

# Sistem Pemantauan dan Pengendalian Kekeruhan Berbasis *Internet of Things* Untuk Aplikasi Pada Proses Pengolahan Air Bersih

Satriananda<sup>1\*</sup>, Ratna Sari<sup>2</sup>, Akmalul Fata<sup>3</sup>, Atthariq<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe

<sup>3,4</sup>Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe

\*Koresponden email: satriananda@pnl.ac.id

Diterima: 13 Februari 2024

Disetujui: 26 Maret 2024

## Abstract

Water treatment faces challenges in determining the right coagulant dosage due to the slow and manual Jar Test method. It cannot respond quickly to changing natural conditions affecting raw water quality. If turbidity increases and the coagulant dosage relies on outdated data, water quality suffers. Conversely, reduced turbidity with the same coagulant dose results in wasteful spending. To tackle this challenge, this research develops an IoT-based system solution for monitoring and controlling the system. Real-time sensors continuously monitor raw water conditions and relay data to a microcontroller. The microcontroller, in turn, adjusts the coagulant pump via a relay. This innovative system offers a solution for water treatment plants to enhance efficiency and adapt to dynamic environmental factors, ultimately improving the quality and cost-effectiveness of water treatment processes.

**Keywords:** *monitoring, controlling, turbidity, IOT, real time*

## Abstrak

Salah satu permasalahan dalam pengolahan air adalah sulitnya menentukan dosis koagulan yang sesuai dengan kondisi air baku yang akan diolah. Hal ini disebabkan karena pada sistem pengolahan konvensional saat ini, penentuan dosis koagulan dilakukan berdasarkan hasil uji Jar Test. Metode ini membutuhkan waktu 1 – 2 jam untuk mendapatkan data mulai dari pengambilan sampel hingga analisa di laboratorium dan hanya dapat dilakukan berkala secara manual, sehingga tidak dapat menghasilkan data yang responsif, sementara kekeruhan air baku di alam mudah sekali berubah tergantung kondisi cuaca dan erosi dari pegunungan. Penentuan dosis dengan jar test tidak dapat merespon dengan cepat jika terjadi perubahan-perubahan tersebut, akibatnya jika terjadi peningkatan kekeruhan sementara dosis koagulan yang dipakai masih berdasarkan data sebelumnya, maka dosis tersebut tidak mencukupi, sehingga kualitas produk air yang dihasilkan menjadi buruk. Untuk memecahkan permasalahan tersebut, pada penelitian ini akan dikembangkan sistem pemantauan dan pengendalian kualitas air baku berbasis *Internet of Things*. Sistem ini dapat memantau perubahan kondisi air baku secara *real time* menggunakan sensor-sensor. Sensor-sensor tersebut kemudian akan mengirim data ke mikrokontroler, selanjutnya mikrokontroler akan memberikan perintah untuk mengendalikan pompa koagulan melalui sebuah *Relay*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk diterapkan pada instalasi-instalasi yang mengolah air baku menjadi air bersih.

**Kata kunci:** *pemantauan, pengendalian, kekeruhan, IOT, real time*

## 1. Pendahuluan

Air sungai sering digunakan sebagai air baku untuk produksi air minum. Namun air sungai biasanya mengandung padatan-padatan tersuspensi dari material-material alami di alam yang terbawa aliran atau erosi saat hujan. Padatan-padatan tersebut menyebabkan kekeruhan air meningkat. Kekeruhan merupakan salah satu parameter kualitas air yang menunjukkan kemampuan penyerapan atau penembusan cahaya oleh air melewati partikel-partikel tersuspensi dalam air seperti sedimen, senyawa-senyawa organik maupun anorganik [1]. Partikel-partikel tersebut biasanya memiliki kestabilan yang cukup baik di dalam air, sehingga sulit diendapkan. Untuk mengendapkan padatan-padatan tersebut, maka kestabilan partikelnya harus dirusak terlebih dahulu.

Di negara-negara berkembang yang umumnya masih menggunakan sistem pengolahan air konvensional, proses pengolahan primer biasanya melibatkan proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Proses perusakan kestabilan partikel dilakukan melalui penambahan bahan kimia yang disebut koagulan.

