam air sehingga penerimaan cahaya pada photo dioda menjadi berkurang dan selanjutnya perubahan cahaya tersebut menjadikan perubahan tegangan yang selanjutnya diolah menggunakan mikrokontroler (Mylvaganam dkk. 1998).

Selain latar belakang yang sudah disebutkan diatas hal lain yang berhubungan dengan kekeruhan air adalah setiap pengukuran tingkat kekeruhan air biasa dilakukan menggunakan alat ukur yang disebut *turbidity meter* di laboratorium. Penggunaan alat ukur ini memiliki keterbatasan karena tidak bisa digunakan untuk mengukur kekeruhan air secara kontinyu dan dipantau atau dilihat dari jarak jauh. Kekeruhan air bisa terjadi dimana saja tapi belum tentu terpantau secara terus menerus, perkembangan teknologi saat ini memungkinkan untuk melakukan pemantauan suatu objek dari jarak jauh, penggunaan teknologi mikrokontroler (Iskandar dkk. 2017)

dan aplikasi android pada *smartphone* memungkinkan setiap pengukuran dapat dilihat dimana saja kapan saja berbasis *internet of things* (IoT) (Iskandar dkk. 2018).

Konsep IoT adalah setiap perangkat pengendali mampu berkomunikasi dan terhubung ke jaringan *internet* (Sumithra dkk. 2018). Banyak penyedia layanan IoT baik secara *software* atau pun *hardware* yang mendukung berkembangnya teknologi ini. Tujuan yang ingin dicapai dalam pengujian ini adalah membuat sistem monitoring kekeruhan air menggunakan sensor kekeruhan DF Robot SEN0189, pengujian dilakukan di laboratorium meliputi kalibrasi sensor, pengujian antarmuka, pengujian kekeruhan air baik secara *offline* dan *online* dalam *smartphone* dengan media *internet* dan *cloud*. NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali dan antarmuka *smartphone*.

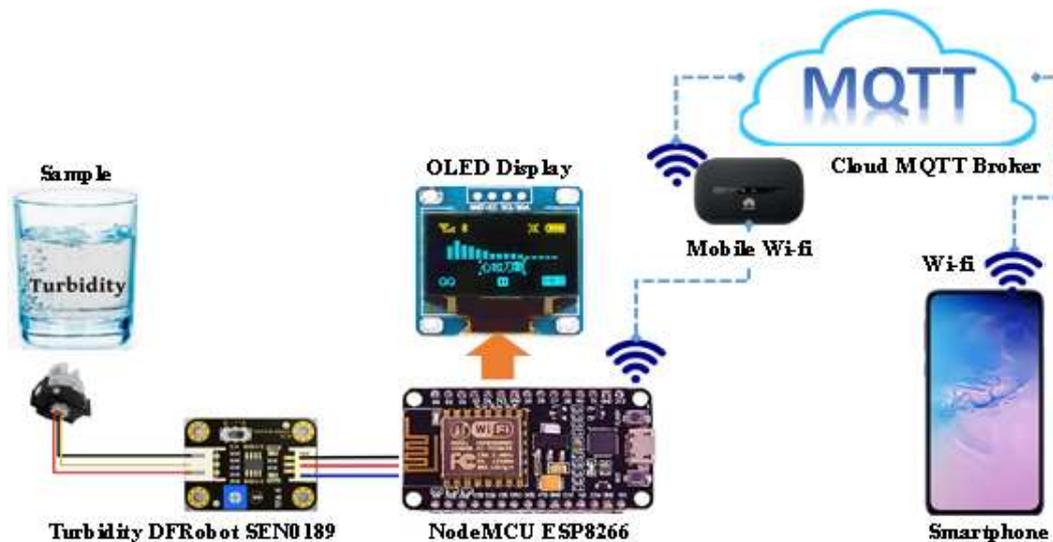
METODE

Penelitian ini merupakan pengembangan yang dilakukan oleh para peneliti sebelumnya dengan konsep rancang bangun pengendalian dan *monitoring* kekeruhan air dimana modul sensor kekeruhan yang ada dipasangkan dengan tegangan *output* yang dihasilkan antara 0 - 4.5 VDC, *output* hasil pembacaan sensor akan diolah oleh NodeMCU ESP8266 sehingga menghasilkan *output* digital yang akan dikirimkan dan disimpan dalam jaringan *internet*, dan semua hasil pengukuran ini akan ditampilkan secara *online* oleh telepon pintar pengguna dengan batasan kekeruhan air dijaga maksimum 5 NTU.

