
CONTROL DAN MONITORING SYSTEM pH OTOMATIS UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS SISTEM AIR PENDINGIN CCW (CLOSE COOLING WATER) DI PGE AREA KARAH

Muhamad Taufik¹ Kusmadi²

Universitas Sangga Buana YPKP; Jl.PHH Mustofa (Suci) No. 68, Cikutra, Kec.
Cibeunying Kidul, Kota Bandung, Jawa barat 40124
Jurusan Teknik Elektro, FT USB YPKP, Bandung
e-mail: muhamadktaufik@gmail.com

Abstrak

Close Cooling Water System adalah sebuah sistem pendingin tertutup dengan media air yang digunakan untuk mendinginkan equipment critical pada sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). Karena digunakan secara berulang dengan sistem tertutup, air yang digunakan harus dijaga kualitasnya. Dampak yang dapat disebabkan jika kualitas air di dalam Close Cooling Water System buruk yaitu dapat menyebabkan korosi pada pipa. Untuk itu dilakukan sebuah treatment agar dapat menjaga kualitas air tersebut. Salah satunya treatment yaitu dengan menjaga kualitas pH pada air Close Cooling Water System. Jika kualitas pH air tidak sesuai kriteria, maka air akan dibuang atau diberi bahan chemical agar kualitas air kembali sesuai kriteria normal yaitu pH 8.5 – pH 10.5. Monitoring kualitas air tersebut dilakukan secara manual dengan cara mengambil sampling air lalu di check kualitasnya di laboratorium. Selanjutnya hasil sampling air akan dibandingkan antara alat control dengan alat laboratorium dengan menggunakan metode Root Mean Square Error (RMSE) untuk mengetahui efektifitas error alat. Adapun hasil yang didapatkan yaitu untuk pengkalibrasian menggunakan 4 larutan uji untuk jumlah Square Error yang didapatkan sebesar 0.05 dan nilai Root Mean Squared Error (RSME) sebesar 0.11. Sedangkan implementasi sistem control dan monitoring pH secara otomatis dengan alat laboratorium menghasilkan selisih kurang dari 1% error dengan nilai Root Mean Squared Error (RSME) sebesar 0.12. Sehingga menggunakan Alat Control dan Monitoring System pH Otomatis untuk Meningkatkan Kualitas Sistem Air Pendingin ini diharapkan dapat menjadi solusi agar Monitoring kualitas air dilakukan secara otomatis dengan memantau kualitas pH dilayar Liquid Crystal Display (LCD).

Kata kunci : *Monitoring pH Otomatis, Close Cooling Water Pump, Arduino Mega2560, Sensor pH DFRobot.*

Abstract

Close Cooling Water System is a closed cooling system with water media used to cool critical equipment at a Geothermal Power Plant (PLTP). Because the system used repeatedly with a closed system, the quality of the water used must be maintained. The impact that can be caused if the water quality in the Close Cooling Water System is bad, it can cause corrosion of the pipe.

For this reason, a treatment is carried out in order to maintain the quality of the water. One of the treatments is to maintain, we can control pH quality of the Close Cooling Water System water. If pH quality does not match the criteria, then the water will be discarded or we can give a chemicals treatment to make the water quality returns to the normal criteria pH 8.5 –pH 10.5. Furthermore, the results of water sampling will be compared between control equipment and laboratory equipment using the Root Mean Square Error (RMSE) method to determine the effectiveness of tool errors. The results obtained are for calibration using 4 solvent for the number of Square Errors obtained is 0.05 and the Root Mean Squared Error (RSME) value is 0.11. while the implementation of automatic pH control and monitoring systems with laboratory equipment produces a difference of less than 1 percent error with a Root Mean Squared Error (RSME) value of 0.12. By using an Automatic pH System Control and Monitoring to Improve Quality of CCW (Close Cooling Water) System, it is expected to be a solution in order to be able monitor automatically the pH quality on the Liquid Crystal Display (LCD).

Keywords : *Automatic pH Monitoring, Close Cooling Water Pump, Arduino Mega2560, Sensor pH DFRobot.*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik di Indonesia semakin hari terus meningkat dan cadangan akan energi kian hari semakin berkurang, karena tidak dapat diperbarui. Menyebabkan Indonesia membutuhkan *alternative* energi lain atau energi terbarukan yang digunakan untuk menopang kebutuhan energi listrik. Salah satu contoh energi terbarukan yang dapat digunakan adalah energi panas bumi. Apalagi didukung dengan letak geografis Indonesia yang berada di *ring of fire* membuat energi panas bumi di Indonesia sangat berlimpah. Sejalan dengan itu pemerintah Indonesia juga telah gencar membangun beberapa Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) yang tersebar di beberapa wilayah Indonesia yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik.

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) adalah tenaga listrik yang dihasilkan dari gerak turbin yang digerakkan oleh panas bumi. Cara pemanfaatannya adalah dengan membuat sumur yang kedalamannya mencapai titik panas bumi, lalu panas tersebut dialirkan ke lokasi turbin untuk menggerakkan turbin[1].

Sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) biasanya memerlukan sistem air pendingin yang digunakan untuk mendinginkan *equipment* yang digunakan. Bentuk sistem pendingin yang digunakan biasanya terdapat dua macam tipe yaitu *Close Cooling Water System* dan *Auxiliary Cooling Water System*.

Auxiliary Cooling Water System adalah sebuah sistem pendingin terbuka dengan media air yang digunakan untuk mendinginkan *equipment* besar pada sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP).

Sedangkan *Close Cooling Water System* adalah sebuah sistem pendingin tertutup dengan media air yang digunakan untuk mendinginkan *equipment critical* pada sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). Karena digunakan secara berulang dengan sistem tertutup, air yang digunakan harus dijaga kualitasnya. Salah satu parameter kualitas air adalah tingkat keasaman pada air. Monitoring pH air sangat penting dilakukan untuk mengetahui baik buruknya kualitas air[2].

Derajat keasaman air (pH) adalah *indicator* yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Karena bagi sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) kualitas air dianggap penting karena dapat mempengaruhi kinerja dari fungsi sistem tersebut.