Koagulan umum dipakai adalah Aluminium Sulfat (tawas). Ion-ion positif pada koagulan akan menyerang partikel padatan, sehingga padatan tersebut memiliki muatan yang berbeda. Ion-ion positif

tersebut kemudian akan menarik ion negatif pada material tersuspensi, sehingga akan mulai terbentuk flok-flok berukuran besar dan menjadi semakin berat dan mudah diendapkan.

Besarnya konsentrasi koagulan yang ditambahkan ke dalam sistem pengolahan air sangat tergantung pada kondisi kekeruhan air baku. Semakin keruh air baku, maka semakin banyak koagulan yang dibutuhkan, demikian pula sebaliknya. Saat ini, untuk penentuan dosis optimum koagulan, tenaga operator di lapangan lebih dulu mengambil sampel air baku dan selanjutnya dilakukan pengujian secara konvensional menggunakan metode Jar Test di laboratorium. Sistem seperti ini sangat monoton dan membutuhkan waktu yang cukup banyak dalam pengerjaannya, sehingga menjadi sangat tidak efektif [2].

Uji Jar Test ini membutuhkan waktu 1 - 2 jam dan biasanya tidak dilakukan setiap saat. Permasalahan yang sering terjadi di lapangan adalah jika terjadi peningkatan kekeruhan air baku, maka dosis koagulan yang diberikan tidak mencukupi lagi, akibatnya tidak semua padatan tersuspensi mengendap, sehingga efisiensi proses pengolahan menurun dan kualitas air yang dihasilkan tidak lagi memenuhi baku mutu yang diharapkan. Sementara jika terjadi penurunan kekeruhan air baku, maka akan terjadi pemborosan koagulan karena penambahan koagulan menjadi lebih banyak dari kondisi sebenarnya yang dibutuhkan. Pada suatu sistem pengolahan air minum dengan kapasitas besar, kerugian akibat kelebihan dosis ini bisa mencapai milyaran rupiah per tahun.

Selain membutuhkan waktu yang lama, teknik pengumpulan data secara konvensional juga memiliki beberapa batasan seperti dibutuhkannya peralatan-peralatan khusus dan tenaga terlatih untuk pengambilan sampel, kesalahan data bisa terjadi akibat tertukarnya wadah sampel karena kelalaian operator, peralatan-peralatan yang digunakan mudah rusak karena sering dibawa-bawa, membutuhkan investasi sarana pendukung laboratorium yang mahal, karakteristik air juga bisa berubah akibat ada jeda waktu dari pengambilan sampel dengan proses analisa di laboratorium serta tingkat kesalahan lebih tinggi akibat perulangan pengukuran sampel oleh tenaga laboratorium [3].

Proses pengujian sampel air di laboratorium membutuhkan waktu yang lama, biaya besar serta sumber daya manusia yang kompeten [4]. Teknik pengambilan data seperti ini memiliki kelemahan, karena data yang dihasilkan tidak secara real-time, sehingga akan terjadi keterlambatan respon terhadap perubahan-perubahan kondisi yang terjadi di lapangan [5].

Kelemahan-kelemahan tersebut dapat diatasi dengan menerapkan sistem pemantauan dan pengendalian secara *real-time* dengan teknologi *Internet of Things (IOT)*. Teknologi IOT ini memanfaatkan sensor-sensor yang dapat mengukur dan mengirimkan hasil-hasil pengukuran secara *real time* kepada operator, sehingga operator dapat langsung mengetahui kondisi air di lapangan dan mengendalikan operasional sistem secara manual ataupun otomatis.

Saat ini, peningkatan teknologi IoT yang begitu pesat telah mendorong dilakukannya penelitian-penelitian untuk pemantauan kualitas air. Beberapa perusahaan seperti Hach, Guardian Blue, Canary, optiEDS, Libelium Inc., Biz4Intellia, and Bluebox telah mengembangkan sistem pemantauan kualitas air secara komersial, perusahaan-perusahaan tersebut mengklaim bahwa telah terjadi peningkatan efisiensi yang cukup signifikan dibandingkan dengan teknologi pada sistem konvensional [3].