Perancangan Sistem *Turbidity*

Sensor DF Robot SEN0189 bekerja berdasarkan perubahan intensitas cahaya. Hal ini terjadi akibat adanya partikel – partikel yang tercampur dengan air. Perubahan intensitas cahaya yang dipancarkan akan berubah seiring dengan perubahan nilai kekeruhan air yang sedang diukur, selanjutnya akan dikonversikan kedalam bentuk parameter tegangan listrik sehingga bisa didefinisikan sebagai nilai kekeruhan air dalam satuan NTU. Diagram dalam

Gambar 1 menunjukkan blok perancangan sistem pengendalian kekeruhan air berbasis IoT menggunakan MQTT server. Sistem ini



Gambar 1. Perancangan sistem berbasis IoT

diharapkan memenuhi kriteria yang diinginkan untuk memonitoring kekeruhan air.

Tabel 1. Data teknis perangkat *hardware*

No.	Unit Hardware	Keterangan
1.	Mikrokontroler	NodeMCU ESP8266
2.	Sensor kekeruhan	DFRobot SEN0189
3.	Local Display	OLED 0.96 in
4.	Smartphone	AndroidType
5.	IDE Arduino	Board ESP8266
6.	Mobile Wi-fi	Huawei Port. Wifi
7.	GSMProvider	XL Axiata
8.	CloudMQTT	m10.cloudmqtt.com

Tabel2. SpesifikasiNodeMCU ESP8266

No.	Unit Hardware	Keterangan
1.	Op. Voltage	2.5 – 3.6 VDC
2.	Input Voltage	5 VDC
3.	GPIO	13
4.	ADC	1 Pin (10 Bit)
5.	Wi-fi Protocol	802.11 b/g/n/e/i

Tabel 3. Spesifikasi DFRobot SEN0189

No.	Unit Hardware	Keterangan
1.	Op. Voltage	5 VDC
2.	Op. Current	40 mA (max.)
3.	Response Time	<500 ms
4.	Weight	30g

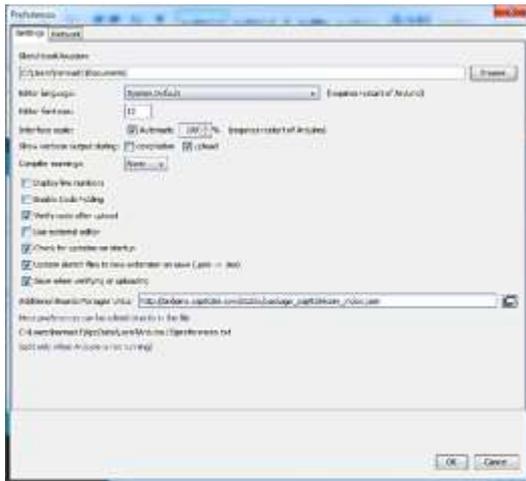
5. Op. Temperature < 90°C

Tabel 2 menunjukkan spesifikasi secara umum Nodemcu ESP8266. Modul ini merupakan sebuah *open source platform* IoT. Pengembangan kit ini di dasarkan pada modul ESP8266, yang mengintegrasikan GPIO, PWM (*pulse widthmodulation*), IIC, 1-wire dan ADC (*Analog to Digital converter*) semua dalam satu *board*. Nodemcu ESP8266 ini memiliki satu *analog input* dan memiliki 13 GPIO (Handson Technology 2016).

