

Implementasi Kontrol Sudut Buka *Valve* Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* pada Proses Pencampuran *Water Coolant*

Waluyo Bayu Abdillah, Imam Wahyu Farid, dan Ciptian Wieried Priananda
Departemen Teknik Elektrok Otomasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: wahyu@ee.its.ac.id

Abstrak—Proses pencampuran pra pemakaian *water coolant* memiliki standar yang berbeda pada setiap fungsi dan kegunaan. Pencampuran secara konvensional dilakukan secara manual oleh tangan manusia dan diukur menggunakan alat ukur analog untuk mengetahui kadar konsentrasi komposisi *coolant*. Penelitian ini membuat implementasi tentang pembuatan sistem pencampuran *water coolant* otomatis dengan komposisi air dan bijih *coolant* secara otomatis dengan menggunakan piranti mikrokontroler. Konsentrasi *water coolant* yang dimaksud adalah sebesar 5% kadar bijih *coolant* tercampur. Dalam menentukan sudut buka *valve/* kran sebagai jembatan aliran bijih *coolant* menuju proses pencampuran digunakan metode Fuzzy Logic yang diaktualisasikan pada motor servo DC dengan input data diambil dari hasil pembacaan sensor salinitas. Dari percobaan yang telah dilakukan menyatakan bahwa metode fuzzy dapat digunakan untuk mengontrol derajat buka *valve* dengan baik. Namun secara keseluruhan hasil yang didapatkan dari percobaan masih belum mendapatkan hasil yang maksimal. Dari percobaan yang telah dilakukan, *error* terkecil yang berhasil dicapai masih bernilai 20%. Walau sudah memenuhi standar minimal, namun masih perlu adanya peningkatan kinerja sistem. Maka dari itu perlu adanya pengembangan dan evaluasi terhadap sistem lebih lanjut agar sistem dapat berjalan lebih baik.

Kata Kunci—Fuzzy Logic, Mikrokontroler, Otomatis, Pencampuran, *Water Coolant*.

I. PENDAHULUAN

BAB ini berisi menjelaskan tentang latar belakang dan juga tujuan dari penelitian yang dilakukan. Di dalam latar belakang mengandung beberapa referensi yang digunakan sebagai referensi dilakukannya penelitian.

A. Latar Belakang

Pencampuran dan penggunaan *water coolant* yang tidak sesuai standar akan dapat menimbulkan kerusakan yang dapat mengakibatkan kerugian baik pada mesin operasi ataupun pada material aluminium yang sedang diproses oleh mesin tersebut. Kondisi *water coolant* yang tidak sesuai diindikasikan dari beberapa aspek pengukuran yakni pH, konsentrasi, serta kebersihannya. Akibat dari penggunaan *water coolant* yang tidak sesuai standar salah satunya adalah menimbulkan adanya percepatan korosi pada mesin operasi yang digunakan [1].

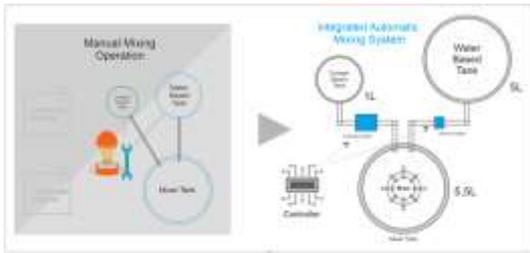
Studi kasus yang diambil adalah pengoperasian *water coolant* dengan menggunakan mesin CNC pada sebuah perusahaan pesawat terbang di Indonesia. *Water coolant* dipakai pada proses produksi sebagai bahan pelumasan atau pelumas serta pendingin antara cutter CNC dengan part aluminium agar menghasilkan produk yang baik.

Water coolant memiliki kriteria atau spesifikasi khusus untuk setiap mesin produksi atau kebutuhan khusus lain. Spesifikasi yang dimaksud adalah kadar konsentrasi bijih *coolant* tercampur. Perlu diketahui bahwa pencampuran *water coolant* ini biasanya menggunakan dua komposisi berupa bijih *coolant* dengan air (H₂O). Namun tidak menutup kemungkinan terdapat pencampuran dengan komposisi lain.

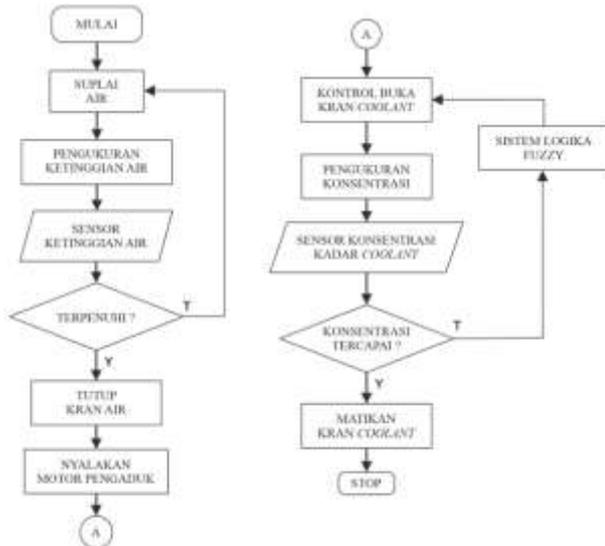
Proses pencampuran pra-pemakaian *water coolant* pada tempat studi kasus ini dilakukan masih menggunakan cara konvensional yakni menggunakan tenaga manusia, dan mungkin banyak perusahaan lain juga yang menggunakan cara serupa. Penelitian ini memaparkan tentang pembuatan sistem pencampuran *water coolant* otomatis dengan memanfaatkan metode fuzzy logic dengan menggunakan piranti mikrokontroler.