Dampak yang dapat disebabkan jika kualitas air di dalam *Close Cooling Water System* buruk yaitu dapat menyebabkan korosi pada pipa dan terjadinya pengendapan mineral pada sistem *Close Cooling Water System*. Selain itu juga dengan kualitas air yang buruk pendinginan untuk sistem *equipment critical* pada suatu *power plant* dapat terganggu, bahkan dapat menyebabkan bahkan dapat menyebabkan *power plant trip*.

Untuk menjaga kualitas air tersebut harus dilakukan sebuah *treatment*. Salah satunya *treatment* yang digunakan yaitu dengan mengontrol kualitas pH pada air *Close Cooling Water System*. Jika kualitas pH air tidak sesuai kriteria, maka air akan dibuang atau diberi bahan *chemical* agar kualitas air kembali sesuai kriteria normal yaitu pH 8.5 – pH 10.5. *Monitoring* kualitas air tersebut dilakukan secara manual dengan cara mengambil *sampling* air lalu di *check* kualitasnya di *laboratorium*.

Dengan menggunakan Alat *Control* dan *Monitoring System* pH Otomatis untuk Meningkatkan Kualitas Sistem Air Pendingin ini diharapkan dapat menjadi solusi agar *Monitoring* kualitas air dilakukan secara otomatis dengan memantau kualitas pH dilayar Liquid Crystal Display (LCD).

2. METODE PENELITIAN

Perencanaan dan pembuatan penelitian ini memerlukan langkah – langkah penyelesaian sebagai berikut:

- a. Studi Literatur
Mempelajari referensi baik dari jurnal maupun internet tentang konsep penghematan energi listrik dan prinsip kerja komponen yang akan digunakan. Dilanjutkan mencari *datasheet* dan karakteristik pada setiap komponen alat yang akan dibuat.
- b. Perencanaan
Pada tahapan ini bertujuan untuk menentukan sistem penulisan, tema dan sasaran penelitian yang direncanakan dengan baik. Pemilihan jenis sensor dan modul yang digunakan nantinya.
- c. Uji Coba dan Kalibrasi
Tahapan berikutnya yaitu uji coba dan kalibrasi sensor dimana setelah tahapan perencanaan dilaksanakan dengan baik. Uji coba dan kalibrasi dilakukan pada sensor pH DFRobot. Sehingga dari uji coba dan kalibrasi ini, penulis mampu mengidentifikasi sensitifitas sensor yang digunakan.
- d. Desain
Dalam sebuah proses rancang bangun alat tahapan desain merupakan hal yang sangat penting. Desain sistem yang akan penulis buat dimulai dari pemilihan jenis sensor dan modul komunikasi, *wiring diagram* rangkaian, dan pembuatan perangkat lunak (*coding*) yang dilakukan menggunakan Arduino IDE dan bentuk pembacaan hasil pengukuran pada tampilan antarmuka.
- e. Implementasi
Implementasi dilakukan untuk menguji efektifitas dan fungsi dari alat yang dibuat. Pengujian dilakukan pada *prototipe* yang merepresentasikan cara kerja dari sistem *control* dan *monitoring* pH secara otomatis untuk Meningkatkan Kualitas Sistem Air Pendingin CCW (*Close Cooling Water*) di PGE Area Karaha.

2.1 Tahapan Review

Pada penilitan ini akan membahas tentang cara kerja dari sistem *control* dan *monitoring* pH secara otomatis untuk Meningkatkan Kualitas Sistem Air Pendingin CCW (*Close Cooling Water*) di PGE Area Karaha yang berlokasi di kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat. Untuk menunjang operasional PLTP Karaha unit 1, kualitas air pada sistem Sistem Air Pendingin CCW (*Close Cooling Water*) sangat diperlukan karena dengan kualitas air yang baik sistem pendinginan yang dihasilkan akan bagus untuk melindungi *critical equipment* yang digunakan

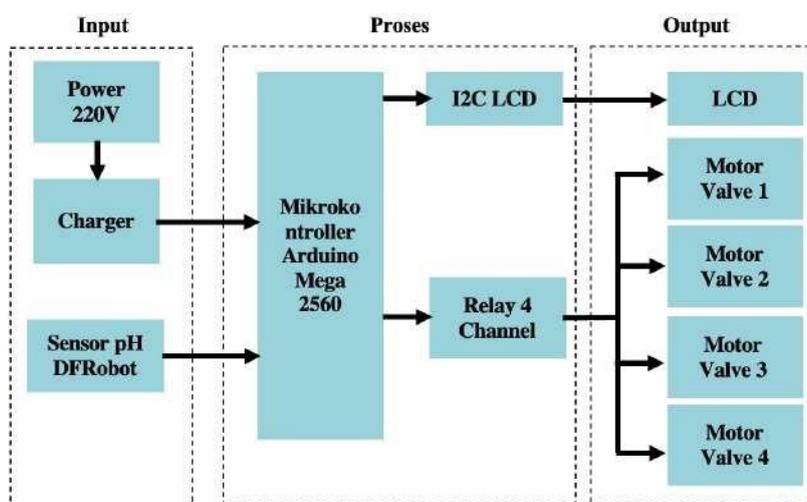
Karena digunakan secara berulang dengan sistem tertutup, air yang digunakan harus dijaga kualitasnya. Salah satu parameter kualitas air adalah tingkat keasaman pada air. Monitoring pH air sangat penting dilakukan untuk mengetahui baik buruknya kualitas air.

Untuk menjaga kualitas air tersebut harus dilakukan sebuah treatment. Salah satunya treatment yang digunakan yaitu dengan mengontrol kualitas pH pada air Close Cooling Water System. Jika kualitas pH air tidak sesuai kriteria, maka air akan dibuang atau diberi bahan chemical agar kualitas air kembali sesuai kriteria normal yaitu pH 8.5 – pH 10.5. Monitoring kualitas air tersebut dilakukan secara manual dengan cara mengambil sampling air lalu di check kualitasnya di laboratorium.