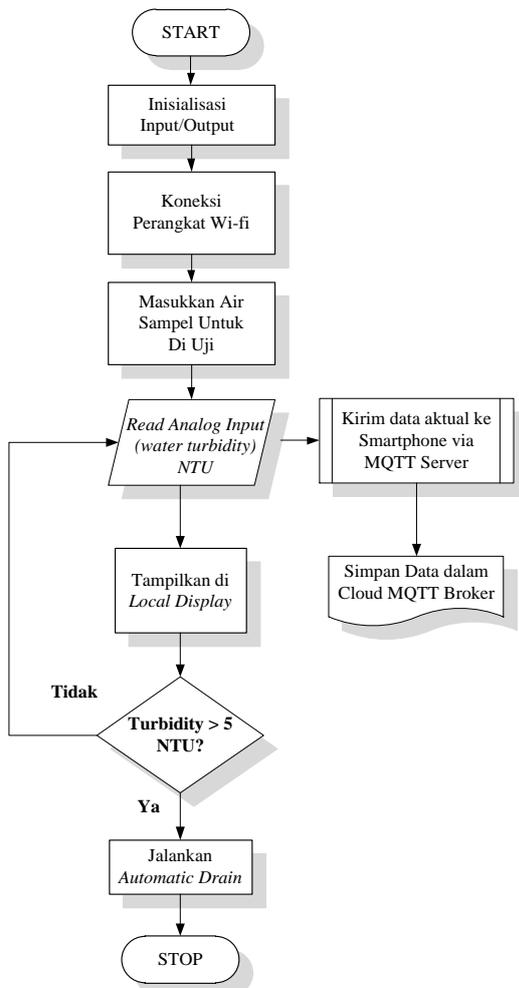
Tabel 3 merupakan spesifikasi sensor DFRobotic SEN0189. Sensor ini bekerja pada tegangan 5VDC dan menghasilkan tegangan *output* di rentang 0 – 4.5 VDC. Perubahan tingkat kekeruhan zat cair akan mempengaruhi jumlah cahaya yang akan di terima oleh *receiver*. Perubahan jumlah intensitas cahaya tersebut kemudian diolah menjadi sinyal listrik yang bisa di definisikan sebagai perubahan nilai kekeruhan dengan satuan *Nephelometric Turbidity Unit (NTU)*. Sensor dengan metoda hamburan cahaya umumnya mempunyai rentang ukur yang lebar seperti halnya sensor yang digunakan pada penelitian ini mempunyai rentang ukur 0 - 3000 NTU (Ibrahim dkk. 2013).

Gambar 1 menunjukkan setiap perubahan dibaca oleh sensor untuk selanjutnya ditampilkan ke *local display*. *Display* yang digunakan adalah OLED, *display* akan menampilkan nilai kekeruhan air secara aktual. Tipe OLED yang digunakan untuk

penelitian ini adalah 0.96 in, 128 x 64 pixel, I2C (*inter-integrated circuit*).



Gambar 2. Penambahan *boardmanager*



Gambar 3. Diagram alir program

Program IDE Arduino

Sebelum melakukan pemrograman terhadap ESP8266 maka terlebih dahulu harus terpasang *software* arduino IDE dan paket

board ESP8266 harus ditambahkan *board library* melalui *menu preference* tambahkan kolom *additional board* ditunjukkan oleh Gambar 2. Pemrograman NodeMCU ESP8266 ini menggunakan *software* Arduino IDE, dimana bahasa pemrogramannya menggunakan bahasa C (Iskandar & Zainal 2017). Setiap program yang di buat di dalam aplikasi Arduino IDE disebut dengan *sketch*. Untuk