Adapun pada penelitian ini penulis mengambil berbagai sumber mengenai guna dijadikan referensi penelitian. Beberapa sumber batu pijakan dalam mengambil pengetahuan yang mana dijelaskan sebagai berikut:

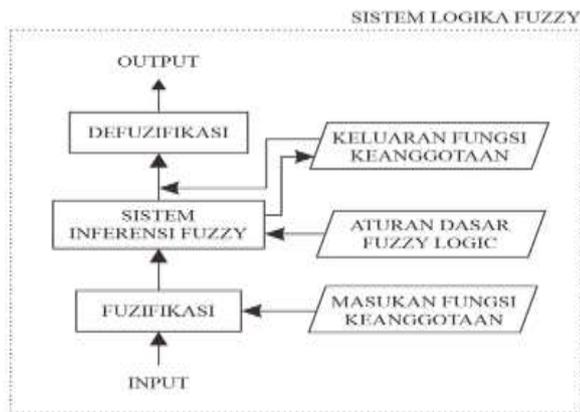
1. Dalam SICE-ICASE International Joint Conference 2006 dengan judul “*DC Motor Speed Control using Fuzzy Logic based on LabVIEW*” dimana penelitian yang dilakukan adalah melihat respon penggunaan metode Fuzzy Logic pada kontrol motor DC yang diaplikasikan secara simulasi berbasis LabView. Disebutkan bahwa penggunaan Fuzzy Logic dalam proses kontrol motor DC menunjukkan pencapaian performa yang optimal [2].
2. Pada sumber lain yang berjudul “*Fuzzy Logic Microcontroller*” dari IEEE menyebutkan bahwa penerapan Fuzzy Logic pada mikrokontroler sangat menjanjikan karena kelebihan yang dimiliki yakni fleksibilitas, lebih murah serta dapat digunakan baik untuk Fuzzy maupun metode klasik. Performa yang bagus serta harga yang terjangkau diharapkan dapat menunjang kebutuhan khususnya peralatan-peralatan kecil [3].
3. Sumber lain yang berjudul “*Speed Control of DC Motor Using Fuzzy Logic Controller*” dari Karary University, Sudan, mengatakan dalam penelitiannya yang membandingkan performa terhadap motor DC menggunakan Fuzzy Logic dan PID Controller bahwa controller Fuzzy memiliki performa yang lebih baik jika dibandingkan dengan PID konvensional. Performa yang lebih baik ini mencakup transient dan steady state response, juga memiliki kurva respons dinamis yang lebih baik, waktu respons lebih pendek, kesalahan kondisi stabil kecil (SSE) dan presisi tinggi dibandingkan PID konvensional [4].
4. Dalam makalah seminar tugas akhir yang berjudul



Gambar 5. Desain perancangan sistem.



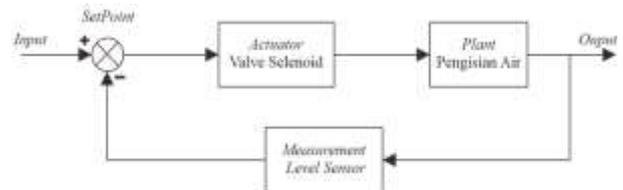
Gambar 6. Flowchart alur kerja sistem.



Gambar 7. Flowchart sistem logika fuzzy.

“Perancangan Proses Otomatis Pada Sistem Kontrol Servo Valve Untuk Pencampuran Fluida Warna Berbasis Mikrokontroler” oleh Satria M. Nuswantara, Universitas Diponegoro, dijelaskan dalam penelitiannya mengenai proses pencampuran warna otomatis dengan mengontrol motor servo. Dalam hasil penelitiannya didapatkan nilai error yang masih cukup tinggi dan memerlukan adanya penyempurnaan metode maupun aplikasi teknologi terbaru [5].

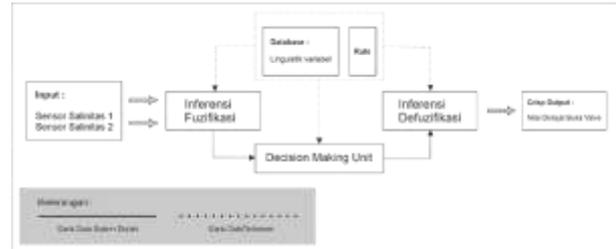
- Sumber lain pada jurnal berjudul “Aplikasi Fuzzy Logic untuk Pengendali Motor DC Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 dengan Sensor Photodiode” dari Universitas Negeri Semarang dijelaskan dengan menggunakan kendali logika Fuzzy Logic hasil performa motor DC menunjukkan hasil yang baik. Penelitian yang dilakukan berfokus pada kendali motor DC berdasar pembacaan sensor photodiode dengan menggunakan kendali logika Fuzzy Logic [6].



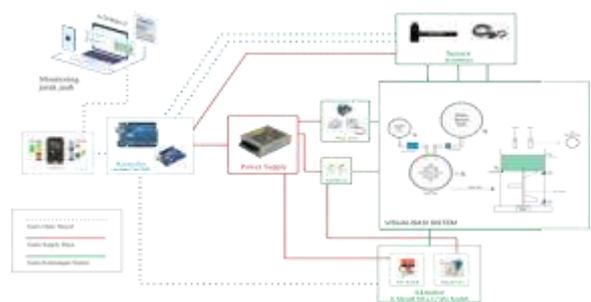
Gambar 1. Diagram blok proses pengisian air.



