

Sistem Pemantauan dan Pengendalian Kualitas Air Pada *Cooling Tower* Berbasis *IoT*

IoT-Based Water Quality Monitoring and Control System in Cooling Tower

M. Syamsyuri¹, M. Aulia Wicaksono², Aeri Sujatmiko³, M. Amin Bakri⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam 45 Bekasi,

Jl. Cut Metutia No.83 Bekasi Timur, Kota Bekasi, 17113

mssyamsyuri@gmail.com¹, 41187003200027.mhs@unismabekasi.ac.id²,

aeri.sujatmiko@gmail.com³, amin.bakri@unismabekasi.ac.id⁴

Abstrak – Di dalam instalasi pendingin terdapat unit pendingin (*heat exchanger*) dan menara pendingin (*cooling tower*). Pendinginan keseluruhan adalah air hangat yang berasal dari penukar panas dialirkan ke menara pendingin untuk meluncurkan panas ke udara. Sedangkan pelepasan kalor dilakukan, tentu saja diikuti dengan cara penguapan air yang tidak henti-hentinya sehingga volume air untuk pendinginan menjadi lebih sedikit dan keruh, sehingga kualitas air didalam *cooling tower* perlu dijaga karena jika konsentrasinya sudah melewati batas kejenuhan akan menimbulkan masalah pada unit alat pendingin lainnya. Pengukuran kualitas air dilakukan dengan menggunakan sensor TDS dan sistem kontroler pengendalian menggunakan *arduino uno*, sedangkan untuk sistem pemantauan menggunakan kontroler *wemos D1R1* dimana data hasil pengukuran dikirimkan ke *web thingspeak* sebagai penyimpanan data yang dapat diakses secara online. Berdasarkan hasil pengujian, sensor tds memiliki tingkat akurasi 96.80% dan hasil pengujian sistem akurasi kontroler memiliki tingkat keberhasilan 100%. Untuk performansi *IoT*, *Wemos* mengirimkan data setiap 15 detik sekali dan terdapat delay pengiriman ke *thingspeak* selama 5 detik sehingga data sensor bisa dikatakan *realtime*.

Kata Kunci: *Regenerasi Air, Kualitas Air, Sensor TDS, IoT, Thingspeak*

Abstract - In a cooling installation, there are cooling units (*heat exchangers*) and cooling towers. The overall cooling is warm water coming from the heat exchanger flowed into the cooling tower to launch heat into the air. While the release of heat is carried out, the water is also evaporation which is incessant so that the volume of water for cooling becomes lesser and murky, so that the quality of water in the cooling tower needs to be maintained because when the concentration has passed the saturation limit it will cause problems in other cooling equipment units. Measurement of water quality is perform using tds sensor and control system using *arduino uno* while for monitoring system using *wemos D1R1* controller where measurement data is sent to *web thingspeak* as data storage that can be accessed online. Based on experiment result, the tds sensor experiment has an accuracy rate of 96.80% and controller has 100% accuracy. As for the *IoT* performance, *Wemos* sent data every 15 seconds and there is a 5 second delay to *thingspeak* so that sensor data can be said to be *realtime*.

Keywords: *Water Regeneration, Water Quality, Tds Sensor, IoT, Thingspeak.*

1. Pendahuluan

Sebuah instalasi pendingin biasanya terdapat unit pendingin (*heat exchanger*) dan menara pendingin (*cooling tower*). *Cooling tower* adalah perangkat yang menggunakan kombinasi panas dan massa transfer untuk mendinginkan air [1]. Metode pendinginan keseluruhan adalah air hangat yang berasal dari penukar panas dialirkan ke menara pendingin untuk meluncurkan panas ke udara. Sedangkan pelepasan kalor dilakukan, tentu saja diikuti dengan cara penguapan air yang



tidak henti-hentinya sehingga volume air untuk pendinginan menjadi lebih sedikit. Demikian pula, mineral terlarut dalam air pendingin secara bertahap akan bertambah atau meningkatkan keadaan karena penguapan [2], [3]. Sehingga kualitas air didalam *cooling tower* perlu dijaga dimana jika konsentrasinya sudah melewati batas kejenuhan akan menimbulkan masalah pada unit alat pendingin lainnya [4].