Gambar 3 menunjukkan diagram alir pemrograman dari sistem yang dibuat, saat sistem dalam kondisi otomatis nilai pembacaan *turbidity* sensor akan banyak mempengaruhi sistem secara keseluruhan, sistem akan bekerja jika pembacaan nilai kekeruhan air sudah diproses oleh NodeMCU ESP8266. Jika nilai kekeruhan lebih dari 5NTU maka air akan disirkulasi menggunakan pompa masuk kedalam *filter* hingga nilai kekeruhannya kurang dari 5 NTU. NodeMCU ESP8266 pada memiliki peran penting karena mikrokontroler ini berfungsi untuk membaca setiap perubahan yang di dihasilkan oleh sensor kekeruhan DFRobotic SEN0189 untuk selanjutnya ditampilkan ke *local display*, menghasilkan keluaran digital dan juga mengirimkan data nilai kekeruhan ke *cloud MQTT broker*. Data yang diterima oleh MQTT *broker* ke setiap *client* yang terdaftar (Park dkk. 2018).

Instruksi Program Arduino IDE

Pemrograman NodeMCU ESP8266 diantaranya memasukan *header* yang dibutuhkan untuk aplikasi yang digunakan dalam unit mikrokontroler ini dengan menggunakan perintah *include* dan beberapa *header* program berikut ini,

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h >
```

Selanjutnya untuk menentukan *input* dan *output* pada modul NodeMCU ESP8266 di tunjukan dalam penggalan program berikut ini,

```
#define ledPin 15
#define ledPin 13
pinMode(ledPin, OUTPUT);
pinMode(ledPin1, OUTPUT);
```

Setelah menentukan *input* dan *output*, selanjutnya membuat perintah untuk membaca *analog input*, sebagai berikut:

```
const int analogInPin = A0;
sensorValue =
analogRead(analogInPin);
outputValue = -1.1778*sensorValue
+ 1108.1;
```

Kemudian sebagai sarana *monitoring* jarak jauh maka penulis melakukan beberapa konfigurasi supaya ESP8266 bisa berkomunikasi dengan MQTTbroker, dimana yang penulis lakukan diantaranya menentukan *access point, password access point*, MQTT *server*, nama pengguna dan juga *portnya*.