Meskipun demikian, teknologi-teknologi pemantauan kualitas air yang dikembangkan secara komersial tersebut masih sangat mahal, oleh karena itu lebih cocok untuk digunakan di negara-negara maju dibandingkan pada negara berkembang. Hal ini telah mendorong dilakukan penelitian-penelitian lanjutan untuk mendapatkan suatu sistem pintar yang lebih murah dan dapat diandalkan berbasis IOT untuk melakukan pemantauan kualitas air [6].

Teknologi IOT terdiri dari sebuah mikrokontroler yang didukung oleh beberapa sensor-sensor yang dapat mengukur parameter-parameter yang sering digunakan untuk menilai kualitas suatu sampel air, seperti sensor kekeruhan (*turbidity*), sensor pH, sensor ketinggian air, sensor temperatur dan sensor kelembaban udara. Data-data hasil pengukuran sensor-sensor tersebut bisa langsung dikirim secara *real-time* kepada operator yang di pusat kendali, sehingga operator dapat langsung mengatur kondisi operasional agar sesuai dengan perubahan yang terjadi di lapangan.

Beberapa penelitian menyangkut permasalahan tersebut telah dilakukan oleh beberapa peneliti lain sebelumnya. Brinda Das, dkk telah mencoba membangun sistem pemantauan kualitas air secara *real-time* dengan bantuan teknologi IOT. Pada penelitian tersebut diukur parameter pH, konduktivitas dan temperatur air. Hasil pemantauan dikirim secara nirkabel melalui modul GSM kepada *user*. *User* dapat memantau parameter-parameter yang diukur melalui *mobile phone* dimana saja mereka berada. Meskipun berhasil membangun sistem pemantauan secara online, namun parameter-parameter yang diteliti bukan merupakan parameter utama dalam pengolahan air [4].

Salah satu parameter utama untuk melihat tingkat kualitas air adalah kekeruhan (*turbidity*). Kekeruhan menunjukkan kemampuan air untuk meneruskan cahaya yang melewatinya. Kekeruhan ini

disebabkan karena adanya partikel-partikel organik atau anorganik, lumpur dan material-material terlarut lainnya [7].

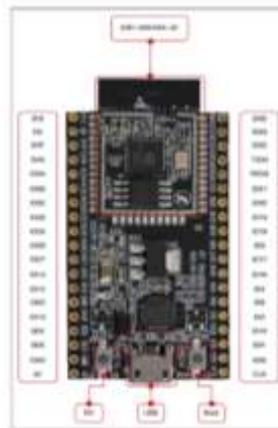
Tingkat kekeruhan suatu air dinyatakan dalam satuan *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU), yang diukur menggunakan alat Turbidimeter. Tingkat kekeruhan yang tinggi akan meningkatkan resiko penyakit lambung pada manusia, selain itu juga dapat mengurangi kemampuan air untuk dapat ditembusi oleh cahaya, sehingga akan menghambat tumbuhan-tumbuhan air melakukan fotosintesis, sehingga kandungan oksigen di dalam air bisa berkurang [3].

Gowtham, dkk telah mencoba mengembangkan sistem pemantauan kualitas air berbasis IOT. Penelitian dilakukan untuk melihat parameter-parameter kualitas air seperti pH, konduktivitas, temperatur, TDS dan kekeruhan menggunakan Arduino. Namun hasil penelitian yang diperoleh hanya memberikan data pemantauan saja, tetapi belum memberikan suatu data yang komprehensif tentang bagaimana tindakan yang perlu di ambil jika terjadi perubahan kualitas air di lapangan [8].

Pasika, dkk juga telah melakukan penelitian sistem pemantauan kualitas air menggunakan berbasis IOT menggunakan *Microcontroller Unit* (MCU). Parameter yang diukur meliputi temperatur, level air, pH dan kekeruhan [5].