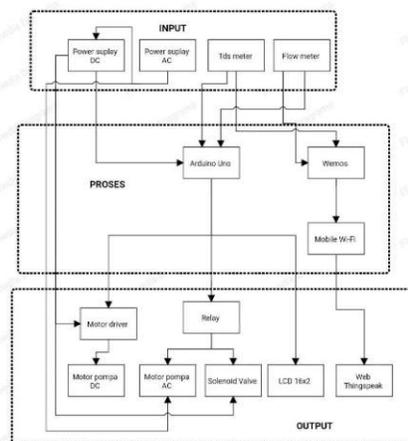
Agar kualitas air dapat terjaga maka sistem menara pendingin harus melakukan demineralisasi pada tangki *softener* dimana tangki *softener* harus di regenerasi ketika nilai saturasi sudah melebihi 10 ppm [5][6]. Dengan demikian kualitas air pada menara pendingin dapat di kendalikan. Keadaan seperti ini perlu mendapat perhatian karena regenerasi air pada tangki *softener* dipantau dan dikendalikan secara manual memiliki kelemahan dan ketidakpastian. Ketergantungan tenaga manusia untuk memantau maupun pengendalian kualitas air secara rutin juga sangat diperlukan, serta kemungkinan tercapainya batas maksimum konsentrasi air pendingin sebelum petugas mengambil sampel air dapat terjadi. Dari permasalahan tersebut perlu dibuat sistem *monitoring* dan pengendalian kualitas air untuk mendukung proses demineralisasi pada tangki *softener* yang kontinyu [7].

Ketika ppm air melebihi batas standar maka sistem pengendalian akan otomatis meregenerasi tangki *softener* dengan cara mencampurkan larutan HCL pada tangki kation dan mencampurkan larutan NaOH air pada tangki anion selama 15 menit kemudian *solenoid valve* pembuangan akan menguras air yang kotor dan mengisi ulang air secara terus menerus sampai air memiliki kadar ppm yang standar [7][8].

Pemantauan kualitas air pada tangki *softener* dapat dilakukan secara lebih praktis dan efisien dengan memungkinkan data ditampilkan secara langsung melalui koneksi internet. Konsep ini melibatkan kemampuan objek tertentu untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa perlu interaksi manusia ke manusia atau manusia ke perangkat. Dikenal dengan istilah *Internet of Things* (IoT), teknologi ini memungkinkan pengguna untuk mengakses data, melakukan operasi manual, dan memonitor kondisi serta kualitas air di mana pun mereka berada [9][10].