```
const char* ssid = "XLGO-147A";
const char* password = "60889591";
const char* mqtt_server =
"m10.cloudmqtt.com";
const char* Username = "esp8266";
const char* Password = "test";
```

Konfigurasi Cloud MQTT Broker

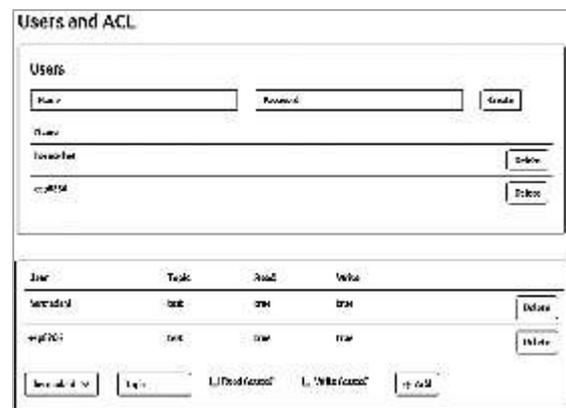
Selain komunikasi berbasis web (Pramusinto & Suryono 2016), atau pengukuran menggunakan teknologi berbasis *fiber optic* oleh (Fairuz dkk. 2009), IoT berbasis MQTT broker ini digunakan sebagai langkah pengembangan untuk membuat sistem monitoring jarak jauh. Monitoring jarak jauh merupakan salah satu bagian dari sistem monitoring kekeruhan air ini yaitu data tingkat kekeruhan yang dibaca oleh ESP8266 NodeMCU akan langsung dikirimkan melalui MQTT broker yang selanjutnya akan di terima oleh *handphone* yang sudah terhubung sebagai MQTTclient, sehingga tingkat kekeruhan bisa dimonitoring oleh pengguna dari berbagai tempat selama *handphone* pengguna terhubung ke internet.

Disarankan untuk membuat akun terlebih dahulu di laman web www.cloudmqtt.com sehingga didapatkan konfigurasi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4. setelah membuat akun maka selanjutnya kita menambahkan pengguna untuk bisa menerima dan mengirimkan data antar *client* maka akan muncul laman *user and acl* yang ditunjukkan oleh Gambar 5. Agar *smartphone* dapat terhubung dengan MQTT broker selanjutnya pada *smartphone* perlu *install* aplikasi MQTT IoT yang bisa diunduh secara gratis dari *playstore* android. Beberapa

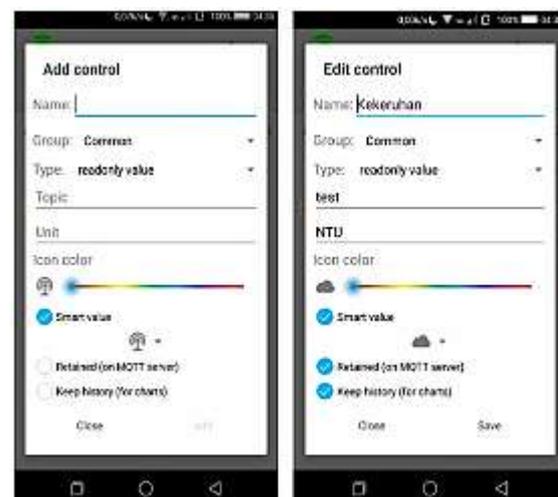
parameter terdapat di dalamnya seperti alamat *server*, *port*, *namauser*, dan *topic*.



Gambar 4. Konfigurasi MQTT broker pada cloudMQTT



Gambar 5. Display akun pengguna



Gambar 6. Aplikasi pada smartphone

Gambar 6 menunjukkan aplikasi sudah ter-*install* pada *smartphone*. Konsep IoT mudah diaplikasikan dalam kehidupan sehari – hari

asalkan peralatan memiliki akses jaringan internet.



Gambar 7. Sample air; a) 97NTU, b) 291NTU

Pengambilan Sample Kekeruhan Air

Pengambilan *sample* kekeruhan diperlukan untuk melakukan verifikasi terhadap nilai kekeruhan yang akan dibaca oleh sensor, sebagai kalibrator *sample* ini dibaca menggunakan *turbidity meter* yang terverifikasi standar laboratorium. *Sample* diambil dari kekeruhan air limbah rumah tangga dalam hal ini menggunakan air *demin water*. Kalibrator ini menggunakan *turbidity meter* dengan merk LUTRON yang telah memenuhi standard ISO 7027 dimana mempunyai 2 rentang pengukuran yaitu 0 - 50 NTU dan 50 - 1000 NTU. Alat ukur ini memiliki *response time* dalam pengukuran < 10 detik.

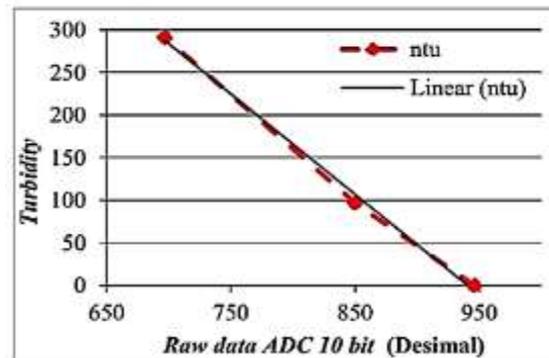
HASIL DAN DISKUSI

Serangkaian pengujian dilakukan sebagai kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen alat ukur, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui dan berkaitan dengan besaran yang diukur pada kondisi tertentu. Pengujian sistem ini antara lain pengujian kekeruhan air ini meliputi pengujian sensor, pengujian sistem, pengujian komunikasi antarmuka *Smartphone* dan pengujian *sample* air menggunakan sistem monitoring yang dibuat.

