

Rancang Bangun Sistem Kendali Nilai Klorin pada Kandungan Air Laut Menggunakan Metode Fuzzy Logic

Dimas Bagas Wicaksono¹, Dimas Adiputra^{2*}, dan Isa Hafidz^{3*}

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Telkom Surabaya, Surabaya, Indonesia

* Korespondensi: adimas@ittelkom-sby.ac.id dan isa@ittelkom-sby.ac.id

Abstrak: Populasi manusia yang terus meningkat termasuk di Indonesia menyebabkan peningkatan konsumsi energi listrik. Salah satu pembangkit listrik di Indonesia adalah PT. Pembangkit Jawa Bali (PJB), yang merupakan anak perusahaan dari PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN). Beberapa proses untuk mendapatkan energi listrik yaitu ada pretreatment, demineralization, dan salah satunya ada proses desalination plant. Desalination plant merupakan proses pengurangan kadar garam pada air laut yang akan diubah menjadi air tawar karena air laut yang menjadi air tawar akan digunakan untuk bahan baku memproduksi bahan baku PLTGU. Proses desalination plant di dalamnya terdapat proses antiscalant yang bertujuan untuk menghilangkan kadar klorin yang terdapat kandungan air laut. Kadar klorin hal yang perlu diperhatikan karena bisa merusak peralatan pembangkit lainnya. Proses antiscalant pada PT. Pembangkit Jawa Bali Unit Pembangkit Gresik untuk mengetahui kadar klorinnya masih dalam secara manual dengan cara pengambilan sampel dan dibawa ke dalam laboratorium untuk dideteksi berapa kadar klorin yang terdapat dalam air laut. Penghilangan kadar klorin bisa menggunakan pencampuran bahan kimia antara NaOH dan H₂O. Permasalahan pada proses antiscalant bisa digaris bawahi, bahwa untuk penelitian ini mengambil sistem kendali yang menggunakan metode Fuzzy Logic Mamdani. Sehingga dengan adanya metode tersebut bisa untuk melakukan pengendalian berapa banyak bahan kimia yang akan dituangkan ke dalam tangki secara otomatis, dan tidak melakukan secara manual dengan membawa sampel ke laboratorium serta hasil yang diperoleh bisa secara maksimal dan tidak merusak peralatan pembangkit.

Kata Kunci : Antiscalant; Desalinatin Plant; Fuzzy Logic; PT. PJB UP Gresik; PLTGU

1. Pendahuluan

Populasi manusia di Indonesia atau dunia semakin meningkat dan semakin berkembang, hal ini bisa diambil garis besar bahwa di dalam kehidupan pasti membutuhkan energi dan salah satunya yaitu energi listrik. Kegiatan sehari – hari baik di rumah tangga maupun industri memiliki kebutuhan energi listrik tinggi yang harus dipenuhi. Indonesia sendiri memiliki beberapa perusahaan BUMN yang bisa menghasilkan energi listrik, ada beberapa jenis pembangkit di Indonesia yaitu PLTA, PLTS, PLTU, PLTP, PLTSa, PLTBg, PLTBm, PLTB [1]. PT PJB UP Gresik merupakan sebuah perusahaan salah satu pembangkit listrik yang mencakup Jawa – Bali dan menghasilkan cukup sangat besar energinya, di dalam PJB UP Gresik ada tiga pembangkit yaitu PLTGU, PLTG, dan PLTU. PT PJB UP Gresik memiliki beberapa komponen yang untuk menggerakkan utama sebuah pembangkit yaitu ada pompa, boiler, generator, turbin, dan condenser [2]. Pada umumnya PT. PJB UP Gresik bahan utamanya menggunakan air laut dan penambahan gas alamnya ada dua yaitu High Speed Diesel (HSD) dan Marine Fuel Oil (MFO).

PLTGU merupakan pembangkit yang menggunakan gas uap dan memanfaatkan sebuah gas sebagai fluida untuk menggerakkan sebuah turbin dan membutuhkan bantuan kompresor dan alat

mesin pembakaran yang internal. Sebuah sistem PLTGU untuk menghasilkan listrik banyak melewati proses dan salah satunya yaitu desalination plant, desalination merupakan salah satu proses yang menghasilkan gas uap dengan cara air laut dipanaskan menggunakan boiler khusus. Air laut yang menjadi gas uap akan diubah menjadi air destilite, dan air destilite itu lah akan menjadi energi listrik. Akan tetapi sebelum melakukan dalam proses boiler, awalnya air laut masuk ke dalam proses antiscalant yang bertujuan menghilangkan buih – buih air laut dan menurunkan nilai klorin dan conductivitynya [3]. Proses antiscalant ini sangat penting sekali salah satunya juga untuk memelihara dan mengurangi risiko rusaknya alat tersebut. PT PJB UP Gresik sendiri untuk mengetahui nilai klorinnya sendiri masih menggunakan manual yaitu dengan pengambilan sampel pada air laut tersebut dan dibawa ke dalam laboratorium, setelah dibawa ke laboratorium akan dilanjutkan proses bahan kimia untuk pengurangan dalam nilai klorinnya. Maka dari itu muncullah ide untuk meningkatkan proses antiscalant ini dengan monitoring serta pengendalian penambahan bahan kimia menggunakan metode Fuzzy Logic. Adanya monitoring ini bisa mempermudah saat bekerja dan bisa melihat hasil keluarannya sudah maksimal atau belum. Selain itu adanya monitoring ini juga bisa membantu para penganalisis kandungan air laut tersebut, sehingga bisa lebih maksimal.