2. Metode Penelitian

2.1. Perancangan Perangkat Keras



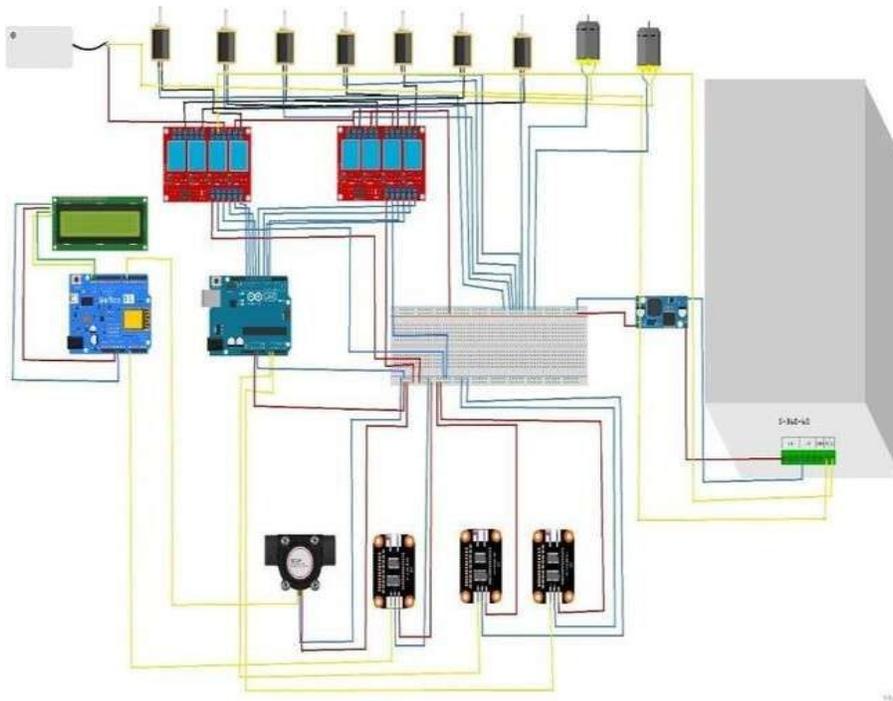
Gambar 2. Blok diagram perangkat keras

Perangkat keras yang dibutuhkan pada pembuatan rancang bangun penelitian ini terdiri dari sensor tds meter, sensor *flow* meter, sensor TDS, arduino uno, LCD 16x4, serta bahan pendukung lainnya. Gambar 2 menunjukan blok diagram perangkat keras terbagi atas 3 proses sistem, yaitu *input*, proses, dan *output*. *Input* terdiri dari *power supply* DC dan AC, sensor TDS, dan *flow* meter.

Power supply AC memberikan daya untuk *power supply* DC, arduino uno, wemos, mobile Wi-Fi, sensor TDS, *flow* meter, LCD 16x2, relay, *motor driver*, *solenoid valve* dan *motor* pompa DC dan AC.

Bagian proses terdiri dari arduino uno, wemos dan mobile Wi-Fi. Pada arduino uno terjadi akuisi data hasil pembacaan sensor TDS dan *flow* meter. Setelah itu data yang diterima oleh arduino uno akan dikirimkan oleh wemos ke mobile Wi-Fi dimana *mobile* Wi-Fi akan memancarkan gelombang internet yang akan menghubungkan wemos ke internet. Sedangkan output terdiri dari motor pompa AC dan DC, *solenoid valve*, LCD 16x2, *web thingspeak* dan penunjangnya seperti *motor driver* dan *relay*. Dimana motor pompa dan *valve* memiliki peranan mengatur menyalurkan air dan larutan ketangki, sedangkan LCD 16x2 untuk menampilkan bacaan sensor TDS dan *web thingspeak* berfungsi sebagai sistem *internet of things* untuk mengirimkan data analisa pengukuran air yang dapat dilihat maupun diakses dari jauh.

2.2. Perancangan Sistem Elektrik



Gambar 3. Perancangan sistem elektrik

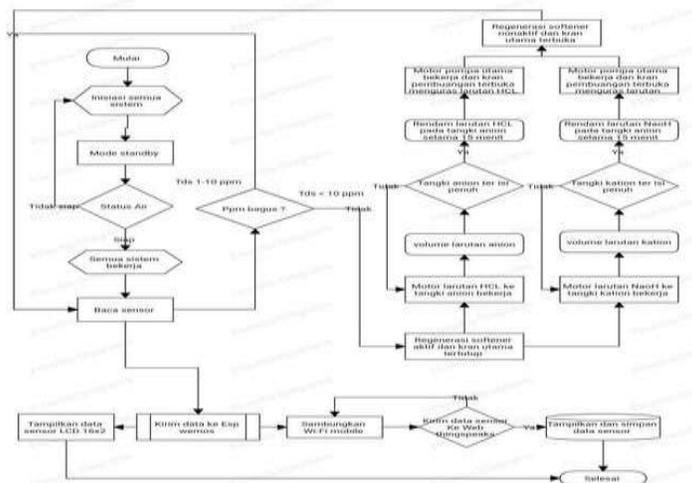
Rancangan sistem elektrik (Gambar 3) dimulai dari sensor TDS yang akan membaca kondisi air dimana sensor akan mengukur kadar ppm air dan akan mengubahnya dari nilai saturasi air menjadi sumber tegangan, yang disesuaikan dengan nilai pada ppm air. Sinyal tegangan pada sensor TDS akan diolah dengan mikrokontroler arduino uno sebagai pengaturan semua sistem dimana sensorTDS tangki 1 akan mengatur nilai saturasi ppm pada tangki *softener* 1 dan akan diolah pada arduino uno sebagai input arduino uno ke pin A0. untuk sensor TDS 2 pada pipa pembuangan akan mengatur nilai saturasi ppm air pada tangki *softener* 2 dan akan diolah pada arduino sebagai input arduino uno ke pin A1. dan untuk sensor T D S *monitoring cooling tower* akan mengirimkan data kondisi air terkini pada pipa yang akan mengirimkan suplai air ke *cooling tower* dan akan diolah pada wemos sebagai input wemos ke pin A0 dan nilai penggunaan air akan dimasukkan di pin D4 pada wemos. sensor akan dimasukkan sebagai masukan ke arduino uno