Pada penelitian ini akan dilakukan upaya peningkatan terhadap hasil-hasil penelitian terdahulu melalui perancangan infrastruktur sistem yang dapat memantau dan mengendalikan kekeruhan air secara akurat dan real time dengan memanfaatkan Teknologi Internet of Things. Sistem ini menggunakan sensor turbidity untuk memantau kekeruhan air baku. Jika terjadi perubahan kekeruhan air baku, maka sistem secara cepat merespon dengan mengendalikan pompa koagulan, sehingga dosis koagulan yang ditambahkan ke dalam sistem akan disesuaikan dengan kondisi kekeruhan air baku di lapangan.

Pengendalian sistem berbasis IOT menggunakan mikrokontroler ESP32. Mikrokontroler merupakan jantung dari sistem, yang berfungsi sebagai komputer mini yang dapat menerima serta mengirimkan informasi atau perintah ke perangkat pendukung yang terhubung dengannya. ESP32 (**Gambar 1**) merupakan rangkaian chip mikrokontroler yang murah dan berdaya rendah. Mikrokontroler jenis ini memiliki fungsi Bluetooth dan Wi-Fi yang sudah terintegrasi. Hal ini agar mikrokontroler dapat digunakan untuk berbagai fungsi yang serbaguna, memiliki ketahanan dan keandalan dalam sejumlah besar aplikasi. Mikrokontroler ini dapat diprogram menggunakan aplikasi Arduino IDE untuk menjalankan sistem secara otomatis berdasarkan pembacaan sensor yang berbeda [9].



**Gambar 1.** Mikrokontroler ESP-32

Komponen-komponen yang terdapat pada mikrokontroler ESP-32 sebagai berikut :

- *Interface* USB-ke-UART dan rangkaian pengatur tegangan. Komponen ini penting untuk menghubungkan ESP-32 dengan mudah ke komputer pengguna untuk mengunggah kode atau memasukkan daya.
- Tombol *Boot* atau *Reset*. Tombol ini digunakan untuk memasukkan *board* ke mode *flashing* atau *mereset* (restart) *board*.
- Konfigurasi pin dan jumlah pin. Untuk dapat menggunakan ESP-32, maka pengguna (user) harus memiliki akses ke *pin out board*. Jika akses ke pin salah, maka ESP-32 tidak dapat dijalankan dengan baik.

- Konektor antena. Sebagian besar *board* dilengkapi dengan antena terpasang untuk sinyal *Wi-Fi*. Beberapa *board* dilengkapi dengan konektor antena untuk menyambungkan antena eksternal secara opsional. Menambahkan antena eksternal meningkatkan jangkauan *Wi-Fi* pengguna.
- Konektor baterai: Jika pengguna ingin memberi daya pada ESP-32 menggunakan baterai, terdapat *board* pengembangan yang dilengkapi dengan konektor untuk baterai LiPo namun pengguna juga dapat memberi daya pada mikrokontroler ESP-32 dengan baterai melalui pin daya.
- Pin Daya dan GND. Ada pin pada papan mikrokontroler yang menyediakan daya 3,3 V, 5 V dan menghubungkan ke ground.

Data-data pemantauan dapat dilihat melalui smartphone melalui aplikasi Blynk dan demikian pula sistem pengendaliannya. Jika terjadi perubahan kekeruhan pada air baku, maka sistem akan merespon dengan mengendalikan pompa koagulan (*dosing pump*), sehingga jumlah koagulan yang ditambahkan akan sesuai dengan kondisi air baku lapangan. Penerapan sistem tersebut diharapkan dapat mengurangi biaya operasional, sehingga profitabilitas unit pengolahan air minum akan semakin meningkat.

Melalui penelitian ini diharapkan akan diperoleh suatu solusi aplikatif yang dapat dimanfaatkan oleh penyedia air bersih untuk mengoptimalkan sistem pengolahan air bersihnya serta meminimalkan kerugian akibat kesalahan pemberian dosis koagulan.