1. Pendahuluan

Fuzzy Logic merupakan cara penyelesaian dengan cara pengimplementasikan sebuah masalah ke dalam sebuah sistem, metode ini bisa digunakan untuk penggabungan dari perangkat keras ke perangkat lunak. Fuzzy logic ditemukan oleh Lutfi Zadeh pada tahun 1965, metode ini sangat mudah digunakan dan dipahami. Metode ini dalam menyelesaikan permasalahannya bisa memberikan keluaran yang lebih dekat dari hasil yang sesungguhnya, dan resistansi error sangat kecil sekali [4]. Himpunan memiliki anggota antara 0 sampai 1 dan biasanya disebutkan dengan himpunan kabur. Fuzzy Logic memiliki besaran nilai bisa dibilang benar dan salah secara bersama [5]. Fuzzy logic memiliki beberapa tahapan secara umum yaitu fuzzifikasi, mesin penalaran, aturan dasar, dan defuzzifikasi, serta pada penentuan fungsi keanggotaan bisa digambarkan dengan kurva segitiga, trapesium, dan bentuk bahu. Metode Mamdani yaitu metode ini sering disebut sebagai metode MaxMin. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Konsep tersebut terdiri dari empat langkah untuk mencapai hasil yang diinginkan yaitu pembentukan himpunan fuzzy, penerapan fungsi fuzzy implisit, perumusan aturan, dan penegasan. Metode ini untuk input dan output berupa himpunan fuzzy, metode ini juga menggunakan fungsi implikasi min dan agregasi max dan metode ini bisa disebut dengan metode min-max serta keluaran n pada sebuah aturan untuk metode ini bisa dipersamakan sebagai berikut:

$$\mu_{B^k}(y) = \max[\min[\mu_{A_1^k}(x_i)]]_k \quad (1)$$

Persamaan di atas menyatakan untuk $K = 1, 2, \dots, n$, A_1^k dan A_2^k menyatakan himpunan fuzzy pasangan anteseden ke- k , dan B^k adalah himpunan fuzzy konsekuen ke- k . Fuzzy Logic memiliki beberapa jenis yang biasanya digunakan antara lain sebagai berikut [6]:

1. Metode Tsukamoto merupakan metode yang memiliki konsep yang aturannya harus berkesinambungan dengan IF – THEN yang memiliki suatu himpunan fuzzy logic dan dipresentasikan dengan anggota bersifat monoton.
2. Metode Sugeno biasanya metode ini dibilang dengan metode untuk penalaran dan rule evaluation. Konsep pada metode Sugeno ini untuk bisa menghasilkan output tidak berkesinambungan dengan himpunan fuzzy. Metode ini terdiri dari dua jenis yaitu model Fuzzy Sugeno Orde – Nol dan secara umum bentuk model ini sebagai berikut:

$$IF(X1 \text{ is } A1) o \dots o(XN \text{ is } AN), z = k \quad (2)$$

Jika x_1 adalah A_1 dan X_N adalah A_N maka z adalah K . Model *Fuzzy Sugeno Orde – Satu* memiliki model secara umum sebagai berikut:

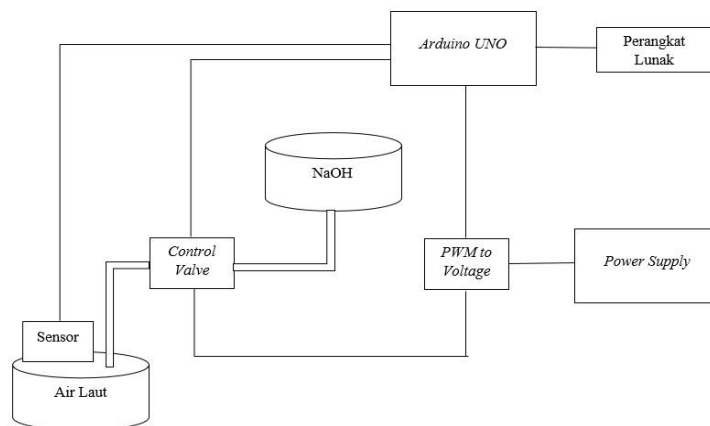
$$IF(X1 \text{ is } A1) o \dots o(XN \text{ is } AN), z = p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q \quad (3)$$

Jenis – jenis *fuzzy logic* yang sering digunakan oleh penelitian lainnya ada beberapa kekurangan dan kelebihan sendiri, dan jenis *fuzzy logic* yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu berjenis Mamdani. Tipe jenis ini sangat sering digunakan karena ada dapat dipahami oleh orang baru yang sedang belajar *fuzzy logic* Mamdani, *fuzzy logic* jenis ini menggunakan sistem area dalam pemrosesan nilai keluaran dengan nilai aslinya sehingga nilainya hampir dikatakan mendekati. Mamdani menggunakan rumus integral sedangkan dalam aplikasi Matlab sudah ada rumus integral dan pengguna *fuzzy logic* hanya memasukkan nilainya saja ke dalam aplikasi Matlab. Sedangkan pada Sugeno memiliki kekurangan pada *outputnya*, karena *outputannya* bukan areaa tetapi singleton sehingga tidak sesuai untuk kendali kadar klorin pada air laut.