Gambar 2. Diagram blok kendali konsentrasi coolant.



Gambar 3. Diagram kerja fuzzy logic.



Gambar 4. Desain interkoneksi sistem.

B. Tujuan

Implementasi sistem kendali valve untuk proses penampuran water coolant ini ditujukan sebagai saran yang dapat dimanfaatkan pada proses produksi baik industri pesawat terbang maupun lainnya terutama yang memerlukan kadar konsentrasi coolant 5%.

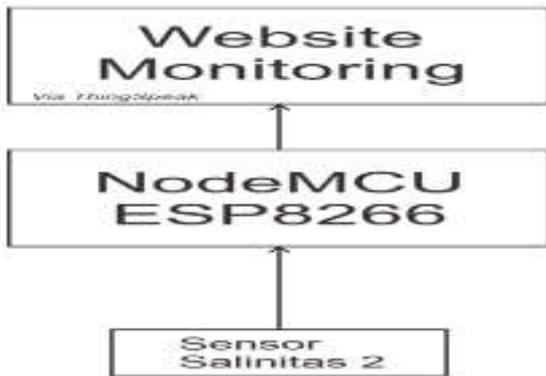
Penelitian sebagaimana mestinya terdapat kelebihan dan kekurangan di dalamnya. Untuk kelebihan yang dihasilkan dapat diabil manfaatnya, dan untuk kekurangan yang ada dapat digunakan sebagai pembelajaran untuk dapat diperbaiki pada penelitian selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

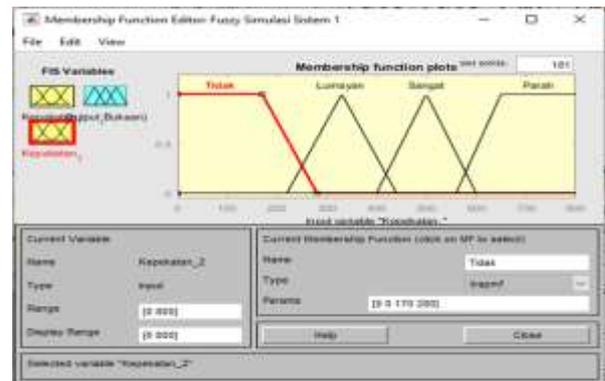
Pada bab ini diberikan mengenai tinjauan teori yang berguna dan mendukung proses penelitian. Tinjauan teori ini berupa penjelasan serta sebagai pengantar penjelasan terhadap bahan, komponen dan berbagai penjelasan lain yang digunakan dalam penelitian.

A. Fuzzy Logic

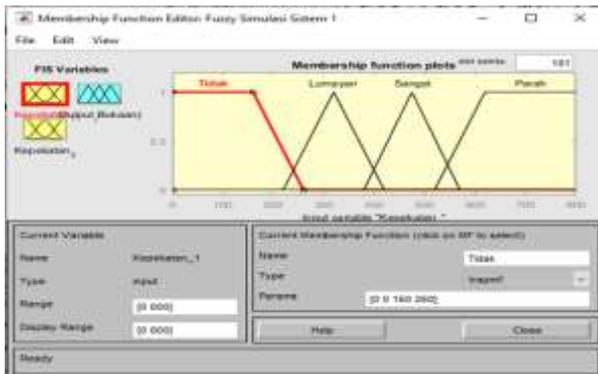
Berdasarkan penjelasan dari kamus Webster, Logika adalah ilmu/ pengetahuan normatif yang berprinsip formal dari sebuah pemikiran. Dalam hal ini Fuzzy Logic adalah hal yang secara dalam mengupas tentang pemikiran tentang perkiraan. Dalam istilah yang lebih spesifik tentang logika



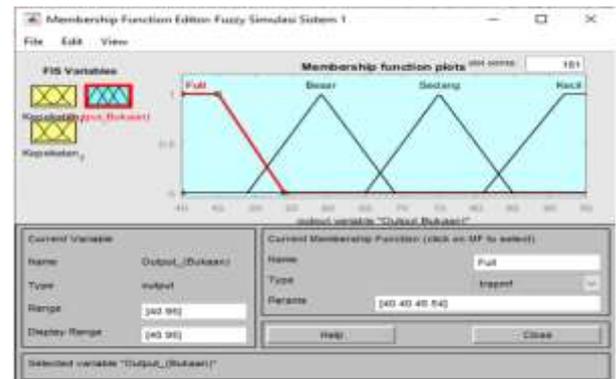
Gambar 10. Desain alur kerja *website monitoring*.



Gambar 8. Grafik nilai keanggotaan input 2.



Gambar 11. Grafik nilai keanggotaan input 1.



Gambar 9. Ssmulasi grafik nilai keanggotaan output.

fuzzy berbeda dengan logika klasik, logika ini memiliki peranan yang penting dalam kehidupan manusia dimana bertujuan untuk memecahkan atau membuat keputusan yang rasional dalam lingkungan atau lingkup yang penuh akan ketidaktepatan dan ketidakpastian [7].

Aristoteles berpendapat dimana dituliskan dalam buku *"Fuzzy Logic with Engineering Application"* karangan Timothy J. Res dimana hanya perkiraan dari sebuah kebenaran adalah mungkin. Dikutip juga pendapat dari Lofthi Zadeh yang mengatakan bahwa harus ada eksploitasi toleransi terhadap ketidakpastian. Hal ini menunjukkan adanya opsi atau pilihan yang lebih variatif sehingga nilai kebenaran tidak hanya bernilai kaku pada satu dan lain hal [8].