## 2. Metode Penelitian

Untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan, maka kegiatan penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan. Tahap-tahap pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut:

- Melakukan identifikasi permasalahan untuk mengetahui melihat data-data apa saja yang dibutuhkan, sehingga akan diperoleh informasi akurat untuk merancang sistem pemantauan dan pengendalian kekeruhan air pada proses pengolahan air minum.
- Melakukan perancangan dan membangun sistem pemantauan dan pengendalian kekeruhan.
- Melakukan kalibrasi sensor-sensor yang digunakan.
- Melakukan *coding program* menggunakan *software Arduino Uno* versi 2.2.1. 2023.
- Melakukan pengujian sistem di laboratorium menggunakan model sistem pengolahan air secara fisika kimia di laboratorium pengolahan air dan limbah Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Parameter-parameter yang diukur pada penelitian ini meliputi kekeruhan air baku, kekeruhan air produk dan temperatur air.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### A. Perancangan sistem

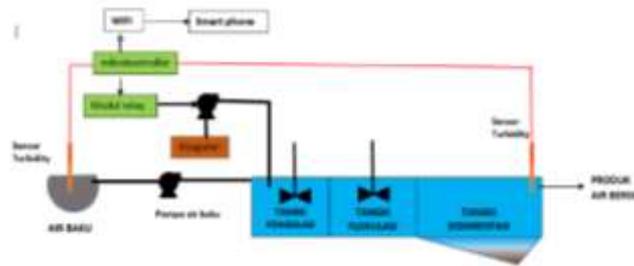
Pada penelitian ini telah dikembangkan suatu sistem untuk pemantauan dan pengendalian kekeruhan yang dapat diterapkan pada sistem pengolahan air bersih. Sistem ini dibangun berbasis *Internet of Things* untuk menjawab permasalahan yang ada pada proses pengolahan air secara konvensional saat ini, terutama menyangkut penurunan kekeruhan air.

Pada proses pengolahan air secara konvensional, pengukuran kekeruhan dilakukan secara manual melalui pengambilan sampel air di lapangan dan kemudian di bawa ke laboratorium untuk diukur kekeruhannya [10].

Untuk mengetahui seberapa besar dosis koagulan optimum yang perlu ditambahkan ke dalam air baku agar diperoleh kualitas air yang memadai, maka dilakukan jar test. Proses ini memakan waktu lama, membutuhkan sumber daya manusia yang memadai serta kurang responsif terhadap perubahan kondisi air baku di lapangan [11].

Untuk mengatasi kelemahan tersebut, maka pada penelitian ini dikembangkan sistem pemantauan dan pengendalian kekeruhan air baku berbasis *Internet of Things* (IOT). Rancangan sistem pemantauan dan pengendalian kekeruhan pada proses pengolahan air ditampilkan pada **Gambar 2**.

Pada sistem ini, pengukuran air baku dilakukan secara *real time* menggunakan sensor *turbidity*. Data-data hasil pengukuran kemudian dikirimkan ke *microcontroller*. Jenis *microcontroller* yang digunakan adalah ESP32. *Microcontroller* ini dipilih karena telah dilengkapi dengan modul wifi dalam satu unit, sehingga dalam penyusunan rangkaian elektronik menjadi lebih sederhana.



**Gambar 2.** Rancangan sistem monitoring dan pengendalian kekeruhan pada proses pengolahan air

*Microcontroller* akan mengolah data-data yang diperoleh dari sensor air baku, kemudian akan memberikan perintah untuk menghidupkan atau mematikan pompa serta mengatur seberapa besar laju alir koagulan yang perlu ditambahkan sesuai dengan kekeruhan air baku yang masuk ke dalam sistem.

### B. Kalibrasi Sensor

Sensor-sensor yang baru pertama sekali digunakan, seringkali tidak memberikan bacaan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Oleh karena itu perlu dilakukan kalibrasi terhadap sensor-sensor tersebut agar dapat memberikan bacaan yang presisi, sehingga data-data yang diperoleh menjadi lebih valid.

Sensor turbidity yang digunakan pada penelitian ini adalah DFRobot. Proses kalibrasi sensor turbidity dilakukan menggunakan larutan standar turbidity yang dibuat menggunakan campuran bahan kimia Hydrazine sulfat dan Hexamethyltetramine dengan dosis tertentu, sehingga diperoleh kekeruhan standar 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 dan 400 NTU [12].