sebagai pin analog yang nanti akan diolah sebagai acuan pengendalian kualitas air maupun wemos sebagai masukan untuk *monitoring* air pada tangki *softener*.

Pada *output* arduino uno dapat dilihat *output* pada sistem kontrol terdapat 8 buah relay yang digunakan sebagai pengaturan sistem pada tangki kation maupun pada tangki anion dan pada motor pompa *transfer*. Pada pin 5 Arduino digunakan sebagai relay 1 dimana berfungsi untuk mengaktifkan motor pompa AC pada pin 6 digunakan untuk mengaktifkan relay 2 berfungsi untuk menghidupkan *solenoid valve* blok tangki kation dan anion. Pada pin 7 digunakan untuk menghidupkan *Solenoid valve out plant*. Pada pin 8 dan 9 digunakan untuk menghidupkan *Solenoid valve in* anion dan *in* kation yang aktif secara bersamaan dibarengin dengan motor pompa DC HCL dan motor pompa DC NaoH. pada pin 10 dan 11 digunakan untuk menghidupkan *out* anion dan *out* kation yang bekerja secara bersamaan untuk membuang air redaman HCL dan NaoH. Pin 12 digunakan untuk mengaktifkan *solenoid valve* pembuangan air diatas ppm standar. pada kontroler wemos digunakan sebagai alat pemantauan nilai TDS air dan penggunaan air dimana pin D14 (SDA) dan pin D15 (SDL) yang akan dikoneksikan dengan LCD I2C 16x2 yang dapat ditampilkan pada tangki *softener*.

2.3. Perancangan Perangkat Lunak

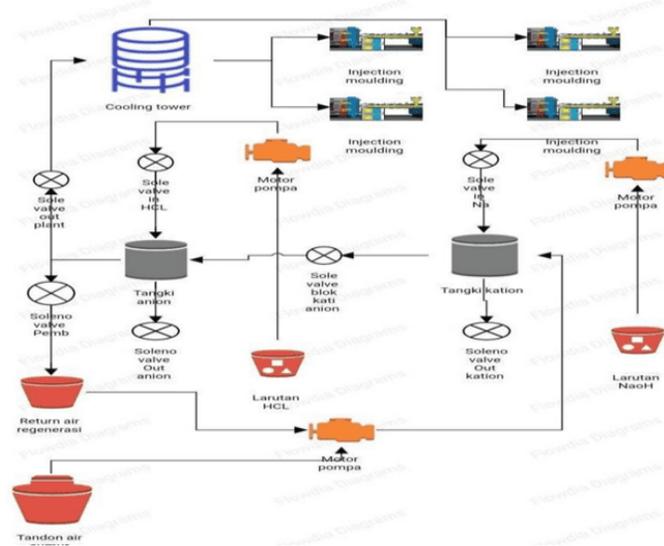
Perancangan perangkat lunak digambarkan menggunakan *flowchart* untuk mengetahui cara kerja sistem pemantauan dan pengendalian kualitas air dan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. *Flowchart* Proses Regenerasi Air