Logika fuzzy adalah metodologi pemecahan yang dapat diimplementasikan di berbagai sistem mulai dari sistem yang sederhana, sistem embedded, jaringan PC, multichannel atau workstation berbasis akuisisi data, dan sistem kontrol.

Logika klasik menyatakan sesuatu dengan sifat biner atau bernilai 0 dan 1, iya atau tidak. Yang mana dari hal ini logika klasik memiliki nilai keanggotaan 0 dan 1. Logika fuzzy memungkinkan adanya nilai keanggotaan diantara 0 dan 1 sehingga lebih memiliki banyak pilihan dalam pengambilan keputusan. Sebagai contoh dalam sebuah keadaan bernilai iya dan tidak namun dalam saat bersamaan ia juga bernilai baik atau buruk dengan nilai keanggotaan yang berbeda. Inilah yang menjadikan logika fuzzy memiliki kelebihan dalam hal penalaran secara bahasa, karena mudah untuk difahami dan dekat dengan kasus nyata kehidupan yang menentuk memiliki banyak nilai/ opsi dan bervariasi.

Himpunan fuzzy memiliki dua atribut yakni linguistik dan numerik. Atribut linguistik digunakan untuk mewakili suatu keadaan tertentu seperti skala kecepatan motor yang bernilai LAMBAT, SEDANG, CEPAT dan lainnya. Sedangkan

atribut numerik berisi himpunan yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel contohnya, 0, 15, 30, 45 dan sebagainya.

Metode mamdani adalah salah satu dari metode yang terdapat pada metode Fuzzy, metode ini menjadi etode yang paling sering digunakan karena struktur yang sederhana. Struktur penggunaannya yaitu menggunakan MIN-MAX atau MAX-PRODUCT. Untuk mendapatkan output fuzzy diperlukan 4 tahapan yang yakni Fuzzifikasi, Pembentukan Rule (Inference system, biasanya dalam IF.. THEN), Aplikasi Implikasi menggunakan fungsi MIN, komposisi antara rule yang menghasilkan ouput dengan fungsi MAX sehingga menghasilkan himpunan fuzzy yang baru. Dan tahapan terakhir adalah Defuzzifikasi yang dipakai menggunakan metode centroid [9].

B. Water Coolant

Water Coolant adalah cairan yang memiliki fungsi utama sebagai pendingin. Cairan ini biasa digunakan pada operasi permesinan berbahan besi atau baja. Fungsi lain dari cairan ini dapat digunakan untuk melakukan pelumasan terhadap proses khusus.

Jenis *water coolant* yang digunakan oleh Departemen Produksi PT. Dirgantara Indonesia dan khususnya mesin Deckel Maho-DMC 210U adalah Blaser Blasocut-2000 Universal. Komposisi yang dipakai sesuai standar industri yang ditetapkan adalah perbandingan 1/20 atau berkonsentrasi 5% untuk kadar *coolant* yang digunakan.

Pada proses produksi PT. Dirgantara Indonesia *water coolant* digunakan sebagai bahan pelumasan serta pendingin yang disemprotkan pada proses *milling* ataupun *cutting* aluminium. Hal ini digunakan untuk mengurangi adanya panas yang dihasilkan dari gesekan *cutter* dengan aluminium yang berlebihan serta menjaga material aluminium yang sedang menjalani proses produksi agar tidak rusak dan menghasilkan hasil terbaik.

Tabel 4.

Rentang variabel linguistik kepekatan 1/ konsentrasi (input 1)

No	Nilai Kepekatan	Interval (ADC read)
1	Tidak	≤ 160
2	Lumayan	220 - 420
3	Sangat	380 - 570
4	Parah	≥ 620

Tabel 5.

Nilai keanggotaan kepekatan 2 (input 2)

Keanggotaan Tidak :		Keanggotaan Sangat :	
1	$= x \leq 160$	0	$= x \leq 380$
$\frac{260-x}{40}$	$= 220 \leq x \leq 260$	$\frac{475-x}{95}$	$= 380 \leq x \leq 475$
0	$= x \geq 260$	$\frac{570-x}{95}$	$= 475 \leq x \leq 570$
		0	$= x \geq 570$
Keanggotaan Lumayan :		Keanggotaan Parah :	
0	$= x \leq 220$	1	$= \geq 620$
$\frac{330-x}{110}$	$= 220 \leq x \leq 330$	$\frac{620-x}{100}$	$= 520 \leq x \leq 620$
$\frac{420-x}{90}$	$= 330 \leq x \leq 420$	0	$= \leq 520$
0	$= \geq 420$		

Tabel 6.

Rentang variabel linguistik kepekatan 2/ konsentrasi (input 2)

No	Nilai Kepekatan	Interval (ADC read)
1	Tidak	≤ 170
2	Lumayan	220 - 440
3	Sangat	400 - 600
4	Parah	≥ 650

Dalam studi kasus di lapangan, pembacaan konsentrasi coolant ini masih dilakukan menggunakan sensor refractometer analog. Keterangan dari industri serta informasi yang ada memang belum ditemukan sebuah sensor yang kompatibel dan dapat diaplikasikan untuk mendeteksi kadar konsentrasi coolant untuk diaplikasikan pada sistem kontrol otomasi. Dan pada proyek akhir ini deteksi konsentrasi water coolant yang dimasukkan seperti penjelasan sebelumnya diganti menggunakan deteksi kadar garam terlarut dalam air atau sering disebut dengan kadar salinitas. Sehingga sampel air coolant yang digunakan diganti menjadi air garam atau NaCl.