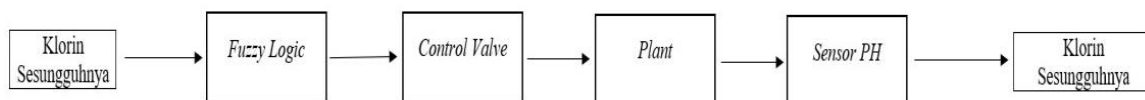
2. Metode dan Pemodelan

2.1. Perancangan Hardware dan Software

Melakukan proses penelitian memerlukan sebuah perancangan *hardware* seperti pada gambar 1. Pada perancangan *hardware* ini memerlukan berbagai komponen antara lain yaitu *Arduino UNO*, *PWM to Voltage*, *Control Valve*, *Power Supply*, Cairan $NaOH$, dan Sensor pH. Untuk sistem kerja pada *hardware* ini yaitu sensor pH mendeteksi pada kandungan air laut yaitu kadar asam pH, kemudian data yang diterima akan melakukan sebuah pemrosesan logika pada *control valve* yang sudah diatur menggunakan logika *fuzzy logic*. Selain perancangan pada *hardware* pada penelitian ini juga melakukan perancangan *software* dari topik yang diambil judul penelitian ini seperti yang tertera pada gambar 2.



Gambar 1. Perancangan Hardware

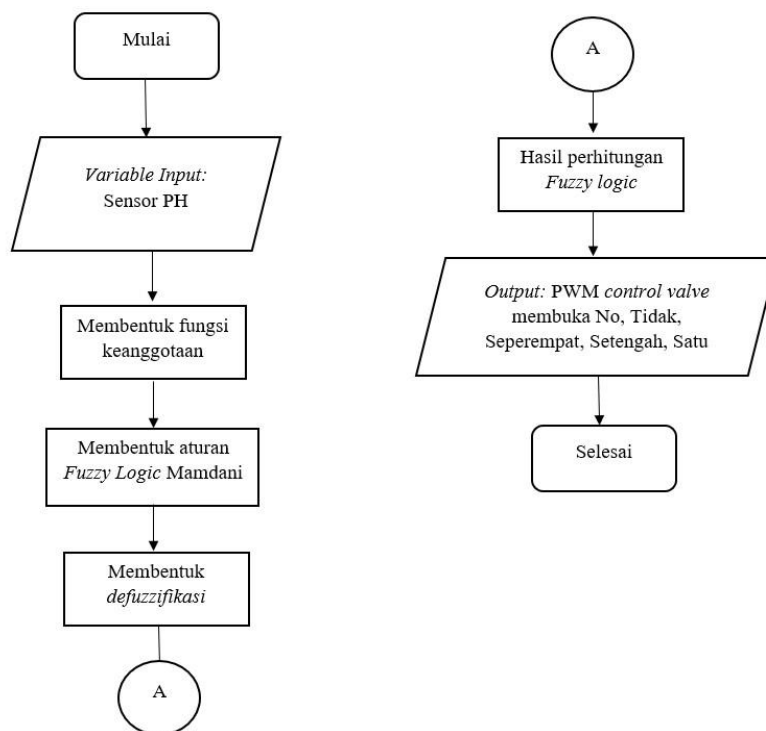


Gambar 2. Blok Diagram Sistem Alur Kendali

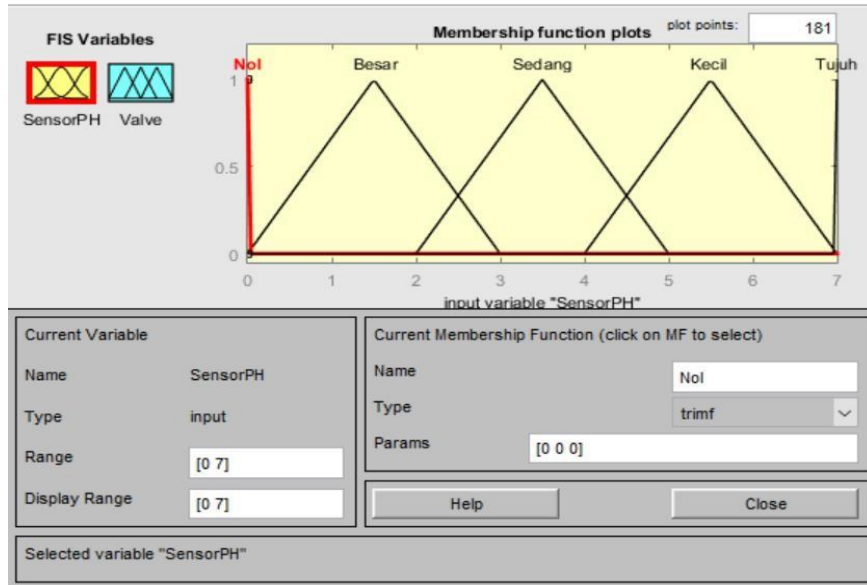
Data klorin atau asam pH yang diperoleh dari pembacaan sensor akan melakukan sebuah proses penambahan bahan kimia untuk mengurangi kadar klorin dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic*. Setelah melakukan perhitungan akan dilanjutkan dengan pembukaan *control valve* yang di dalamnya sudah di *coding* di *arduino* dan *control valve* akan secara otomatis membuka berapa persen bahan kimia yang akan ditambahkan di air laut. Waktu proses pencampuran bahan klorin akan dilakukan selama beberapa menit serta dideteksi lagi oleh sensor pH untuk memantau kadar nilai klorinnya yang keluar, keluarannya merupakan kadar klorin sesungguhnya. Air laut yang akan ditambahkan bahan kimia dihitung terlebih dahulu menggunakan *Fuzzy logic Mamdani* untuk mengetahui berapa banyak kandungan bahan kimia yang akan ditambahkan.