Dengan menggunakan Alat Control dan Monitoring System pH Otomatis untuk Meningkatkan Kualitas Sistem Air Pendingin ini diharapkan dapat menjadi solusi agar Monitoring kualitas air dilakukan secara otomatis dengan memantau kualitas pH dilayar Liquid Crystal Display (LCD).

2. 1.1 Gambar dan tabel

Tahapan awal perancangan alat terdiri dari tahap *design*, tahap implementasi dan tahap pengujian dan pengambilan data. Pada tahap *design* digunakan untuk proses perancangan dan pemecahan masalah yang dialami saat perancangan alat. Tahapan tersebut digunakan untuk mendapatkan sebuah solusi pada masalah yang didapat. Tahap *design* meliputi perancangan blok diagram, perancangan mekanik, perancangan elektronik, perancangan program, metode pengambilan data, dan perancangan diagram alir (*Flowchart*).



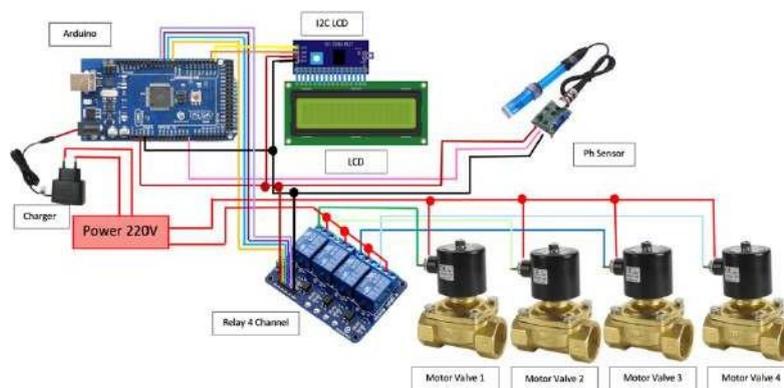
Gambar 1 Diagram Blok *Control dan Monitoring System* pH Otomatis

Dapat dilihat pada Blok diagram sistem keseluruhan merupakan salah satu bagian terpenting dalam perancangan suatu alat, karena dari blok diagram sistem keseluruhan inilah dapat diketahui cara kerja rangkaian secara keseluruhan dari laporan akhir ini. Sehingga keseluruhan blok diagram alat tersebut akan menghasilkan suatu sistem yang dapat difungsikan atau dapat bekerja sesuai dengan perancangan. konsep perancangan meliputi input, proses dan output.

Selanjutnya tahap perancangan mekanik merupakan tahapan pertama yang harus dilakukan, karena di perancangan mekanik ini adalah landasan atau tempat untuk meletakkan komponen pada alat. Adapaun perancangan mekanik yang dilakukan yaitu pembuatan kerangka alat yang dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