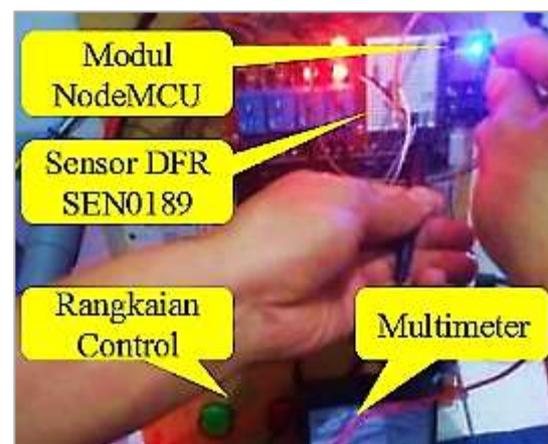
Pengujian Akurasi Sensor

Berdasarkan hasil pengukuran dilakukan pada di atas maka diperoleh hasil pengukuran berupa tegangan *output*, konversi data bit *Analog to Digital* dan nilai kekeruhan dalam

NTU yang selanjutnya ditunjukkan oleh tabel 4. Hasil langkah tersebut mendapatkan persamaan nilai pembacaan yang sesuai dengan *sample* kekeruhan air.



Gambar 8. Raw data ADC terhadap kekeruhan



Gambar 9. Pengukuran sensor

Tabel 4. Data *analog input* terhadap *sample*

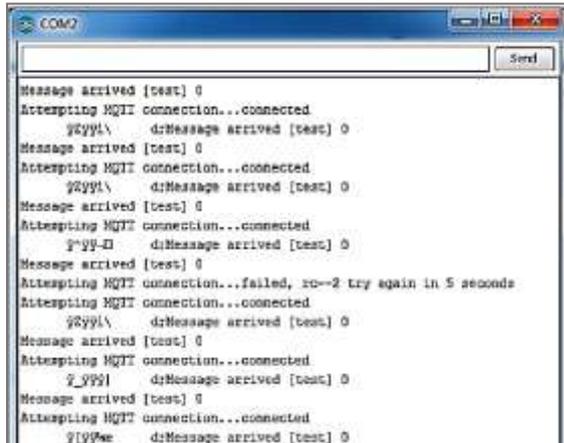
Output Teg. (VDC)	Raw Data ADC 10 Bit	Nilai Turbidity (NTU)
2.7	946	0
2.4	850	97
2.0	697	291

Tabel 5. Penyimpangan setelah kalibrasi

Turbidity meter (ULTRON)	DFRobot SEN0189	Error (%)
0	0	0
97	103	6
291	299	2.8

Gambar 8 menunjukkan pembacaan yang sesuai dengan *sample* kekeruhan air dengan cara membuat grafik korelasi antara nilai *raw data* ADC 10 bit terhadap nilai *turbidity*. Setelah nilai kekeruhan sudah bisa di

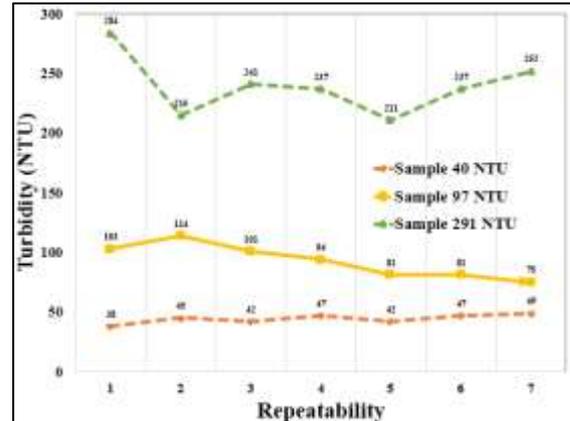
tentukan maka selanjutnya memasuki tahapan pengujian sensor (lihat Gambar 9), perbandingan *sample*, hasil bacaan *sample* dan besar penyimpangan (%) hasil pengujian dalam tabel 5.



Gambar 10. Komunikasi ESP8266 dengan MQTT broker

Time	Value
23:43:40	0
23:43:11	0
23:42:42	0
23:42:13	0
23:41:44	250
23:41:16	225
23:40:47	282
23:40:18	259

Gambar 11. Antarmuka pada layar *smartphone*



Gambar 12. Performa *repeatability* sensor masing – masing *sample* kekeruhan air (NTU)

Pengujian MQTT dengan *Smartphone*

Sebelum melakukan pengujian pengiriman data oleh NodeMCU ESP8266 pertama pastikan komunikasi antara NodeMCU ESP8266 dengan MQTT broker berfungsi dengan baik dilakukan dengan menggunakan serial monitor dimana jika NodeMCU ESP8266 terhubung ke MQTT broker maka akan tertulis *connected*. Seperti uraian yang sudah dijelaskan sebelumnya MQTT client harus terlebih dahulu dipasang pada *smartphone*. Proses monitoring dilakukan setelah MQTT client pada *smartphone* diatursesuai dengan topic MQTT broker. NodeMCU ESP8266 sudah terhubung ke MQTT broker ditunjukkan oleh Gambar 10. Sedangkan untuk menguji setiap data yang telah terkirim dari ESP8266 ke MQTT broker maka perlu dibuktikan dengan menggunakan sebuah aplikasi MQTT client yang dipasang pada *smartphone*. Gambar 11 menunjukkan hasil yang didapatkan pada saat data diterima oleh *smartphone*, setiap terjadi pengiriman data dari ESP8266 maka waktu pada *smartphone* akan berubah yang menunjukkan telah terjadi *updating data*.

Analisis Hasil Uji Turbidity berbasis IoT