2.2. Metode Fuzzy Logic Mamdani

Metode *Fuzzy Logic Mamdani* harus menentukan nilai *variable input* Sensor PH dan *variable output Valve*. Kemudian melanjutkan sebuah proses pembentukan fungsi keanggotaan dan pembentukan aturan dari *fuzzy logic Mamdani*, setelah itu melanjutkan sebuah proses *defuzzifikasi* dan menghasilkan sebuah hasil perhitungan *Fuzzy logic*. Keluaran dari proses ini yaitu berupa pembukaan PWM *control valve* ketika penambahan bahan kimia. Alur metode ini seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Metode Fuzzy Logic Mamdani



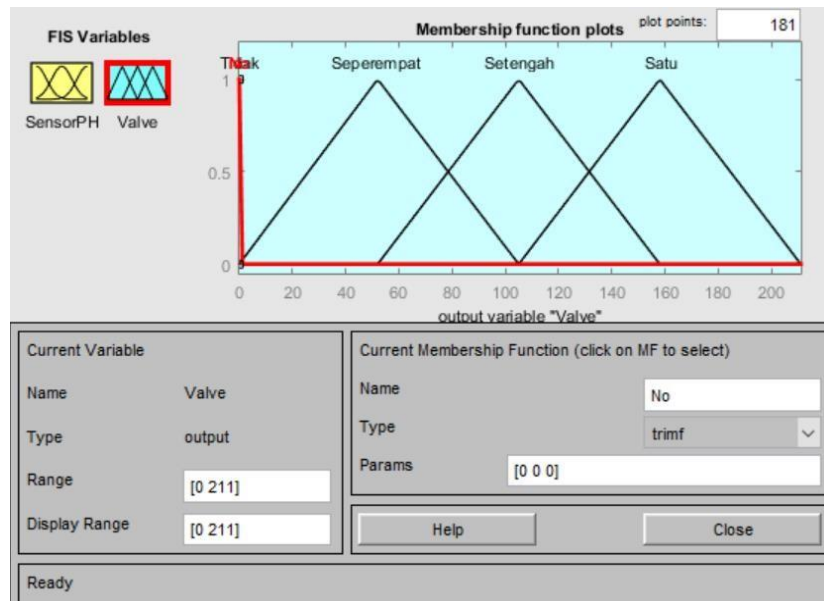
Gambar 4. Himpunan *Input* Sensor pH

Variabel *input* Sensor pH yang berfungsi sebagai pendeteksi dan mengategorikan 5 himpunan data yang diperoleh Nol, Besar Sedang, Kecil, dan Tujuh dengan *range* 0 sampai 7, bisa ditunjukkan pada gambar 4. Himpunan Nol mempunyai *paramater* [0 0 0], himpunan besar [0 1.5 3] yang memiliki arti golongan ini mendeteksi pH nilai 0 sampai 3. Himpunan Sedang [2 3.5 5] yang memiliki arti golongan ini mendeteksi pH nilai 2 sampai 5. Himpunan Kecil [4 5.5 7] yang memiliki arti golongan ini mendeteksi pH nilai 4 sampai 7, sedangkan pada himpunan Tujuh [7 7 7] memiliki arti golongan pada saat pendeteksian air laut hanya mendeteksi nilai 7.

Dalam menggunakan metode Fuzzy, ada urutan logika yang digunakan. Dampaknya bisa menghasilkan *outputan* yang sesuai dengan *inputan*, *rule membership functon* bisa ditunjukkan pada tabel 1. Dari urutan logika pada *fuzzy logic* diketahui untuk sensor pH mendeteksi nilai nol, maka kontrol *valve* mengeluarkan sinyal tidak. Apabila sensor pH mendeteksi himpunan besar, maka sinyal dari *output fuzzy* mengeluarkan perintah satu. Kemudian pada *input* sensor pH mendeteksi himpunan sedang, maka sinyal yang keluar yaitu berupa setengah. Selain itu, untuk sensor pH ketika mendeteksi himpunan kecil maka akan mengeluarkan sinyal *output* berupa perintah seperempat. Sedangkan sensor pH mendeteksi sinyal *input* Tujuh atau sensor pH mendeteksi nilai tujuh, maka *output* yang keluar berupa perintah no atau *valve* menutup secara keseluruhan.