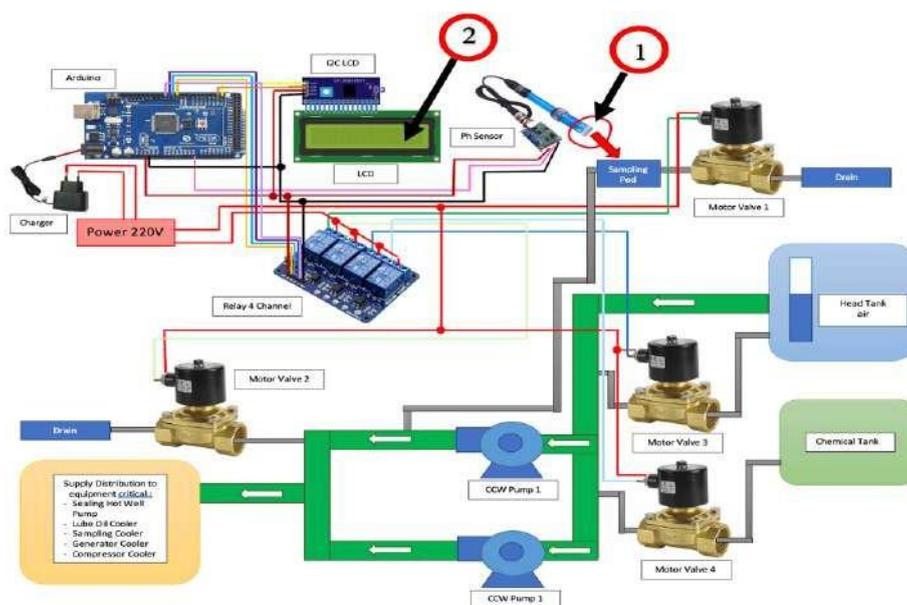
Gambar 2 Desain mekanik alat



Gambar 3 Skematik Perancangan Elektronik

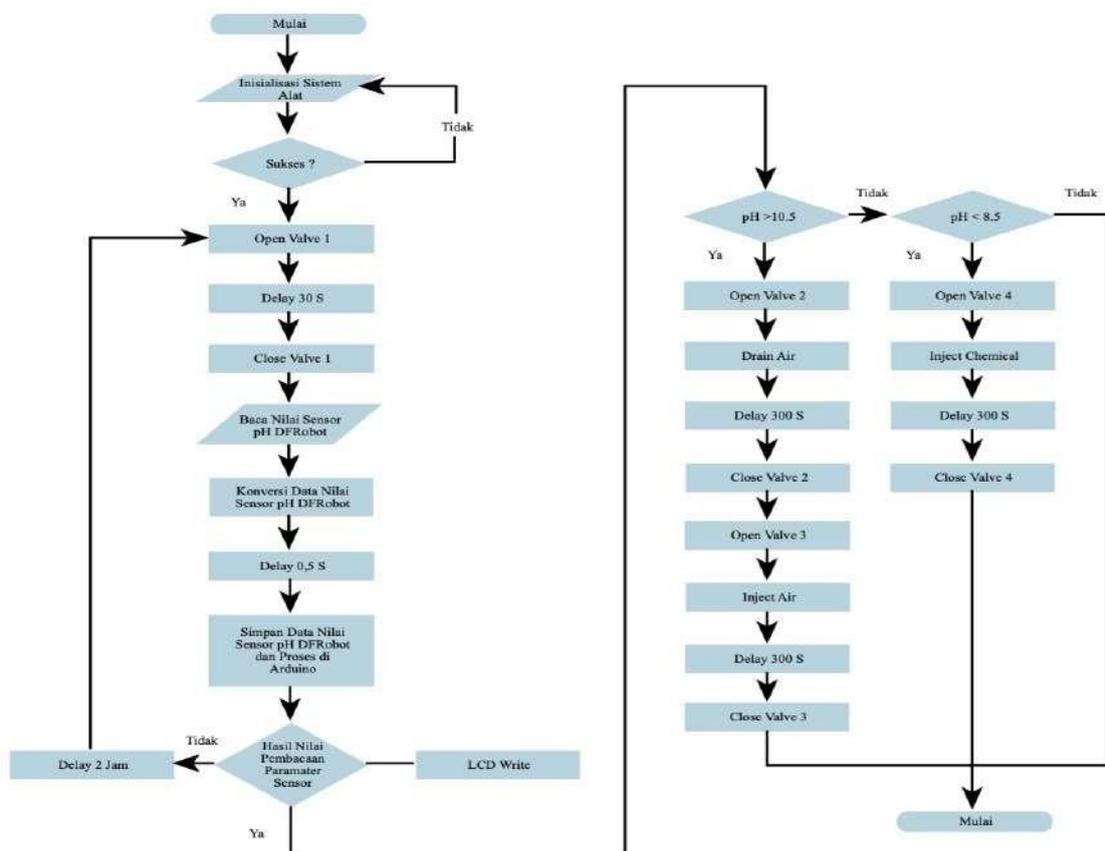
Pada tahap perancangan elektronik dilakukan untuk menyatukan dan merakit beberapa komponen module elektronik dan mekanik agar dapat berfungsi dengan baik, Adapun perancangan elektroniknya terdiri dari mikrokontroler Arduino, I2C LCD, *Liquid Crystal Display* (LCD), relay 4 channel, dan pH sensor. Semua langkah tersebut harus dilakukan secara teratur agar alat yang dibuat terlihat rapi dan dapat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya.

Perancangan program atau *coding* dilakukan agar perangkat dapat beroperasi sesuai konsepnya. Program dirancang menggunakan Arduino IDE meliputi sisi *control valve* dan pembacaan nilai dari sensor pH meter. Selanjutnya Metode pengambilan data bertujuan untuk menguji fungsi dan kehandalan sistem. Pengambilan data yang dilakukan mencakup pengambilan data sensor pH pada alat dan pengambilan data menggunakan alat pembanding yang digunakan yaitu sensor standar dan kertas lakmus di laboratorium di PGE Area Karaha.



Gambar 3 Titik Pengambilan Data Sensor pH pada Alat

Pengujian pengambilan data dilakukan dengan cara menempatkan sensor pH DFRobot (Pada nomor 1) pada Sistem Air Pendingin CCW (*Close Cooling Water*) lalu sensor akan mendeteksi kualitas air dan hasil kualitas air akan ditampilkan di LCD (Pada nomor 2). Hasil kualitas pembacaan sensor DFRobot tersebut akan dibandingkan dengan beberapa alat pembanding seperti sensor standar dan kertas lakmus.



Gambar 5 Diagram Alir *Control dan Monitoring System* pH Otomatis

Tabel 1 Alat dan Bahan

No	Nama	Jumlah
1	Sensor pH DFRobot	1
2	Arduino Mega 2560	1
3	Charger HP 12V 1A	1
4	Relay 4 Channel	1
5	I2C LCD	1
6	LCD 16X2	1
7	Motorize Valve	4
8	Wadah Air Sample Besar	1
9	Wadah Air Sample Kecil	2
10	Socket Listrik	1
11	Kabel Listrik	Secukupnya
12	Kerangka Besi	Secukupnya
13	Pipa Air	Secukupnya
14	Female Header	Secukupnya
15	Male Header	Secukupnya

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Pembahasan memuat hasil penelitian yang didapatkan setelah melakukan pengujian dan pengimplementasi pada sistem, kemudian menganalisa penelitian yang telah dilakukan. Berikut merupakan penjelasan dari hasil perancangan pada *control* dan *monitoring system* pH otomatis untuk meningkatkan kualitas sistem air pendingin CCW (*Close Cooling Water*) di PGE area karaha.

3.1 Implementasi Rangkaian

Implementasi rangkaian dapat dilihat pada Gambar 6 Dimana sensor pH DFRobot dihubungkan ke mikrokontroler Arduino Mega 2560 dengan menggunakan kabel dengan masing-masing pin dari sensor yaitu pin sumber tegangan positif akan ke pin +5V, pin analog A0 akan ke pin A8 dan pin sumber tegangan negative akan ke pin GND.