Pada saat pertama kali alat dijalankan, dimulai dengan menginisialisasi semua sistem, yaitu dengan mempersiapkan catu daya untuk mengalirkan listrik ke perangkat elektronik dan mengkoneksikan jaringan Wi-Fi untuk *online* kondisi *monitoring* air. Setelah itu semua alat ukur kualitas air seperti TDS sensor dan *flow meter* masing-masing mengambil data dari air tangki *softener*, jika TDS air berada pada 10 ppm maka sistem pengendalian akan otomatis meregenerasi tangki *softener* dengan cara mencampurkan larutan HCL pada tangki kation dan mencampurkan larutan NaOH air pada tangki anion selama 15 menit kemudian *solenoid valve* pembuangan akan menguras air yang kotor dan mengisi ulang air secara terus menerus sampai air memiliki kadar ppm yang standar serta data akan terus-menerus diperbaharui secara *realtime* melalui *web ThingSpeak* yang dapat diakses secara online.

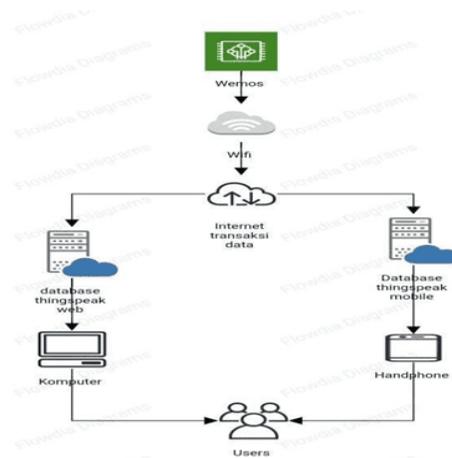
2.4. Perancangan Sistem Mekanik



Gambar 5. Perancangan sistem mekanik

Rancangan sistem mekanik pada Gambar 5 menunjukkan bahwa air diambil pada tandon air yaitu bak penampungan air untuk mensuplai seluruh kebutuhan air pada proses sistem mekanik. Air dari tandon akan didistribusikan melalui pompa *transfer* yang akan menyala terus-menerus selama sistem berjalan untuk mensuplai air ke tangki *softener*. Pada tangki *softener*, air akan didemineralisasi untuk menghilangkan kesadahan air agar sesuai dengan nilai saturasi ppm yang standar jika saturasi air melebihi standar ppm maka sistem akan melakukan regenerasi secara otomatis mealui sistem kontrol pada tangki *softener* masing-masing. Jika tangki *softener* 1 memiliki nilai ppm yang tinggi maka akan dilakukan proses regenerasi tangki *softener* 1 yang sedang dilakukan regenerasi sistem akan memindahkan air ke pipa pembuangan air yang dibawah TDS akan melakukan proses regenerasi secara terus menerus sampai batas ppm yang standar. Ketika serangkaian sistem telah memastikan kondisi air baik maka air yang telah melalui proses dimeneralisasi akan dikirimkan melalui pipa *out* pada tangki *softener* menuju *cooling tower*.

2.5. Perancangan Sistem Pemantauan Berbasis IoT



Gambar 6. Perancangan sistem pemantauan berbasis IoT

Gambar 6 merupakan rancangan sistem Perancangan sistem pengiriman data berbasis IoT dapat dilihat wemos mendapatkan sinyal internet dari jaringan Wi-Fi lalu ketika wemos mendapatkan IP (*internet protocol*). Maka wemos akan dapat mengirimkan data ke gerbang pusat internet dengan menggunakan IP dari jaringan WIFI untuk dapat mengakses transaksi data. Proses transaksi data dilakukan *web* yaitu *web server* dari *ThingSpeak*. Dimana *ThingSpeak* yang akan menampilkan data kualitas air dan penggunaan air selama mesin bekerja data akan ditampilkan pada *web server ThingSpeak* dalam bentuk grafik. Pada proses transaksi menampilkan data kualitas air dan penggunaan air secara jarak jauh yang dapat di akses untuk melihat data laporan kualitas air yang dapat dijadikan sebagai laporan hasil penguuran air yang dapat disimpan sebagai dokumentasi yang dapat di ambil datanya secara langsung.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengujian Alat

Pada tahap pengujian alat dilakukan dengan beberapa pengujian yang dilakukan untuk mengetahui semua sistem dapat bekerja dengan baik, yang bertujuan agar sistem pemantauan maupun pengendalian kualitas air pada *cooling tower* dapat bekerja. Dari hasil pengujian didapatkan beberapa hasil pengujian sebagai berikut.