Tabel 1. Rule Memberhip Function

No.	Rule	
	If pH	Then Valve
1	Nol	Tidak
2	Kecil	Seperempat
3	Sedang	Setengah
4	Besar	Satu
5	Tujuh	No

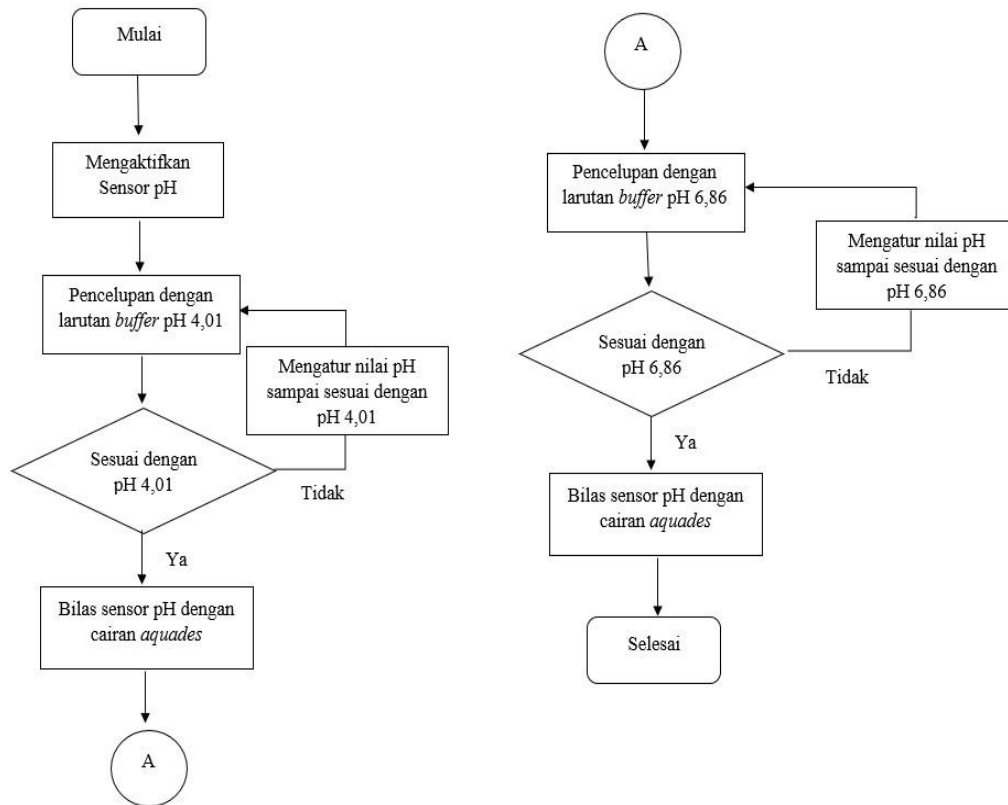


Gambar 5. Himpunan Output Valve

Variabel *output Valve* merupakan *control valve* yang berfungsi memberikan pembukaan *valve* berapa besar PWMnya ketika pembacaan sensor memberikan himpunan Nol, Besar Sedang, Kecil, dan Tujuh. Variabel ini mengategorikan 5 himpunan yaitu himpunan Tidak memiliki *parameter* [0 0 0] sebagai penerima *inputan* dari himpunan Nol. Himpunan Seperempat memiliki *parameter* [0 52 105] atau nilai PWM 0 sampai PWM 105 sebagai penerima *inputan* dari himpunan Kecil. Himpunan Setengah memiliki *parameter* [52 105 158] atau nilai PWM 52 sampai PWM 158 sebagai penerima *inputan* dari himpunan Sedang. Himpunan Satu memiliki *parameter* [105 158 211] atau nilai PWM 105 sampai PWM 211 sebagai penerima *inputan* dari himpunan Besar. Himpunan No memiliki *parameter* [0 0 0] sebagai penerima *inputan* dari himpunan Tujuh. Himpunan *output valve* bisa ditunjukkan pada gambar 5 dan himpunan ini memiliki *range* 0 sampai 211. Pada himpunan ini dibagi menjadi 3 himpunan utama yaitu ada Seperempat, Setengah, dan Satu. Nilai parameter pada himpunan tersebut dibagi atas dasar dari pembagian nilai anggota himpunan dari *inputan* pada sensor pH.

2.3 Langkah Validasi Sensor pH

Sensor pH sebelum dan sesudah digunakan harus dikalibrasi terlebih dahulu agar pembacaan waktu pengujian di air laut bisa akurat. Kalibrasi dilakukan dengan dua cara yaitu minimal menggunakan dua cairan *buffer* dengan skala pH 4,01, pH 6,86, atau pH 9,18. Hal ini dikarenakan larutan *buffer* merupakan zat yang bersifat penyangga yang terdiri dari sifat asam dan basa sehingga sensor pH bisa memiliki referensi yang akurat. Alur validasi sensor bisa ditunjukkan pada gambar 6. Langkah awal untuk memvalidasi adalah mengaktifkan sensor pH terlebih dahulu, kemudian memvalidasi larutan *buffer* yang pertama dengan pH 4,01. Jika tidak sesuai perbaiki sensor dengan cara memutar pada alat tersebut dengan obeng kecil hingga mencapai nilai pH 4,01 sesuai larutan *buffer* yang pertama, apabila sudah sesuai sensor langsung dibilas dengan cairan *aquades* kemudian keringkan sensornya. Setelah itu lakukan validasi lagi dengan cairan *buffer* yang memiliki nilai 6,86 apabila tidak sesuai perbaiki sensor dengan cara memutar pada alat tersebut dengan obeng kecil hingga mencapai nilai pH 6,86 sesuai dengan larutan *buffer* yang kedua. Jika sesuai, bilas lagi dengan cairan *aquades* dan keringkan sensor kemudian sensor siap digunakan dengan hasil yang akurat.