C. Refraktometer

Refraktometer merupakan salah satu jenis alat ukur yang digunakan untuk mengukur kadar/ konsentrasi bahan terlarut. Konsentrasi terlarut dapat berupa gula, garam, protein, dsb. Sesuai dengan namanya prinsip kerja dari refraktometer adalah memanfaatkan refraksi cahaya. Refraktometer Abbe adalah refraktometer untuk mengukur indeks bias cairan, padatan dalam cairan atau serbuk dengan indeks bias dari 1,300 sampai 1,700 dan persentase padatan 0 sampai 95%. Alat untuk menentukan indeks bias minyak, lemak, gelas optis, larutan gula, dan sebagainya, indeks bias yang digunakan adalah pada rentang antara 1,300 dan 1,700 dapat dibaca langsung dengan ketelitian sampai 0,001 dan dapat diperkirakan sampai 0,0002 dari gelas skala di dalam.

Pada penelitian proyek akhir ini, refraktometer yang diunakan adalah berjenis analog dengan obyek pembacaan adalah salinitas atau kadar garam. Refraktometer ini kemudian digunakan sebagai kalibrator terhadap pembacaan sensor salinitas yang digunakan pada sistem..

Tabel 1.

Nilai keanggotaan kepekatan 2 (input 2)

Keanggotaan Tidak :		Keanggotaan Sangat :	
1	$= x \leq 170$	0	$= x \leq 400$
$\frac{280-x}{110}$	$= 170 \leq x \leq 280$	$\frac{500-x}{100}$	$= 400 \leq x \leq 500$
0	$= x \geq 180$	$\frac{600-x}{100}$	$= 500 \leq x \leq 600$
		0	$= x \geq 600$
Keanggotaan Lumayan :		Keanggotaan Parah :	
0	$= x \leq 220$	1	$= \geq 650$
$\frac{330-x}{110}$	$= 220 \leq x \leq 330$	$\frac{650-x}{90}$	$= 560 \leq x \leq 650$
$\frac{440-x}{110}$	$= 330 \leq x \leq 440$	0	$= \leq 560$
0	$= \geq 440$		

Tabel 2.

Nilai variabel linguistik bukaan kran (output)

No	Nilai Bukaan	Dalam derajat (°)
1	Kecil	≥ 92
2	Sedang	65- 85
3	Besar	49- 69
4	Full	≤ 45

Tabel 3.

Nilai keanggotaan bukaan valve

Keanggotaan Full :		Keanggotaan Besar :	
1	$= x \leq 45$	0	$= x \leq 49$
$\frac{54-x}{9}$	$= 45 \leq x$	$\frac{59-x}{10}$	$= 49 \leq x \leq 59$
0	$= x \geq 54$	$\frac{69-x}{10}$	$= 59 < x \leq 69$
		0	$= x \geq 69$
Keanggotaan Sedang :		Keanggotaan Kecil :	
0	$= x \leq 65$	1	$= x \geq 92$
$\frac{75-x}{10}$	$= 65 \leq x$	$\frac{95-x}{3}$	$= 95 \leq x \leq 92$
$\frac{85-x}{10}$	$= 75 \leq x \leq 85$	0	$= x \leq 81$
0	$= x \geq 85$		

III. PERANCANGAN

Perancangan sistem mencakup berbagai bidang desain yang dibutuhkan sebagai perencanaan pra-realisasi sistem. Pembahasan pada bab ini mencakup desain alur kerja sistem, desain interkoneksi sistem desain arsitektur monitoring dan lain sebagainya yang mana mencakup perancangan realisasi sistem.

A. Desain Perencanaan Sistem

Perancangan desain sistem bertujuan agar memberikan gambaran proses yang diperlukan dalam suatu sistem. Pembuatan rancangan ini mencakup gambar visualisasi awal alat, desain interkoneksi sistem serta flowchart alur kerja sistem. Desain perencanaan sistem dapat dilihat pada gambar 1.

Perancangan sistem dapat dilakukan salah satunya dengan menggunakan flowchart. Alur kerja sistem yang akan dibuat dalam proyek akhir ini adalah seperti yang ditunjukkan flowchart pada gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan alur kerja sistem secara keseluruhan, dari gambar dapat dilihat bahwa terdapat proses tersendiri dalam mengolah sistem untuk memenuhi kinerja ketercapaian konsentrasi yakni sistem logika fuzzy. Sistem

Tabel 7.
Aturan logika fuzzy

No	Input		Output (Bukaan Kran)
	Kepekatan 1	Kepekatan 2	
1	Tidak	Tidak	Full
		Lumayan	Besar
		Sangat Parah	Sedang
2	Lumayan	Tidak	Sedang
		Lumayan	Besar
		Sangat Parah	Sedang
3	Sangat	Tidak	Besar
		Lumayan	Sedang
		Sangat Parah	Sedang
4	Parah	Tidak	Kecil
		Lumayan	Sedang
		Sangat Parah	Kecil

Tabel 8.
Hasil kalibrasi sensor jarak

No	Hasil Pembacaan Sensor	Penggaris
1	13.9	14
2	11.9	12
3	9.11	10.5
4	8.7	8.4
5	6.65	6.9
6	4.6	5.2

Tabel 9.
Hasil *scaling* pembacaan sensor salinitas

No	Data ADC sensor	Konversi <i>Scaling</i> ke Salinitas
1	0-160	0%
2	160-250	1%
3	250-340	2%
4	340-430	3%
5	430-520	4%
6	520-600	5%
7	>600	Over standar

logika fuzzy digambarkan secara terpisah dalam *flowchart* sebagaimana gambar 3.