3.1.1. Pengujian Sensor TDS

Hasil pengujian sensor TDS didapatkan nilai dari pembanding sensor TDS dengan alat ukur TDS meter. Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali pengambilan *sample* dari nilai ppm yang berbeda. Selama pengambilan data pengukuran sensor yang dibandingkan dengan alat ukur TDS meter metode pembandingan menggunakan *mean square error* yang hasil didapatkan didalam tabel 1 pengujian sensor TDS berikut :

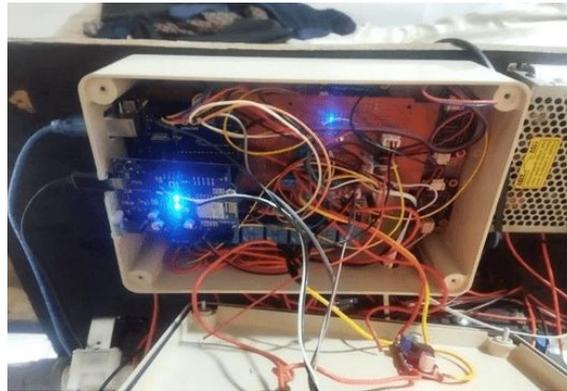
Tabel 1. Pengujian sensor TDS

Pengukuran ke	Sensor <i>Tds</i>	<i>Tds</i> meter	Akurasi sensor (%)
1	32	32	100
2	30	32	93.33
3	30	30	100
4	30	32	93.33
5	30	30	100
6	66	65	98.48
7	65	65	100
8	66	66	100
9	65	65	100
10	66	66	100
11	75	79	94.66
12	75	78	96
13	70	76	91.42
14	70	76	91.42
15	71	76	92.95
16	32	31	96.87
17	32	31	96.87
18	32	31	96.87

Pengukuran ke	Sensor <i>Tds</i>	<i>Tds</i> meter	Akurasi sensor (%)
19	32	31	96.87
20	32	31	96.87
Nilai rata-rata akurasi sensor			96.80

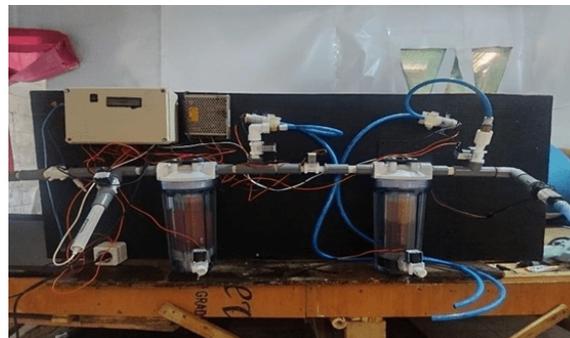
3.1.2. Pengujian Akurasi Kontroler

Proses pengujian akurasi kerja kontroler dilakukan dengan cara menghitung tingkat keberhasilan sistem bekerja pada saat alat mendeteksi saturasi ppm dibawah standar (melebihi 10 ppm). Proses tercapai sistem bekerja dengan baik melalui beberapa proses kerja diantaranya dari proses perakitan alat sampai uji coba memerlukan pengerjaan diantaranya membuat 2 board kontroler yaitu arduino uno sebagai sistem kendali untuk mengatur kerjanya regenerasi air dan pengaturan *valve* maupun motor pompa agar dapat bekerja secara otomatis dan *board* wemos yang berfungsi sebagai sistem *internet of things* sebagai pengiriman data hasil analisa pengukuran air yang dapat dilihat maupun diakses dari jarak jauh. Hasil perakitan sistem kontroler dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkain kontroler sistem elektrik

Sebagai pendukung kinerja sistem kontroler yang dapat bekerja dengan baik maka sistem mekanik pun harus dapat bekerja dengan baik pula. Oleh karena itu penulis membuat sistem mekanik dengan beberapa *part* untuk mendukung proses regenerasi air seperti pada gambar 9 yang telah penulis buat.