Gambar 6 Implementasi *Wiring* Sistem pada Rangkaian

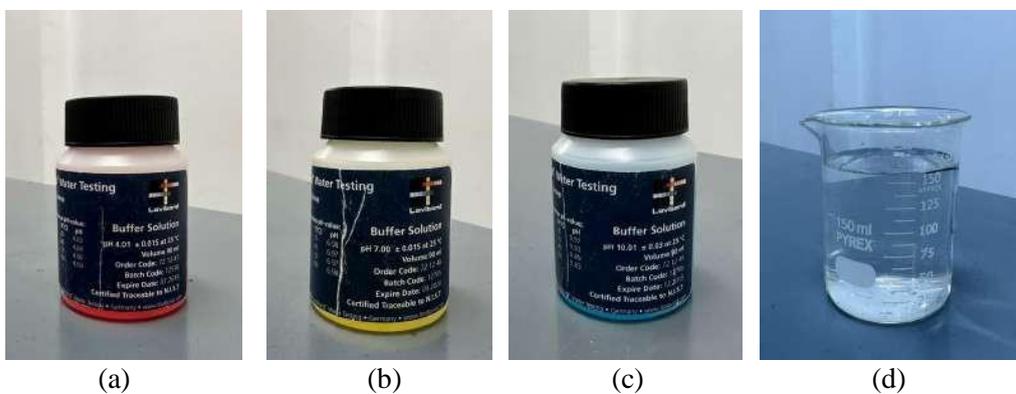


Gambar 7 Implementasi Rangkaian Sistem

3.2 Kalibrasi Sensor

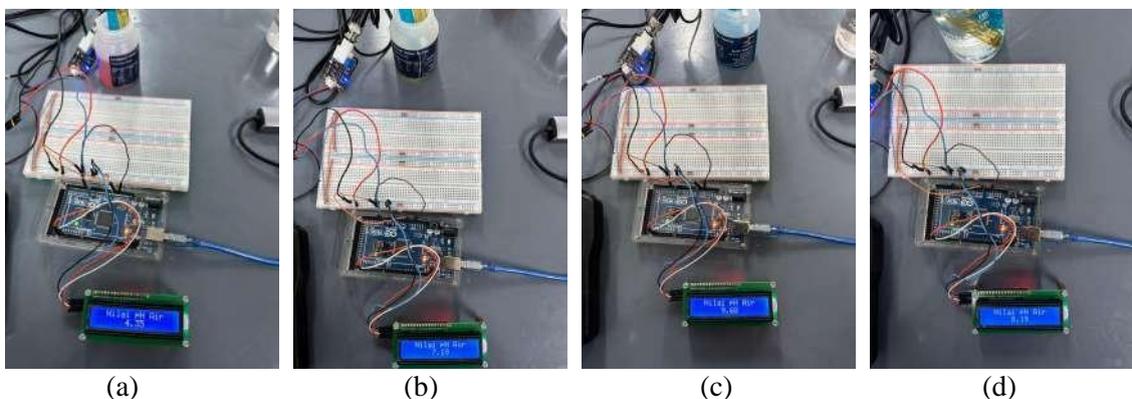
Proses Pengkalibrasian pada Sensor dilakukan diawal sebelum sensor tersebut dipasang pada sistem, menggunakan beberapa jenis larutan seperti *buffer 4* (asam), *buffer 7* (netral), dan *buffer 10* (basa) serta air bersih. Pengkalibrasian Sensor pH dilakukan dengan maksud untuk mengetahui bahwa sensor pH DFRobot yang digunakan dapat menampilkan nilai pH yang sama dengan alat pengukuran yang biasa digunakan. Metode dalam melakukan proses pengkalibrasian pada penelitian ini menggunakan metode Root Mean Square Error (RMSE) yaitu besarnya kesalahan pada hasil pengukuran dengan membandingkan hasil pengukuran dari sensor dengan alat standar. Semakin kecil nilai RMSE, semakin akurat hasil pengukurannya.

Untuk mengetahui tingkat keakuratan nilai sensor dilakukan perbandingan dengan pH meter standar serta kertas lakmus. Perbandingan dilakukan menggunakan 4 *sample* larutan yaitu menggunakan : (a) Larutan *buffer 4* (asam), (b) Larutan *buffer 7* (netral), (c) Larutan *buffer 10* (basa) dan (d) Larutan air bersih. Semua larutan tersebut dapat dilihat di gambar 8 :



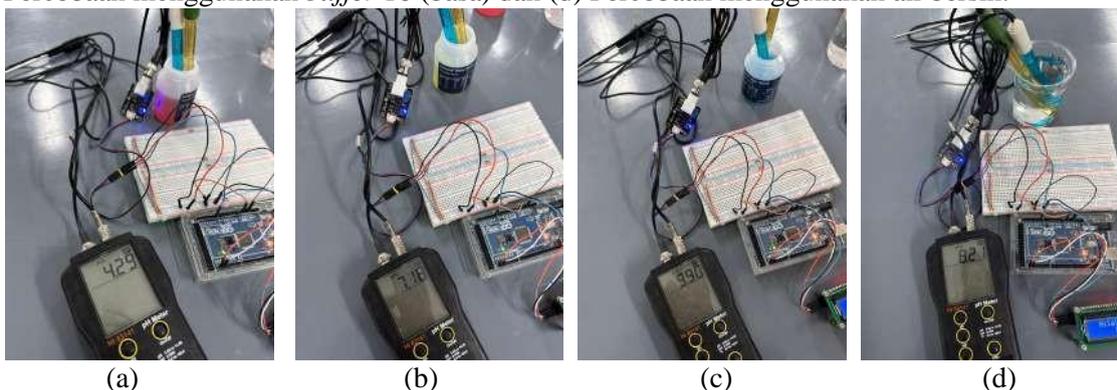
Gambar 8 Larutan yang digunakan untuk Perbandingan

Selanjutnya ialah proses pengkalibrasian sensor pH DFRobot, sensor pH Standar, serta kertas lakmus menggunakan 4 *sample* larutan dapat dilihat pada gambar 4.4 untuk Hasil pembacaan sensor pH DFRobot. (a) Percobaan menggunakan larutan *buffer* 4 (asam),(b) Percobaan menggunakan *buffer* 7 (netral), (c) Percobaan menggunakan *buffer* 10 (basa) dan (d) Percobaan menggunakan air bersih.