Diagram sistem kendali yang menjelaskan proses kendali pada suatu *plant* di dalam satu sistem yang utuh. Diagram blok ini berupa *closed loop* yang berarti proses pengontrolan terhadap pemenuhan *plant* tertentu. Adapapun diagram blok yang merepresentasikan beberapa *plant* dari proses *treatment* pra-pemakaian *water coolant* dapat dilihat pada gambar 4.

Desain pada gambar 4 menunjukkan proses pengisian air yang ada pada sistem. Pengisian air ini dikendalikan menggunakan *solenoid valve* yang bekerja dengan logika Boolean atau 0 & 1. *Solenoid valve* akan mati jika volume air telah terpenuhi. Dalam sistem ini volume air yang dimaksud adalah sebesar 4600ml.

Desain pada gambar 5 merupakan gambaran dari kinerja motor servo yang dikopel dengan kran/ katup sehingga dapat mengatur derajat buka kran/ katup yang dimaksud dengan masukan yang didapat dari sensor salinitas. Proses pengisian bijih *coolant* ini menjadi bagian yang paling penting karena metode *Fuzzy Logic* yang digunakan bekerja dalam sistem ini.

Sensor salinitas yang digunakan sebagai masukan sistem memiliki beda ketinggian yang akan membaca kadar NaCl dengan nilai yang berbeda. Dari perbedaan nilai inilah ditentukan nilai derajat buka katup/ kran yang dikopel

menggunakan motor servo. Desain diagram Fuzzy yang dibuat dapat dilihat pada gambar 6.

Dari perancangan yang telah dibuat kemudian dibentuklah desain yang menghubungkan kinerja bagian-bagian dari sistem tersebut dengan adanya keterangan garis bantu. Garis bantu ini menunjukkan koneksi antar komponen yang digunakan dalam sistem, baik berupa *wiring supply* daya ataupun komunikasi.

Perancangan *wiring* sistem bertujuan agar memberikan gambaran kebutuhan *supply* tegangan serta alur kerja kelistrikan yang diperlukan dalam suatu sistem. Pembuatan rancangan ini mencakup tahapan yang diperlukan dari awal hingga sistem berakhir baik komponen yang membutuhkan tegangan besar maupun kecil, semua terhubung dan terlihat dalam desain rancangan. Adapun desain interkoneksi sistem yang dibuat disajikan pada gambar 7.

Bagian selanjutnya adalah perancangan desain sistem *monitoring* yang terdapat pada gambar 8. Bagian ini berfungsi untuk melakukan fungsi *monitoring* secara jarak jauh yang pada implementasinya dilakukan menggunakan media *website*. Pada proses ini perangkat yang digunakan adalah NodeMCU ESP8266 sebagai pengirim data yang dibaca oleh sensor menuju *website*.

B. Inferensi Sistem

Inferensi sistem dibentuk menggunakan aturan yang ada pada logika fuzzy. Inferensi sistem terbentuk menjadi 3 bagian yakni fuzzifikasi, aturan fuzzy serta defuzzifikasi yang menghasilkan nilai output fuzzy. Proses fuzzifikasi menyatakan nilai himpunan yang digunakan dalam sistem perhitungan *fuzzy logic*. Nilai yang dibentuk adalah berupa himpunan yang dibedakan menjadi bagian input serta output yang masing-masing memiliki variabel linguistik berbeda.

Nilai input akan diproses dalam inferensi sistem dan menghasilkan nilai output sistem. Nilai input pada penelitian ini adalah berupa data pembacaan 2 sensor salinitas dengan hasil ADC 0-1024. Sedangkan output yang dihasilkan adalah berupa nilai yang digunakan untuk mengatur derajat buka *valve/ kran*. Tabel dan keterangan dari nilai input dan output akan dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel rentang variabel linguistik memuat nilai yang menjadi acuan pengelompokan nilai pembacaan sensor pada proses fuzzifikasi. Rentang nilai ini diambil atas dasar data yang diambil dalam proses analisa karakteristik kerja sensor yang dipertimbangkan berdasar informasi kebutuhan dari industri. Kemudian nilai keanggotaan input 1 seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Input 1 inferensi sistem diambil dari sensor salinitas 1 yang kemudian diklasifikasikan berdasar himpunan yang telah dibuat kemudian diproses menuju aturan fuzzy. Grafik dari nilai variabel linguistik ini terlihat seperti yang ditunjukkan pada gambar 9.

Input kedua dari sistem inferensi yang digunakan pada metode Fuzzy Logic ini sama halnya dengan variabel yang digunakan pada input 1. Nilai variabel yang ada dibedakan menjadi Tidak, Lumayan, Sangat dan Parah. Rentang nilai pembacaan sensor yang terbaca memiliki rentang yang sama yakni mencakup 0-1024 (8 byte). Namun dalam pembagian nilai variabel linguistik, input kepekatan 2 ini memiliki rentang yang berbeda seperti yang terlihat pada tabel 3.