Gambar 6. Flowchart Memvalidasi Sensor pH

4. Hasil dan Analisa

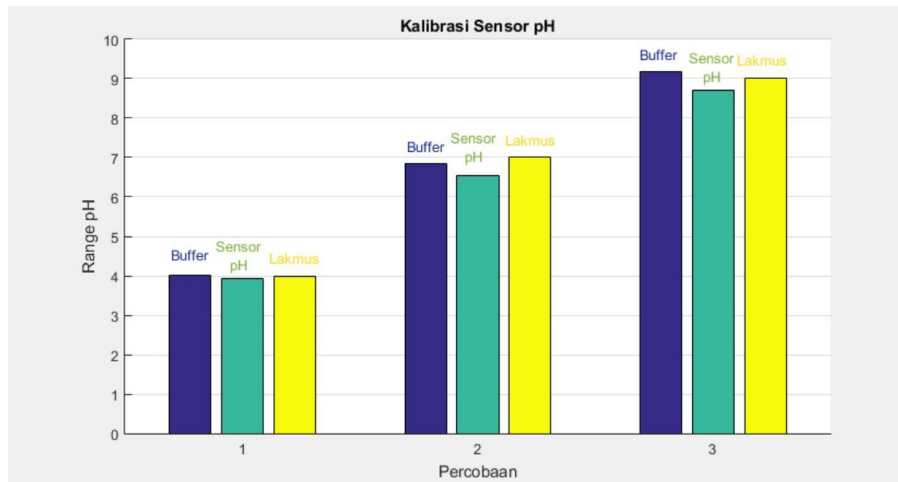
4.1. Kalibrasi Sensor pH dengan Lakmus pada Buffer

Pengkalibrasian menggunakan cairan *aquades* 250 ml sebagai pencampuran serbuk *buffer*, karena cairan *aquades* memiliki air netral. Maka bisa diambil perbandingan serta mencari persentase *error* apakah sensor pH alat bisa digunakan dengan baik apa tidak. Mencari sebuah perhitungan *error* menggunakan rumus nilai ketetapan dari pH *buffer* dikurang dari pembacaan sensor pH alat dan dibagi dengan nilai ketetapan pH *buffer*, kemudian dikali dengan 100% dan hasilnya seperti pada tabel 2.

Hasil dari tabel 2 bisa diketahui untuk hasilnya pembacaan sensor pH dengan uji lakmus tidak terlalu jauh setiap nilai *buffer*. Sedangkan pada persentase *error* untuk nilai *buffer* bernilai 6,71%, akan tetapi tidak terlalu mempengaruhi hasilnya karena bisa ditoleransi dan untuk hasil grafiknya bisa dilihat pada gambar 7 yang grafiknya bisa dibilang stabil.

Tabel 2. Hasil Data Kalibrasi Sensor pH

<i>Buffer</i>	Sensor PH	Lakmus	<i>Error (%)</i>
4,01	3,92	4	2,00
6,86	6,53	7	6,71
9,18	8,72	9	3,11