Sensor-sensor turbidity tersebut kemudian dicelupkan pada masing-masing larutan standar kekeruhan tersebut dan bacaan nilai *Electrical Conductivity* (EC) yang dibaca oleh sensor di *plot* ke dalam grafik untuk mendapatkan suatu persamaan korelasi antara kekeruhan vs EC. Persamaan korelasi yang diperoleh untuk sensor kekeruhan pada air baku adalah  $y = -0,0007x + 1,9875$  dengan koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9845, sedangkan untuk sensor kekeruhan pada air produk diperoleh  $y = -0,0009x + 1,9728$  dengan koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9392.

Untuk sensor temperatur, sensor yang digunakan adalah ds18b20. Proses kalibrasi dilakukan dengan membandingkan nilai bacaan temperatur dari suatu termometer raksa pada suatu fluida yang dipanaskan pada berbagai temperatur dengan nilai EC yang dibaca oleh sensor. Seperti halnya pada sensor turbidity, nilai-nilai temperatur yang di *setting* diplot terhadap nilai EC sensor, sehingga diperoleh persamaan  $y = -0,0301x + 2,8771$  dengan koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9721.



**Gambar 3.** Proses kalibrasi sensor turbidity

Persamaan-persamaan korelasi yang diperoleh dari proses kalibrasi tersebut, kemudian dimasukkan ke dalam *coding program Arduino IDE versi 2.2.1 2023* agar sensor dapat memberikan bacaan yang presisi sesuai dengan kondisi sebenarnya.

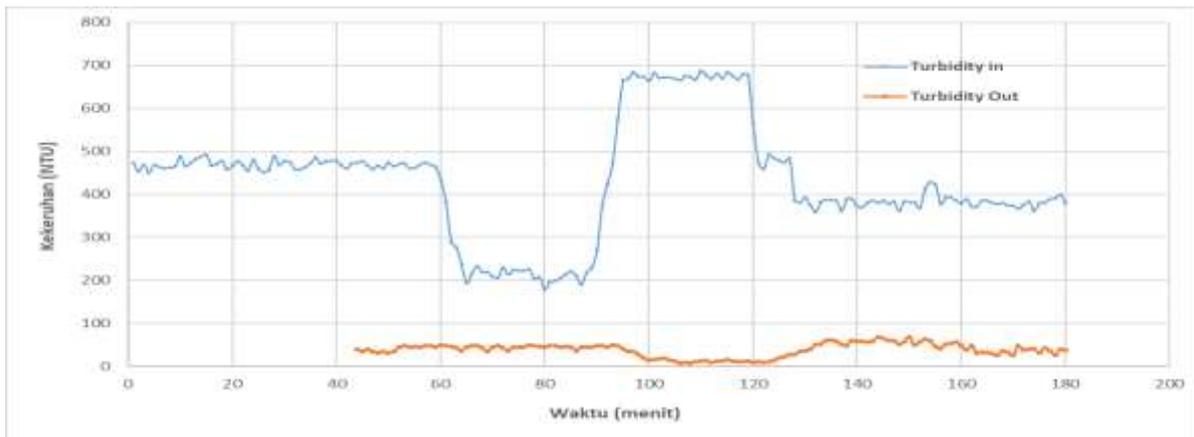
### C. Pengujian Sistem

Untuk melihat keberhasilan sistem yang telah dirancang, maka perlu dilakukan pengujian melalui suatu model di laboratorium. Pengujian dilakukan menggunakan peralatan *Physicochemical Treatment* di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Peralatan *Physicochemical Treatment* merupakan seperangkat alat yang terdiri dari proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Peralatan ini merupakan miniatur dari proses pengolahan air yang ada pada instalasi pengolahan air minum konvensional yang banyak terdapat di PDAM.