Tabel 10.
Data hasil percobaan alat

No	Percobaan	Hasil Pencampuran	Komparator	Nilai Error	Keterangan
1	30 Juni 2021	8,5%	5%	70%	1. Pembacaan level terganggu <i>mixer</i> 2. Relay menuju servo diatur dari <i>trigger</i> sensor level
2	2 Juli 2021	7,5%	5%	50%	1. <i>Error</i> mengecil setelah adanya perombakan pada program 2. Motor <i>mixer</i> dinyalakan secara manual agar tidak mengganggu pembacaan sensor level
3	11 Juli 2021	4%	5%	20%	Dilakukan perombakan pada <i>coding</i> sistem untuk <i>trigger</i> relay yang mengaktifkan servo

Pada sensor salinitas 1 yang digunakan sebagai input 1 kepekatan, nilai maksimal pembacaan sensor berada pada nilai 620ADC, namun pada input 2 ini berada pada nilai 650ADC. Hal ini terjadi karena perbedaan karakteristik sensor yang dihasilkan antara sensor salinitas 1 dan 2. Kemudian untuk nilai keanggotaan input 2 diperoleh dari tabel nilai keanggotaan yang tersaji pada tabel 4.

Input 2 kemudian menjadi pasangan yang dikalkulasikan di dalam aturan logika fuzzy sehingga menghasilkan nilai output yang diinginkan. Gambar grafik dari nilai variabel keanggotaan input 2 ini seperti ditampilkan pada gambar 10.

Fuzzifikasi selanjutnya adalah dilakukan pada output logika fuzzy. Hasil pengategorian dan klasifikasi output dari logika fuzzy yang akhirnya digunakan pada proses defuzzifikasi adalah seperti tertera pada tabel 5.

Nilai keanggotaan pada output logika fuzzy dibagi menjadi 4 bagian yakni Full, Besar, Sedang dan Kecil. Tabel dari nilai keanggotaan output logika fuzzy ini tertera pada tabel 6.

Bukaan valve yang diaplikasikan ke dalam sistem adalah berada pada rentang nilai 0-90°. Pada nilai 0° kran/ valve terbuka maksimal sedangkan pada posisi 90° kran/ valve tertutup. Gambar grafik dari nilai variabel keanggotaan output ini seperti ditampilkan pada gambar 11.

C. Aturan Fuzzy (Rule)

Dari variabel linguistik yang telah dijabarkan, aturan Fuzzy yang terbentuk adalah berjumlah 16 aturan yang kemudian menjadi nilai output dari aturan yang dibentuk. Hal ini didapat dari perkalian antara banyaknya variabel linguistik input 1 dengan banyaknya variabel linguistik yang terdapat pada input 2 yang masing-masing berjumlah 4 buah variabel. Tabel dan keterangan gambar mengenai aturan Fuzzy ini dapat dilihat pada tabel 7.

Aturan logika fuzzy pada akhirnya menghasilkan nilai tertentu yang digunakan sebagai hasil atau output dari aturan fuzzy. Proses mencapai nilai output ini kemudian disebut defuzzifikasi dimana memiliki fungsi kebalikan dari fuzzifikasi. Pada proses ini nilai output hasil aturan logika fuzzy diproses agar dapat diaplikasikan ke dalam sistem dan memenuhi nilai keanggotaan output dari aturan fuzzy yang tertera pada tabel 6.

IV. HASIL PENGUJIAN DAN DISKUSI

Bab ini menyajikan data serta analisis dari pengujian sistem yang dilakukan. Pengujian sistem meliputi pengujian sensor, serta ujicoba sistem keseluruhan.

A. Data Hasil Pengujian Sensor

Terdapat dua jenis sensor yang digunakan pada pembuatan sistem pencampuran *water coolant* ini. Kedua sensor tersebut yakni sensor salinitas dan sensor jarak ultrasonik. Sensor

salinitas terbagi menjadi dua yang mana nilai hasil pembacaan sensor digunakan sebagai input pada metode fuzzy. Sedangkan sensor jarak ultrasonik digunakan sebagai input untuk *trigger* relay sebagai penghubung sekuensial dari pengisian air menuju proses kontrol *valve* pada pencampuran *water coolant*. Namun pada aplikasinya, fungsi ini menyebabkan akurasi pencampuran menjadi kurang baik, sehingga pada percobaan selanjutnya sensor jarak hanya digunakan sebagai fungsi *monitoring* ketinggian air.

Proses kalibrasi pada sensor ultrasonik dilakukan secara bertahap dan beberapa kali proses pengukuran. Sedangkan metode yang digunakan untuk kalibrasi adalah menggunakan rumus persamaan regresi linear sederhana yang dituliskan sebagai berikut:

$$y = bx + a$$

Dimana:

y = variabel dependen

a = konstanta

x = variabel independen

b = koefisien variabel x

Adapun hasil dari kalibrasi dari kedua sensor ditampilkan dalam tabel 8. Kalibrasi pada sensor salinitas dilakukan menggunakan proses *scalling*. Proses *scalling* diperoleh dari data yang didapat secara bertahap dan dengan menganalisis karakteristik pembacaan sensor. Adapun hasil dari proses *scalling* ini ditunjukkan pada tabel 9.

B. Data Hasil Percobaan

Hasil percobaan disajikan dalam bentuk perbandingan hasil pencampuran oleh alat dengan standar yang digunakan pada proses pencampuran *water coolant* yakni 5%.