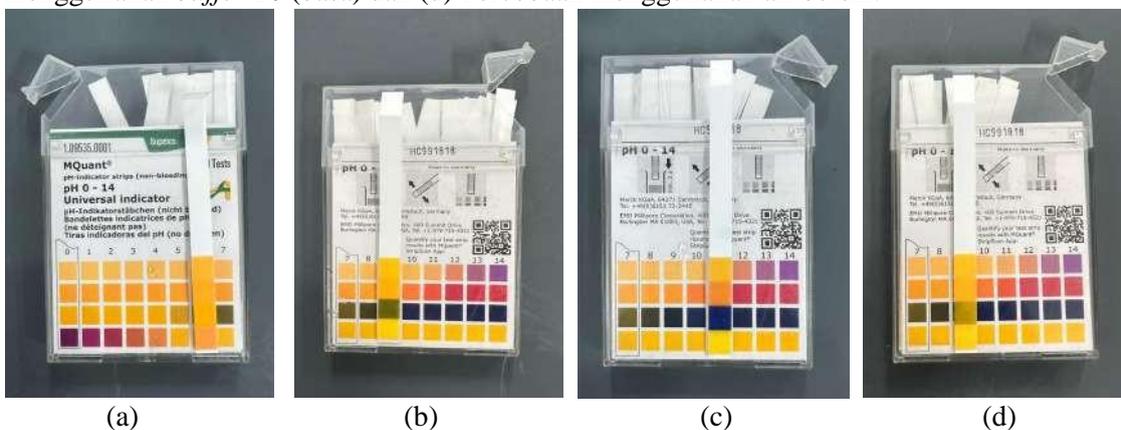
Gambar 9 Hasil Pembacaan Sensor pH DFRobot

Untuk gambar 10 untuk Hasil pembacaan sensor pH Standar. (a) Percobaan menggunakan larutan *buffer* 4 (asam), (b) Percobaan menggunakan *buffer* 7 (netral), (c) Percobaan menggunakan *buffer* 10 (basa) dan (d) Percobaan menggunakan air bersih.



Gambar 10 Hasil Pembacaan Sensor pH Standar

Untuk gambar 11 untuk Hasil pembacaan kertas lakmus. (a) Percobaan menggunakan larutan *buffer* 4 (asam), (b) Percobaan menggunakan *buffer* 7 (netral), (c) Percobaan menggunakan *buffer* 10 (basa) dan (d) Percobaan menggunakan air bersih.



Gambar 11 Hasil Pembacaan kertas lakmus

Tabel 2 Hasil Perbandingan sensor pH DFRobot, sensor pH Standar, dan kertas lakmus

Mengunkan Sample	Pengujian Sensor pH				
	Sensor pH DFRobot	Sensor pH Standar	Error	Square Error	Kertas Lakmus
Larutan 1 (buffer 4 asam)	4.35	4.29	0.06	0	3-4
Larutan 2 (buffer 7 netral)	7.19	7.18	0.01	0	7
Larutan 3 (buffer 10 basa)	9.68	9.90	-0.22	0.05	9-10
Larutan 4 (air bersih)	8.19	8.21	-0.02	0	7-8
Jumlah Square Error				0.05	-
Jumlah Data				4	-
Root Mean Squared Error (RMSE)				0.11	-

Tabel 2 merupakan hasil perbandingan sensor pH DFRobot, pH Standar, dan kertas lakmus. Cara Menghitung *Root Mean Square Error (RMSE)* adalah dengan mengurangi nilai aktual dengan nilai peramalan kemudian dikuadratkan dan dijumlahkan keseluruhan hasilnya kemudian dibagi dengan banyaknya data. Hasil perhitungan tersebut selanjutnya dihitung kembali untuk mencari nilai dari akar kuadrat. Berikut ialah rumus dari RMSE :

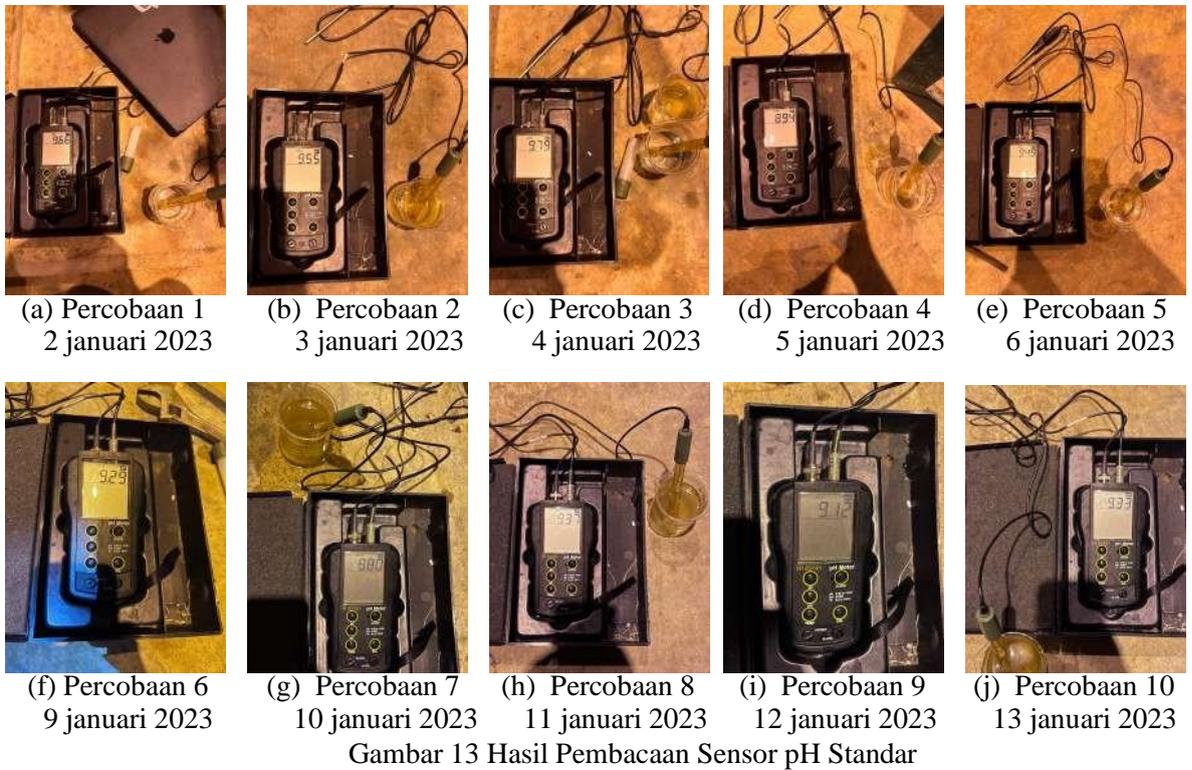
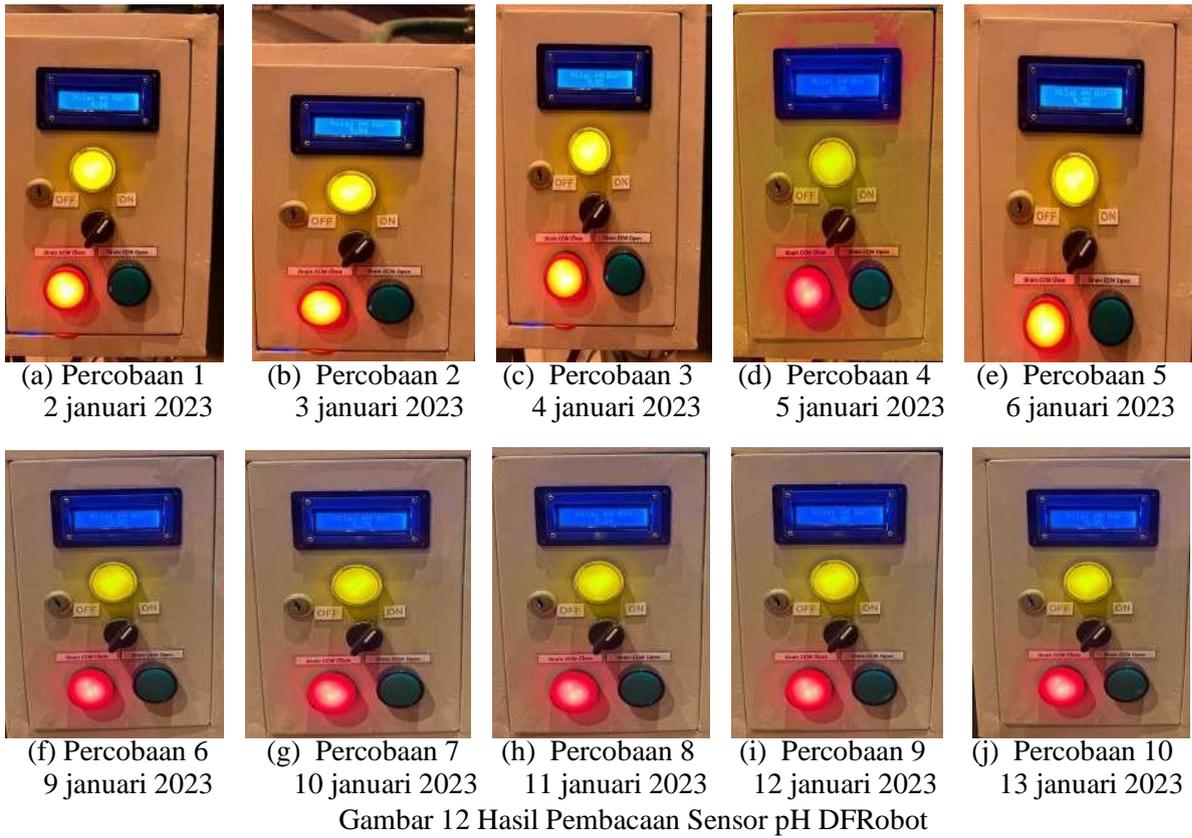
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}}$$