Pengujian sensor DFRobot SEN0189 memiliki raw data Analog to Digital Converter 10 bit dari modul NodeMCU ESP8266 maksimum tidak melebihi 1023, Hal ini dikarenakan nilai tegangan keluaran dari sensor memiliki nilai yang cukup rendah. Nilai ADC pada NodeMCU ESP8266 10 bit mempunyai rentang antara 0 – 1023 atau tegangan 0 – 3.3 VDC. Berdasarkan spesifikasi dari sensor kekeruhan seharusnya nilai

tegangan maksimum pada 0 NTU berkisar 4.5 VDC, namun aktual keluaran dari sensor pada saat 0 NTU adalah 2,7 VDC. Nilai pengukuran sensor berubah-ubah dan tidak konstan karena nilai tegangan *output* sensor tidak mampu menunjukkan nilai yang sama untuk mengukur suatu kondisi yang sama. Tingkat akurasi dari sensor DFRobot SEN0189 memiliki penyimpangan rata – rata mencapai 6.7%.

Beberapa penyebab pembacaan sensor ini tidak stabil diantaranya pengukuran menggunakan metoda pancaran cahaya secara lurus dimana sudut antara pemancar dengan penerima adalah 0°, sehingga tingkat sensitivitasnya secara tidak langsung berkurang adapun jumlah partikel yang dilewati cahaya ukurannya sangat kecil. Dalam standar ISO 7027, salah satu faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran kekeruhan adalah sudut hamburan cahaya dari pemancar ke penerimadengantingkat sensitivitasnya terletak pada sudut 90° diharapkan lebih baik.

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang diambil dari eksperimental uji kekeruhan air berbasis IoT menggunakan sensor DFRobotic SEN0189 dan MQTT *cloud server* ini, adalah hasil uji karakteristik sensor *turbidity*DFRobotic SEN0189 menunjukkan kenaikan tegangan akan memberikan nilai kekeruhan semakin baik dalam (NTU), hasil eksperimen memperlihatkan nilai rata-rata penyimpangan pembacaan sensor *turbidity* adalah 6.7%, perancangan sistem kekeruhan berbasis IoT menggunakan MQTT *server* telah diuji dan telah bekerja dengan baik sesuai dengan konsep yang diinginkan walaupun memiliki *updating delay*mencapai 30 detik.

Pengembangan selanjutnya harus selalu dilakukan, beberapa saran terkait pengembangan sistem adalah yang pertama penambahan sensor kekeruhan dianjurkan sebagai pembanding masukkan kepada kontroler agar nilai kekeruhan bisa terjaga konstant, kedua penambahan sensor merupakan langkah mudah secara statistik mempengaruhi tingkat akurasi pembacaan sensor. Metoda hamburan cahaya antara *transmitter* ke *receiver*sebaiknya dilakukan disudut efektif 90° atau *variantangel* hingga didapatkan optimum desain yang diinginkan dan sebagai *back-up* putusnya komunikasi

antara kontroler NodeMCU ESP8266 dengan *smartphone* harus dibuat sebuah MQTT *broker* lokal yang tidak tergantung kepada *internet*. Hal ini bertujuan menjaga komunikasi tetap terhubung walaupun jaringan komunikasi *internet* sedang dalam bermasalah dan data aktual dapat terus diterima.