Gambar 9. Sistem mekanik

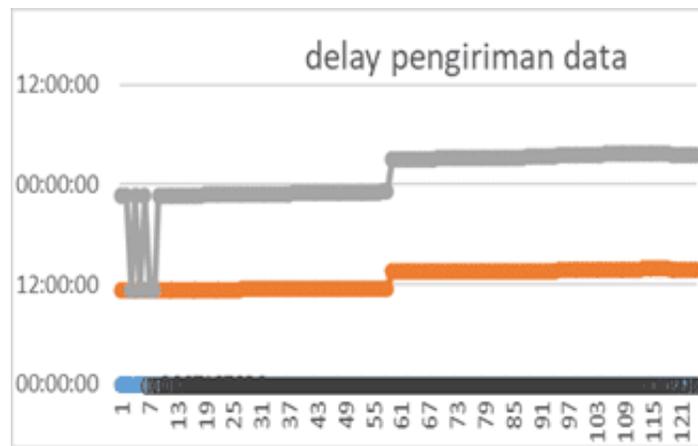
Setelah semua sistem dirakit maka perlu dilakukan pengujian akurasi kontroler sistem, proses pengujiannya dilakukan dengan cara melakukan serangkaian uji coba keberhasilan sistem untuk mendeteksi ketika saturasi ppm air dibawah standar (melebihi 10 ppm) pada sistem elektrik maupun mekanik. Dengan melihat kinerja kontroler apakah dapat melakukan regenerasi air sesuai dengan batas standar yang telah ditentukan. pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan nilai ppm yang berbeda dengan nilai diatas standar ppm air. Dari hasil pengujian akurasi kontroler sistem didapatkan hasil tingkat keberhasilan sistem sebagai tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian akurasi sistem kontroler

Percobaan ke	Pembacaan ppm air	Keadaan sistem kontroler	Status
1	168	Aktif	Berhasil
2	128	Aktif	Berhasil
3	108	aktif	Berhasil
4	98	Aktif	Berhasil
5	85	Aktif	Berhasil
6	66	Aktif	Berhasil
7	52	Aktif	Berhasil
8	45	Aktif	Berhasil
9	38	Aktif	Berhasil
10	25	Aktif	Berhasil

3.1.3. Pengujian Internet of Things

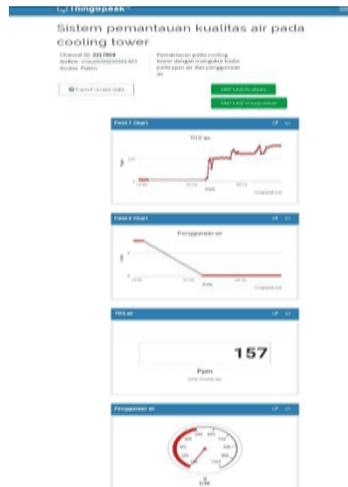
Pada saat pengujian *internet of things* penulis menggunakan metode perhitungan rata-rata *delay* pada saat pengiriman data dari wemos ke *web ThingSpeak* penulis mendapatkan rata-rata data *delay* pengiriman pada grafik pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengujian data pengiriman internet of things (IoT)

Pada grafik hasil pengujian pengiriman data *internet of things* didapatkan nilai rata-rata *delay* pengiriman sebesar 5 detik dimana waktu *interval* pengiriman sebesar 15 detik dimana hasil dari pengujian dilakukan selama 3 jam. Waktu pengambilan data dari wemos ke *web ThingSpeak* dari

data hasil pengujian dapat dikategorikan pengiriman data dapat bekerja secara *realtime* pada saat pengiriman data. Data hasil pengujian dapat dilihat dari gambar 11.



Gambar 11. Data hasil pengukuran TDS meter menggunakan *handphone*

4. Pembahasan

Dari hasil pengujian antara TDS meter dengan sensor memiliki tingkat akurasi 96.80% dimana dari hasil tersebut dapat dikategorikan alat memiliki kinerja yang baik dan dari hasil pengujian akurasi kerja sistem kontroler juga memiliki tingkat keberhasilan sebesar 100%, dimana dari hasil tersebut dapat dikategorikan bahwa alat dapat bekerja dengan baik.