Gambar 7. Hasil Grafik Data Kalibrasi

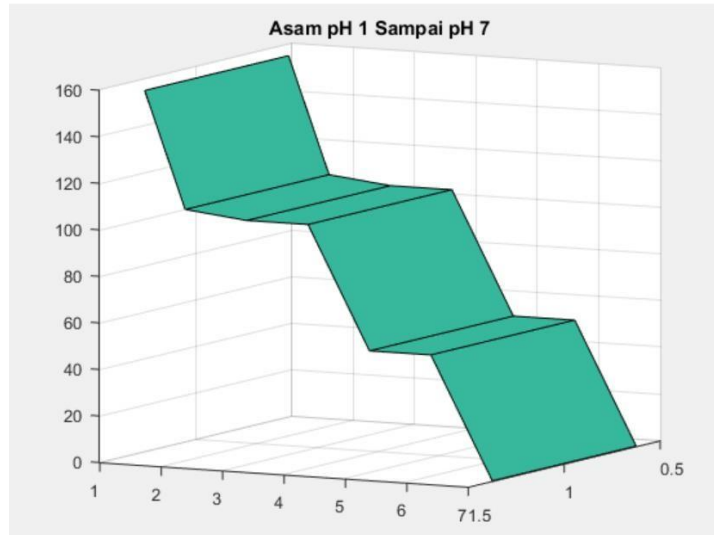
4.2. Hasil Pengujian Alat

Pada pengujian ini yaitu melakukan sebuah percobaan dengan mengambil beberapa sampel pH yang nanti akan dilakukan penambahan bahan kimia NaOH yang memiliki pH 12 secara otomatis, dengan cara membuka PWM *control valve* yang telah diatur. Hasil data yang diperoleh dari uji coba dengan pH air laut 1,34 bisa disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan tabel 3 bisa dilihat, air laut yang berkadar pH 1.34 bisa menjadi pH 7 memakan waktu sebanyak 12 detik. Ketika asam pH 1,34 PWM langsung membuka sebesar 158 dan ketika sensor pH berubah menjadi 2, maka PWM langsung turun menjadi 108. Pada saat sensor mendeteksi pH 3 dan pH 4 membutuhkan waktu selama 7 detik dan PWM turun menjadi 105, dan ketika sensor pH membaca 6 PWM membuka sebesar 52,4 dan memerlukan waktu sebanyak 10 detik. Pada saat sensor pH mendeteksi 7 maka *control valve* langsung menutup atau PWMnya 0, PWM turun dikarenakan mengikuti fungsi keanggotaan dari *fuzzy logic*. Perubahan grafik PWM ketika 158 sampai 0 bisa dilihat pada gambar 8.

Tabel 3. Hasil Uji Coba pH 1,4 Sampai pH 7

Asam pH	Waktu	Pembacaan Sensor	PWM	Tegangan (V)	Error (%)
1,34	0	1,34	158	7,5	80,8
	3	2	108	5,1	71,4
	5	3	105	5	57,1
	7	4	105	5	42,8
	8	5	52,4	2,3	28,5
	10	6	52,4	2,3	14,2
	12	7	0	0	0



Gambar 8. Hasil Grafik PWM pada pH 1,34 Sampai pH 7

Table 4. Hasil Uji Coba pH 3,4 Sampai pH 7

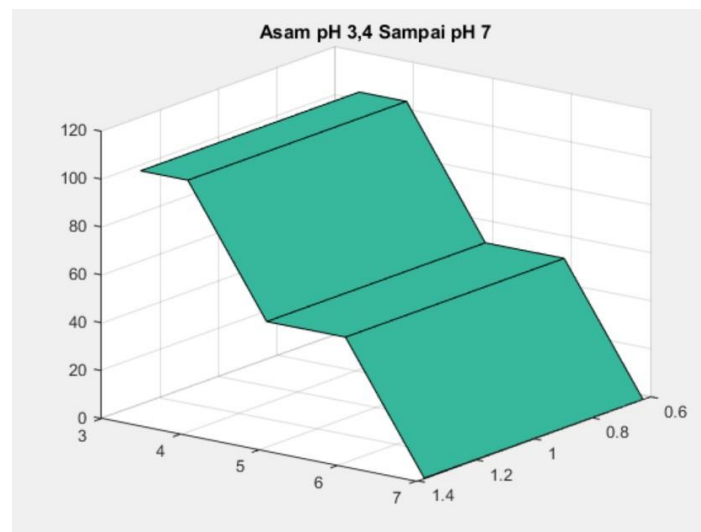
Asam pH	Waktu	Pembacaan Sensor	PWM	Tegangan (V)	Error (%)
3,4	0	3,4	105	5	51.4
	3	4	105	5	42.8
	5	5	52,4	2,3	28.5
	8	6	52,4	2,3	14.2
	10	7	0	0	0

Untuk persentase *error* dari pH 1 sampai 7 bisa dilihat penurunannya yang sangat stabil dan persentase tersebut ditujukan pada nilai pH netral yaitu tujuh, sedangkan setiap nilai pH memiliki nilai persentase *error* berbeda dan nilai pH 1 memiliki persentase *error* yang sangat besar maka ketika nilai pH naik atau asam pH mengecil maka persentase *error* mengecil seperti pada nilai pH 6 memiliki persentase *error* 14,2% dari nilai pH netral. Nilai tegangan pada percobaan ini memiliki nilai awal yaitu 7,5v dan menurun sampai 0v karena mengikuti dari pembukaan PWM pada *valve* awal yaitu 158 sampai 0.

Hasil data yang diperoleh dari uji coba dengan pH air laut 3,40 bisa disajikan pada tabel 4. Diketahui hasil data pembacaan sensor pada uji coba asam awal dengan nilai pH 3,4 sampai mendapatkan hasil netral membutuhkan waktu pencampuran selama 10 detik. Pada saat asam pH 3,4 PWM pada *control valve* membuka sebesar 105, kemudian setelah berjalan 3 detik kadar pH berubah menjadi 4 serta PWM tetap membuka 105. Pada detik ke 5 sensor pH mendeteksi air laut menjadi asam pH 5 dan PWM turun sampai 52,4, sedangkan proses pencampuran selama 8 detik

PWM tetap membuka 52,4 karena pembacaan sensor masih dikategori asam yaitu 6. Akan tetapi detik ke 10 pembacaan sensor pH mendeteksi menjadi 7 dan PWM pada *control valve* langsung menutup atau 0. Bisa dilihat grafik proses kendali PWM dari 105 sampai 0 pada gambar 9. Hasil data yang diperoleh dari uji coba dengan pH air laut 5,88 bisa disajikan pada tabel 5.