Untuk menguji kemampuan sistem, maka terlebih dahulu disiapkan air baku artifisial yang akan diolah. Pengkondisian kekeruhan air baku artifisial dibuat melalui penambahan tepung beras. Kekeruhan

sistem diubah-ubah untuk melihat respon sistem dalam mengendalikan kekeruhan. Koagulan PAC disiapkan pada wadah terpisah dengan konsentrasi 3 gr/liter.



**Gambar 4.** Respon perubahan kekeruhan umpan terhadap kekeruhan produk

Pada saat sistem dijalankan, sensor akan membaca kekeruhan air baku. Data-data yang dibaca sensor kemudian dikirimkan ke mikrokontroler. Mikrokontroler kemudian memerintahkan untuk menghidupkan pompa koagulan dengan laju alir tertentu sesuai dengan kekeruhan air baku. Kemudian pompa koagulan akan memompakan sejumlah tertentu koagulan ke dalam tangki koagulasi.

Pada tangki koagulasi, kestabilan partikel dirusak melalui penambahan bahan kimia yang disebut koagulan. Banyak jenis koagulan yang tersedia di pasaran, pada penelitian ini, jenis koagulan yang digunakan adalah *Polyaluminium Chloride* atau lebih dikenal dengan PAC.

Partikel-partikel yang sudah tidak stabil tersebut kemudian berpindah ke tangki flokulasi melalui aliran *overflow* dari tangki koagulasi. Pada tangki flokulasi, partikel-partikel mulai berikatan antara satu dengan lainnya membentuk gumpalan-gumpalan kecil yang disebut flok. Pada tangki flokulasi ini belum terjadi pengendapan karena pada proses ini masih dilakukan pengadukan secara lambat.

Selanjutnya *output* air dari tangki flokulasi akan mengalir juga secara *overflow* ke dalam tangki sedimentasi. Pada tangki sedimentasi, partikel-partikel padatan yang telah berukuran besar tersebut mengendap ke dasar tangki membentuk sedimen karena pengaruh gaya gravitasi. Air yang telah diolah keluar dari bagian atas (*overflow*) dan masuk ke tangki produk.

Pada bagian *output* proses sedimentasi, diletakkan sensor turbidity kedua untuk mengukur kekeruhan air yang telah diolah. Melalui hasil pengukuran sensor output tersebut dapat diketahui seberapa besar efisiensi proses penyisihan kekeruhan yang dilakukan oleh sistem. Data-data hasil pengukuran ditampilkan pada **Gambar 4**.

Dari **Gambar 4** dapat dilihat respon sistem terhadap perubahan kekeruhan air baku. Pengujian dilakukan selama 180 menit atau 3 jam. Pada waktu 0 sampai dengan 60 menit, kekeruhan air baku diatur pada kisaran 500 NTU. Dari gambar dapat dilihat bahwa pada menit 0 sampai dengan menit ke 43, data kekeruhan *output* belum terukur. Hal ini disebabkan karena pada waktu laju alir umpan yang diatur sebesar 200 liter per jam, maka sistem memiliki waktu detensi di dalam sekitar 44 menit, sehingga produk air yang telah di olah baru keluar sistem pada kisaran waktu tersebut. Produk air yang diperoleh pada kondisi air baku tersebut memiliki kekeruhan pada kisaran 32 – 50 NTU.

Pada menit ke 60 dilakukan perubahan kondisi air baku melalui pengenceran, sehingga tingkat kekeruhannya berkisar pada 200 NTU. Dari **Gambar 4** dapat dilihat bahwa perubahan kondisi air baku tidak langsung mengubah kekeruhan produk, sementara sistem sudah merespon dengan menurunkan laju alir pompa koagulan sesuai dengan kondisi terbaru. Perubahan kualitas air produk baru berubah mulai menit ke 96 yang ditandai dengan mulai turunnya kekeruhan sistem hingga pada kisaran 9 – 20 NTU.