Agar dapat menurunkan kadar salinitas air yang nanti dapat menurunkan ppm air, berdasarkan hasil pengujian *internet of things* (IoT) didapatkan nilai pengiriman data sensor dengan interval 15 detik dan delay pengiriman ke *thingspeak* selama 5 detik sehingga data sensor bisa dikatakan *realtime*.

Hasil *monitoring* yang kedua adalah monitoring suhu dari air sebanyak 20 kali dan didapatkan nilai rata-rata error 1,2%. Data *monitoring* yang terakhir adalah hasil dari *monitoring* sensor TDS sebanyak 20 kali. Berdasarkan data hasil penelitian tersebut dapat diketahui jika alat *monitoring* sudah berfungsi dengan baik dapat membaca dan mengirimkan data melalui *platform* IoT secara *online* dengan baik dan pengujian jarak di dapatkan nilai terjauh sebesar 19 meter di luar ruangan.

5. Kesimpulan

Setelah melakukan beberapa percobaan untuk menjalankan sistem pemantauan dan pengendalian kualitas air, diperoleh kesimpulan berikut ini. Hasil uji sensor pengukuran menunjukkan bahwa akurasi sensor TDS mencapai 96.80%, hal ini menunjukkan sensor layak untuk digunakan sebagai sensor pembacaan TDS air dan kontroler sistem dapat berfungsi dengan baik, yakni aktif ketika konsentrasi salinitas air melebihi 10 ppm, terbukti oleh tingkat keberhasilan mencapai 100% selama uji coba kontroler. Selain itu, berdasarkan data uji pengiriman, tercatat bahwa rata-rata *delay* pengiriman data adalah 5 detik. Oleh karena itu, transmisi data melalui *Internet of Things* (IoT) dapat dianggap sebagai real-time karena keterlambatan pengiriman data tidak melebihi 10 detik.

Referensi

- [1] D. G. Kröger, “AIR-COOLED HEAT EXCHANGERS AND COOLING TOWERS.”
- [2] Y. I. Cho, S. Lee, W. Kim, dan S. Suh, “Physical Water Treatment for the Mitigation of Mineral Fouling in Cooling-Tower Water Applications.” [Daring]. Tersedia pada: <http://dc.engconfintl.org/heatexchanger/4>
- [3] J. C. Hensley, “Cooling Tower Fundamentals Compiled from the knowledge and experience of the entire SPX Cooling Technologies staff. Edited by.”
- [4] * Novima, N. Aini, D. Siswanto, dan G. Priyandoko, “Monitoring Kualitas Air pada Cooling Tower untuk Mendukung Pengendalian Proses Blowdown berbasis Internet of Things (IoT),” *Seminar Nasional Fortei Regional*, vol. 7.
- [5] J. Daniel Arthur, P. G. Bruce Langhus, dan C. Chirag Patel, “TECHNICAL SUMMARY OF OIL & GAS PRODUCED WATER TREATMENT TECHNOLOGIES.”
- [6] “BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA.” [Daring]. Tersedia pada: www.djpp.depkumham.go.id
- [7] M. Engkos Kosim, D. Prambudi, dan R. Siskayanti, “Analisis Efisiensi Penukar Ion Sistem Demineralisasi Pada Pengolahan Air di Proses Produksi Electroplating,” 2021.
- [8] A. G. Chmielewski, T. S. Urbański, dan W. Migdał, “Separation technologies for metals recovery from industrial wastes,” *Hydrometallurgy*, vol. 45, no. 3, hlm. 333–344, 1997, doi: 10.1016/s0304-386x(96)00090-4.
- [9] R. S. Putra, “ANALISA PERHITUNGAN BEBAN COOLING TOWER PADA FLUIDA DI MESIN INJEKSI PLASTIK,” 2015.
- [10] R. Alfaro Tamasoleng, E. K. Allo, J. O. Wuwung, dan J. Teknik Elektro, “Rancang Bangun Alat Monitoring Nilai Air Pada Kolam Renang Berbasis IoT.”