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tim mengucapkan banyak terimakasih kepada tim Laboratorium Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani yang ikut membantu menguji performa sensor *turbidity* serta panitia penyelenggara Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SEMNASTEK 2019) Universitas Muhammadiyah Jakarta yang membantu publikasi riset tim penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Azman, A.A. et al., 2016. A Low Cost Nephelometric Turbidity Sensor for Continual Domestic Water Quality Monitoring System. In *IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*. pp. 202–207.
- Fairuz, A. et al., 2009. Turbidimeter Design and Analysis: A Review on Optical Fiber Sensors for the Measurement of Water Turbidity. *Sensors*, 9, pp.8311–8335.
- Handson Technology, 2016. *User Manual V1.2 ESP8266 NodeMCU WiFi Devkit*,
- Hendrizon, Y. & Wildian, 2012. Rancang Bangun Alat Ukur Tingkat Kekeruhan Zat Cair Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Menggunakan Sensor Fototransistor dan Penampil LCD. *Jurnal Fisika Universitas Andalas*, 1(1), pp.6–11.
- Ibrahim, S. et al., 2013. International Journal of Science and Engineering (IJSE) Turbidity Measurement Using An Optical Tomography System. *International Journal of Science and Engineering (IJSE)*, 5(October), pp.66–72.
- Iskandar, H.R. et al., 2017. Prototipe Kendali Lampu Jarak Jauh untuk Home Automation Systems Berbasis Arduino Mega dan Android Application. In *Seminar Nasional Informatika dan Aplikasinya*. pp. 55–61.
- Iskandar, H.R., Juniarto, E. & Heryana, N., 2018. Sistem Monitoring dan Data

- Logging Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Blynk Cloud Sensor. *Jurnal Teknik*, 17, pp.42–49. Available at: <http://jurnalteknik.unjani.ac.id/index.php/jt/article/view/82>.
- Iskandar, H.R. & Zainal, Y.B., 2017. Rancang Bangun Wireless Monitoring System Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan 3DRobotics Telemetry Radio 433 MHZ. In *Prosiding seminar ilmiah nasional: “membangun paradigma kehidupan melalui multidisiplin ilmu.”* pp. 31–44.
- Komiyama, R. et al., 2015. Turbidity Monitoring of Lake Water by Transmittance Measurement with a Simple Optical Setup. , pp.5–8.
- Mylvaganam, S., Jakobsen, T. & Instruments, A., 1998. Turbidity Sensor for Underwater Application: Sensor Design and System Performance with Calibration Results. , pp.2–5.
- Park, J., Kim, H. & Kim, W., 2018. DM-MQTT : An Efficient MQTT Based on SDN Multicast for Massive IoT Communications. *Sensor*, 18(3071), pp.1–15.
- Pramusinto, K. & Suryono, 2016. Sistem Monitoring Kekerusuhan Air Menggunakan Jaringan Wireless Sensor System Berbasis Web. *Youngster Physics Journal*, 5(4), pp.203–210.
- Sigdel, B., 2017. *Water Quality Measuring Station pH, Turbidity and temperature measurement.* Helsinki Metropolia University of Applied Sciences.
- Sumithra, P. et al., 2018. IoT Based Industrial Production Monitoring System Using Wireless Sensor Networks. *International Journal of Advanced Engineering Reseach and Science (IJAERS)*, 6495(11), pp.255–262.