Pada menit ke 90 kembali dicoba menaikkan kekeruhan air baku dengan penambahan tepung beras hingga mencapai kisaran 700 NTU. Peningkatan kekeruhan menyebabkan beban sistem menjadi meningkat dan mikrokontroler memerintahkan pompa koagulan untuk meningkatkan laju alir. Respon sistem baru terlihat pada menit ke 125 dimana kekeruhan produk air meningkat pada kisaran 49 – 70 NTU. Kemudian pada menit ke 120 kembali dilakukan pengenceran air baku hingga kekeruhannya berada pada kisaran 300 NTU. Sistem kembali menurunkan laju alir pompa dan hasilnya terlihat pada menit ke 163 kekeruhan produk kembali turun hingga pada kisaran 27 – 43 NTU.

Dari berbagai perubahan yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa sistem yang dirancang telah berhasil merespon perubahan air baku. Namun perubahan tersebut tidak langsung terdeteksi pada produk air yang dihasilkan, karena sistem memiliki waktu tinggal tertentu yang dipengaruhi oleh volume dan laju alir tertentu.

Untuk penelitian lebih lanjut disarankan untuk melihat pengaruh waktu tinggal terhadap respon sistem serta mencoba sistem ini pada air baku alami yang digunakan pada instalasi pengolahan air minum.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan, sistem pemantauan dan pengendalian kekeruhan berbasis *Internet Of Things* ini terbukti dapat melakukan pemantauan dan pengendalian kekeruhan air dengan cara mengukur kekeruhan air baku dan merespon dosis koagulan sesuai dengan tingkat kekeruhan air baku. Tingkat efisiensi penyisihan kekeruhan berkisar antara 74,7 – 98,6.

#### 5. Referensi

- [1] Lin, X., Wu, M., Shao, X., Li, G., Hong, Y., 2023. Water turbidity dynamics using random forest in the Yangtze River Delta Region, China, *Science of the Total Environment* 903, 166511
- [2] Chowdury, M.S.U., Emran, T.B., Ghosh, S., Pathak, A., Alam, M.M., Absar, N., Anderson, K., Hossain, M.S., 2019. *IoT Based Real-time River Water Quality Monitoring System*, *Procedia Computer Science* 155, 161–168
- [3] Jan, F., Min-Allah, N., Düstegör, D., 2021. IoT Based SmartWater Quality Monitoring: Recent Techniques, *Trends and Challenges for Domestic Applications*, *Water*, 13, 1729.
- [4] Das, B., dan, P.C., 2017. Real-time water quality monitoring system using the internet of things. *Int. Conf. Comput. Commun.* 78–82.
- [5] Pasika. S., Gandla, S.T., 2020. *Smart water quality monitoring system with cost-effective using IoT*, *Heliyon*, 6.
- [6] Suzuki, J.; Imamura, M.; Nakano, D.; Yamamoto, R.; Fujita, M., 2018. Effects of water turbidity and different temperatures on oxidative stress in caddisfly (*Stenopsyche marmorata*) larvae. *Sci. Total Environ.*, 630, 1078–1085.
- [7] Lin, X., Wu, M., Shao, X., dan Hong, Y. 2023. Water turbidity dynamics using random forest in the Yangtze River Delta Region, China. *Science of the Total Environment* 903, 166511.
- [8] Gowtham, N., Hariharan, S., Hariprakash, R., Rajasekaran, N., 2019. Condition And Monitoring Of Drinking Water In Water Purifier Using IOT. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*.
- [9] Mishra, N., Jain, S.K., Agrawal, N., Jain, N.K., Wadhawan, N., Panwar, N.L., 2023. Development of drying system by using internet of things for food quality monitoring and controlling, *Energy Nexus* 11, 100219.
- [10] Nasirudin, M.A.; Za'bah, U.N.; Sidek, O., 2011. Fresh water real-time monitoring system based on wireless sensor network and GSM. In *Proceedings of the 2011 IEEE Conference on Open Systems, ICOS*, Langkawi, Malaysia, 25–28 September 2011
- [11] Ahmed, U.; Mumtaz, R.; Anwar, H.; Mumtaz, S.; Qamar, A.M., 2020. Water quality monitoring: From conventional to emerging technologies. *Water Sci. Technol. Water Supply*, 20, 28–45.
- [12] Mulyana, Y., and D. L. Hakim. "Prototype of water turbidity monitoring system." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 384. No. 1. IOP Publishing, 2018.