Dimana : A_t = Nilai data Aktual, F_t = Nilai hasil peramalan,
 N = Banyaknya data, \sum = Summation (Jumlahkan keseluruhan nilai)

Dimana dilakukan menggunakan 4 larutan uji dengan jumlah *Square Error* yang didapatkan sebesar 0.05 dan hasil tersebut juga mendapatkan nilai *Root Mean Squared Error (RSME)* sebesar 0.11. Dengan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa sensor pH DFRobot tidak menjauhi dari aslinya baik dari sisi sensor pH standar ataupun kertas lakmus.

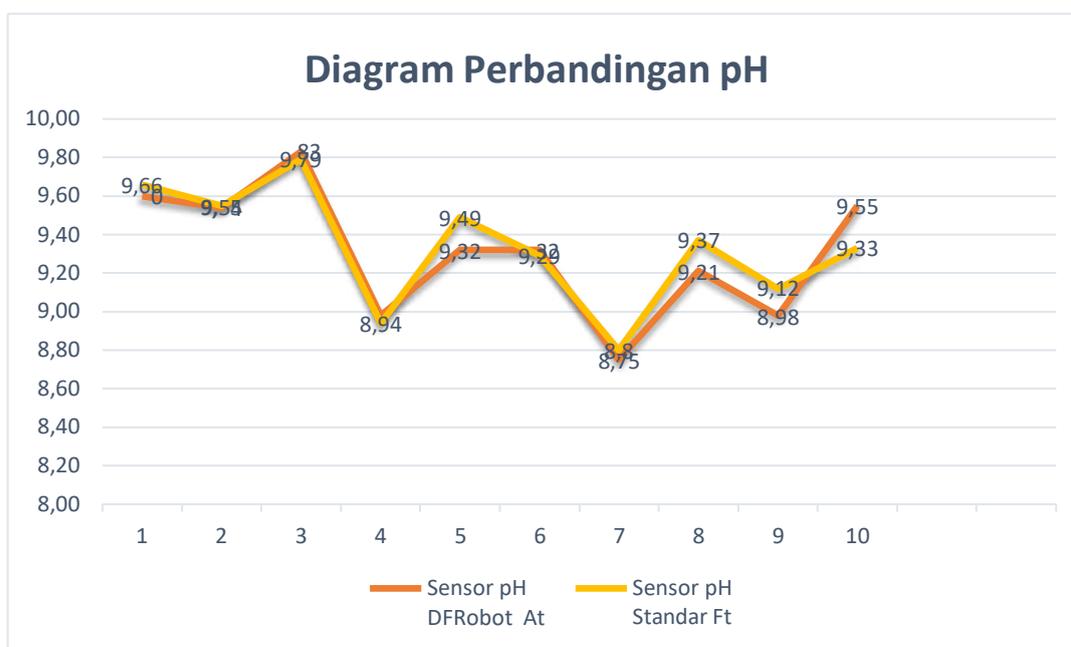
3.3 Pengujian Sensor

Proses selanjutnya yaitu pengujian hasil pembacaan sensor pH DFRobot dimana selanjutnya hasil pembacaan akan dilakukan dalam rentang waktu tertentu sesuai pada saat operator sampling, disini dimulai dari 2-6 januari 2023 dan 9-13 januari 2023. Sampling dilakukan dengan membandingkan pembacaan data menggunakan sensor pH standar. Hasil Pengujian dapat dilihat pada gambar 12 untuk sensor pH DFRobot dan 13 untuk sensor pH standar berikut :