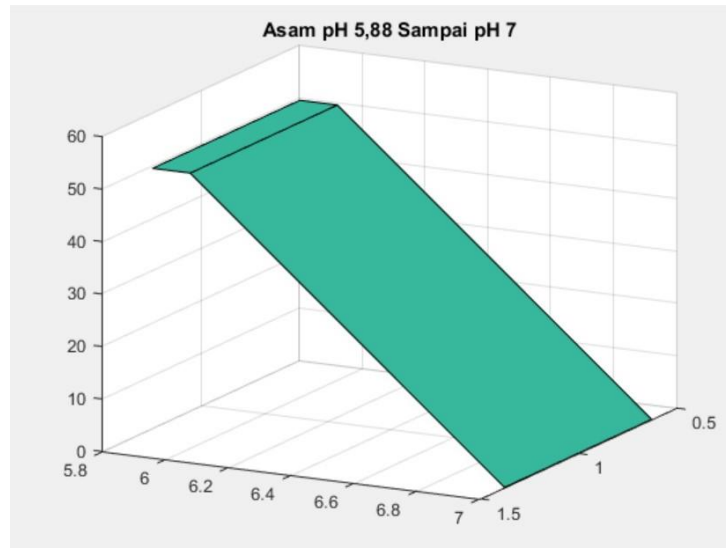
Diketahui uji coba yang diambil yaitu asam pH 5,88 dan untuk mendapatkan nilai netral atau basa cukup memakan waktu selama 4 detik. Pada 2 detik selama pencampuran air laut menghasilkan nilai pH 6 dan PWM yang dibuka sebesar 52,4, kemudian nilai pH pada saat 7 hanya memakan waktu selama 4 detik serta PWM langsung menutup menjadi 0. Grafik kendali PWM pada pH 5,88 sampai pH 7 bisa dilihat pada gambar 10.



Gambar 9. Hasil Grafik PWM pada pH 3,4 Sampai ph 7

Table 5. Hasil Uji Coba pada pH 5,88 Sampai pH 7

Asam pH	Waktu	Pembacaan Sensor	PWM	Tegangan (V)	Error (%)
	0	5,88	52,4	2,3	16
5,88	2	6	52,4	2,3	14.2
	4	7	0	0	0



Gambar 10. Hasil Grafik PWM pada pH 5,88 Sampai pH 7

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian ini bisa ditarik kesimpulan terhadap pengamatan serta hasil datanya yaitu untuk kalibrasi sensor menggunakan cairan *aquades* karena cairan ini memiliki pH netral, apabila menggunakan air aqua, PDAM dan sejenisnya maka kalibrasinya kurang sempurna. Kemudian pada persentase *error* pada kalibrasi asam bisa dikatakan cukup standar karena tidak memiliki perbedaan yang sangat jauh yaitu untuk pH 4 memiliki *error* 2%, pH 6.86 memiliki *error* 6,71%, dan pH 9,18 memiliki *error* 3,11%. Selain itu untuk *input* dan *output fuzzy logic* pada *arduino* untuk keanggotaannya harus sama jumlahnya, apabila berbeda jumlah keanggotaannya maka program *arduino* tidak bisa berjalan. *Control valve* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki PWM maksimal 211 dan tegangan maksimalnya 10 volt, jika PWM di atas 211 maka PWM akan menutup total. Sedangkan pada PH NaOH pada saat pencampuran terhadap air laut juga sangat mempengaruhi karena nilai pH NaOH menentukan berapa lama proses reaksi penurunan kadar klorinnya. Kadar klorin bisa dibuat dengan *paramater* pH asam, karena kimia asam juga memiliki kandungan klorin yang bisa menyebabkan korosi pada perlatan besi dan sejenisnya.

Referensi

1. N. Yuniarti, "Modul Pembelajaran Pembangkit Tenaga Listrik," *Jur. Pendidikan Tek. Elektro FT. Univ. Negeri Yogyakarta*, pp. 26–39, 2019. Author 1, A.; Author 2, B. Title of the chapter. In *Book Title*, 2nd ed.; Editor 1, A., Editor 2, B., Eds.; Publisher: Publisher Location, Country, 2007; Volume 3, pp. 154–196.
2. Sutrisno and M. R. Efendi, "Analisa Pengaruh Temperatur Air Laut Terhadap Efisiensi Pendinginan Pada Cooling Water Heat Exchanger Di PLTU Unit 1 PT. PJB UP GRESIK," vol. 07, pp. 65–81, 2018.
3. I. W. Putri, "Analisis efisiensi desalinasi unit 1 b pt. pembangkit jawa bali up. muara karang," p. 114, 2010.
4. H. Suprpto and P. Simanjuntak, "Fuzzy Logic Untuk Memprediksi Pemakaian Listrik," *Comasie*, vol. 02, 2020.

5. S. Batubara, "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Dan Fuzzy Sugeno Untuk Penentuan Kualitas Cor Beton Instan," *It J. Res. Dev.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2017, doi: 10.25299/itjrd.2017.vol2(1).644.
6. N. P. D. Fadhilah Azmi, Insidini Fawwaz, Muhathir, "Rancang Bangun Water Level Detection Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Fuzzy Logic Design," *JITE (Journal Informatics Telecommun. Eng. Available)*, vol. 3, no. 1, pp. 62–68, 2019.



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).