Adapun nilai pembacaan refraktometer terhadap hasil proses kerja alat ditampilkan dalam tabel 10. Hasil percobaan yang telah ditampilkan pada tabel 10 menunjukkan bahwa sistem yang dibuat belum bekerja secara maksimal. *Error* yang dihasilkan antara perbandingan *water coolant* hasil pencampuran sistem dengan standar masih menunjukkan angka yang besar. Pada kedua percobaan yang dilakukan *error* menunjukkan angka 70% dan 50%. Adanya *error* yang besar ditimbulkan karena adanya kendala pada sistem pengaktifan servo yang digunakan sebagai pengontrol aliran bijih *coolant* menuju proses pencampuran. *Error* yang dihasilkan dari hasil ketiga ini adalah sebesar 20%, membaik dari 2 hasil percobaan sebelumnya. Nilai ini mengecil dimana menunjukkan adanya perbaikan sistem dari 50% menjadi 20% atau sebesar 30%. Dari hasil ini juga menunjukkan bahwa sistem yang dibuat sudah memenuhi standar yang diinginkan.

Hasil dari proses pencampuran dengan *error* yang telah disebutkan menunjukkan kondisi kelebihan dan kekurangan

komposisi bijih *coolant*. Pada hal ini penggunaan bijih *coolant* distandarisasi menggunakan komposisi 5%. Jika *coolant* tidak mencapai standar yang ditetapkan, akan berdampak pada kinerja mesin yang kurang baik. Begitu pula jika komposisi *coolant* yang digunakan melebihi, akan menimbulkan bertambahnya biaya untuk proses pemakaian *coolant*.

V. KESIMPULAN

Dari data dan analisis yang disajikan sebelumnya dapat ditarik kesimpulan bahwa proses kontrol servo pada pencampuran *water coolant* telah berhasil dilakukan. Namun hasil yang didapatkan dari hasil uji coba sistem belum menunjukkan hasil yang baik. Kinerja metode fuzzy dalam proses kontrol derajat buka valve telah bekerja sebagaimana mestinya. Namun secara keseluruhan terdapat kendala pada proses pengaktifan servo pengontrol aliran bijih *coolant* sehingga hasil dari pencampuran *water coolant* belum menghasilkan *coolant* yang sempurna. Kedua input dari sensor salinitas yang dipasang pada ketinggian yang berbeda pada tanki pencampuran menyatakan adanya perbedaan pembacaan nilai sensor. Dari perbedaan pembacaan sensor ini kemudian diteruskan menuju inferensi sistem Fuzzy yang kemudian menentukan derajat buka kran sebagai output sistem. Hasil dari 3 kali proses pencampuran menunjukkan data pembacaan refraktometer pada angka 8,5%, 7,5% dan 4%. Kedua hasil pertama menunjukkan adanya kelebihan pada konsentrasi *coolant* pada proses pencampuran. *Error* yang dihasilkan diukur dari standar penggunaan *coolant* 5% maka kedua hasil memiliki tingkat kelebihan *error* dengan nilai 70% dan 50%. Sedangkan pada percobaan ketiga terdapat *error* dengan nilai 20% dimana kondisinya adalah aman yakni 4% salinitas namun masih belum sempurna 5%

seperti yang diinginkan. Dari hasil kinerja sistem yang ada dapat disimpulkan juga bahwa diperlukan adanya evaluasi dan pengembangan lebih lanjut agar kinerja dari alat dapat berkerja secara lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Dirgantara Indonesia dimana menjadi tempat bagi penulis melaksanakan kegiatan magang serta mengambil pembahasan topik ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Astuti, E. Poerwanto, dan Y. Rahman P, "Analisa Total Productive Maintenance Mesin Cincinnati di Pt. Dirgantara Indonesia," *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan (SENATIK)*, vol. 2, 2016.
- [2] P. Thepsatomi, A. Numsomran, V Tipsuwanpo, dan T. Teanthonng, "DC Motor Speed Control using Fuzzy Logic based on LabVIEW," *SICE-ICASE International Joint Conference 2006*, pp. 3617-3620, 2006.
- [3] A. Costa, A. De Gloria, F. Giudici, dan M. Olivieri, "Fuzzy logic microcontroller," *IEEE Micro*, vol. 17, no. 1, pp. 66-74, 1997. doi: 10.1109/40.566209.
- [4] Y. A. Almatheel dan A. Abdelrahman, "Speed control of DC motor using Fuzzy Logic Controller," dalam *2017 International Conference on Communication, Control, Computing and Electronics Engineering (ICCCCEE)*, pp. 1-8, 2017. doi: 10.1109/ICCCCEE.2017.7867673.
- [5] S. M. Nuswantara, I. Setiawan, dan J. Sudharto, "Perancangan Proses Otomatis pada Sistem Kontrol Servo Valve untuk Pencampuran Fluida Warna Berbasis Mikrokontroler," Universitas Diponegoro, 2011.
- [6] M. Nadhif dan Suryono, "Aplikasi fuzzy logic untuk pengendali motor DC berbasis mikrokontroler ATMega8535 dengan sensor Photodiode," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 7, no. 2, p. 5, 2015.
- [7] L. A. Zadeh, "Fuzzy Logic," *California, University of California*, 1988.
- [8] T. J. Ross, *Fuzzy logic with Engineering Applications*, 3rd ed. Chichester, U.K: John Wiley, 2010.
- [9] J. Nasir, "Analisis fuzzy logic menentukan pemilihan motor honda dengan metode mamdani," *Jurnal Edik Informatika*, vol. 2, no. 2, pp. 177-186, 2017.