Tabel 3 Hasil Perbandingan sensor pH DFRobot dan sensor pH Standar

Perbandingan Hari Ke-	Pengujian Sensor pH			
	Sensor pH DFRobot	Sensor pH Standar	Error	Square Error
1 (2 januari 2023)	9,60	9,66	-0,06	0,00
2 (3 januari 2023)	9,54	9,55	-0,01	0,00
3 (4 januari 2023)	9,83	9,79	0,04	0,00
4 (5 januari 2023)	8,98	8,94	0,96	0,92
5 (6 januari 2023)	9,32	9,49	-0,17	0,03
6 (9 januari 2023)	9,32	9,29	0,03	0,00
7 (10 januari 2023)	8,75	8,80	-0,05	0,00
8 (11 januari 2023)	9,21	9,37	-0,16	0,03
9 (12 januari 2023)	8,98	9,12	-0,14	0,02
10 (13 januari 2023)	9,55	9,33	0,22	0,05
Jumlah Square Error				0.13
Jumlah Data				10
Root Mean Squared Error (RMSE)				0.12



Gambar 14 Diagram Perbandingan sensor pH DFRobot dan sensor pH Standar

Tabel 3 merupakan hasil perbandingan sensor pH DFRobot dan pH Standar. Dilihat dari hasil pembacaan jumlah nilai *Square Error* yang didapatkan sebesar 0.13 dan nilai *Root Mean Squared Error (RSME)* sebesar 0.12. Dapat dikatakan bahwa hasil pembacaan sensor pH DFRobot berfungsi mendeteksi tingkat keasaman dengan cukup baik, karena pembacaan yang tidak jauh beda dengan sensor standar, toleransi kesalahan (*error*) sensor pH DFRobot juga tidak berbanding jauh dari pH standar, karena kurang dari 1 persen.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat pH meter yang digunakan adalah jenis Sensor pH DFRobot berbasis Arduino dimana dirancang dapat digunakan untuk membantu dalam melakukan pengukuran kadar pH air.
2. Pada saat pengkalibrasian sensor pH DFRobot, sensor standar, dan kertas lakmus. Dilakukan menggunakan 4 larutan uji yaitu larutan *buffer 4* (asam), larutan *buffer 7* (netral), larutan *buffer 10* (basa) dan larutan air bersih. Didapatkan Hasil pembacaan yang tidak jauh berbeda, dimana jumlah *Square Error* yang didapatkan sebesar 0.05 dan nilai *Root Mean Squared Error (RSME)* sebesar 0.11.
3. Implementasi sistem *control* dan *monitoring* pH secara otomatis menggunakan sensor pH DFRobot mampu Menjaga dan Meningkatkan Kualitas Sistem Air Pendingin CCW (*Close Cooling Water*) dengan hasil yang didapatkan dari beberapa hari percobaan yang dilakukan, hasilnya tidak jauh beda dengan alat pembanding (sensor standar) dimana hasil selisih antara sensor pH DFRobot dengan pH standar kurang dari 1 dan *Root Mean Squared Error (RSME)* sebesar 0.12.

5. SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, adapun beberapa saran untuk peningkatan yang dapat dipertimbangkan dan dikembangkan lebih lanjut yaitu :

1. Karena dalam penelitian ini penulis hanya menggunakan sensor pH DFRobot atau sensor air saja, diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan sensor-sensor lainnya seperti sensor suhu air, dll.
2. Untuk penggunaan sensor berikutnya diharapkan untuk memilih sensor yang memiliki kualitas yang lebih bagus lagi agar pembacaan tidak berbeda jauh dengan alat pembanding karena pembacaan sensor ini terkadang tidak stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Mufida, R. S. Anwar, and R. A. Khodir, "S Perancangan Alat Pengontrol pH Air Untuk Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Uno," 2020, [Online].
- [2] I. P. Yoga, K. S. Wibawa, and I. M. Agus, "Perancangan PH Meter Dengan Sensor PH Air Berbasis Arduino," *J. Unud*, vol. 3 no. 2 Agustus 2022
Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jitter/article/view/86231>
- [3] DFRobot, "Data Sheet Sensor PH Meter (SKU:SEN0161)," 2017, [Online].
Available: <https://www.application-datasheet.com/pdf/dfrobot/sen0161.pdf>
- [4] M. Taufik, "Pengisian Baterai Otomatis Menggunakan Solar Tracking System Via Short Message Service (SMS)," Politenik Negeri Sriwijaya, 2017.
- [5] T. Handson, "Data Sheet Modul Relay," 2017, [Online].
Available: <https://www.handsontec.com/dataspecs/4Ch-relay.pdf>
- [6] D. Elektronika, "Tentang *Liquid Crystal Display (LCD)*," 2022, [Online].
Available: <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/>
- [7] F. Djuandi, Pengenalan Arduino. 2011.

- [8] H. R. Fajrin, U. Zakiyyah, and K. Supriyadi, "Alat Pengukur Ph Berbasis Arduino," *Med. Tek. J. Tek. Elektromedik Indones.*, vol. 1, no. 2, 2020, doi: 10.18196/mt.010207.
- [9] H. R. Iskandar, D. I. Saputra, and H. Yuliana, "Eksperimental Uji Kekeruhan Air Berbasis Internet of Things Menggunakan Sensor DFRobot SEN0189 dan MQTT Cloud Server," *J. Umj*, no. Sigdel 2017, pp. 1–9, 2019, [Online].
Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/download/5164/3444>.
- [10] Pertamina (Persero), "Energia Weekly 11 November 2019," no. 45, p. 20, 2019.
-