

Pengontrolan Buka-an Valve Pada Sistem Vessel Separator Dengan Metode Logika Fuzzy Berbasis Node Nirkabel

Valve Opening Control in Vessel Separator System Using Fuzzy Logic Method With A Wireless Node-Based

Fikri Setiawan Fahmi^{1*}, Dede Irawan Saputra²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Jenderal Achmad Yani (UNJANI)

Jalan Terusan Jend. Sudirman PO.BOX 148 Cimahi 40531

setiawanfikri@gmail.com^{1*}, dedeirawan.saputra@lecture.unjani.ac.id²

Abstrak – Vessel separator merupakan alat yang digunakan untuk memisahkan cairan, padatan, dan gas, biasanya digunakan di industri pengolahan minyak mentah. Peletakkan vessel separator berada didaerah jauh dari sumur sumber, hal tersebut mengakibatkan proses monitoring besaran fisis seperti volume, flow, dan besaran fisis lainnya pada vessel separator menjadi terganggu. Salah satu masalah yang muncul adalah hilangnya data akibat gangguan yang terjadi ketika pengiriman data, ditambah penggunaan kabel yang panjang. Pada penelitian akan memaparkan sistem monitoring dan kontrol berbasis node nirkabel. Penggunaan node nirkabel akan mengirimkan data level dan flow dari sensor melalui gelombang radio ke pusat kontrol. Data tersebut akan diolah dengan metode logika fuzzy untuk hasilnya dikirimkan ke aktuator yang berupa servo control valve dan relay. Pada penelitian ini akan menjelaskan komunikasi tiap node, dan hasil perhitungan fuzzy dari input level dan flow serta output buka-an kontrol valve. Hasil perancangan sistem dapat diimplementasikan pada purwarupa vessel separator. Tingkat keakurasian data sensor mencapai 99%. Hasil algoritma fuzzy yang dihasilkan oleh sistem, memiliki nilai yang hampir sama dengan hasil simulasi oleh Matlab, tingkat kesamaan data mencapai 99,98% dengan error kurang dari 1%. Data yang dikirim mencapai 100% diterima oleh receiver. Selain itu data collision dapat dihindari dengan mengatur waktu pengiriman dan penerimaan data.

Kata Kunci: Kontrol, Logika Fuzzy, Monitoring, Node Nirkabel, Vessel Separator

Abstract – Vessel separator is a device used to separate fluids, solids, and gases, usually used in crude oil processing industry. The placement of vessel separator is located in areas far from the source well. This resulted to the monitoring process of physical quantities such as volume, flow, and other physical quantities is disrupted. There are couples problems occur that is the loss of data resulted from disturbance when data transmitted coupled with the use of very long cable. Therefore the research will explain the wireless-node-based control and monitoring system that to have an ability to control and monitor the system remotely. The wireless node send data from sensor through radio frequency to control centre. In the control centre, the data will be analyze and process with fuzzy logic method and the result will be send to the actuator node consist of servo control valve, and relay. In this research will explain communication between the node, the delay from the received data, also the fuzzy logic result from level and flow input to angle of servo control valve output. The result of system design can implemented to vessel separator prototype with the accuration of the data that receive by the sensor reach 99%. The result from fuzzy logic algorithm have a value that same with the result from Matlab simulation with the similarity value reach 99,98% with error less than 1%. The data which has been sent to the receiver can be 100% received. Data collision can be avoided with control the delay of data transmit and receive.

Keywords: Control, Fuzzy Logic, Monitoring, Vessel Separator, Wireless Node

1. Pendahuluan

SENER 2019, 23 - 24 November 2019, pp. 135-149

ISBN: 978-602-60581-1-9

■ 135

Vessel separator merupakan tabung bertekanan pada temperatur tertentu yang digunakan untuk pemisahan fluida produksi dari sumur menjadi dua fasa yaitu cairan dan gas [1]. Proses pemisahan dalam separator adalah berdasarkan massa jenis. Massa jenis fluida lebih besar dibandingkan dengan massa jenis gas. Gas akan keluar melalui pipa *outlet* yang berada di atas *vessel separator*, sedangkan air akan keluar melalui pipa *outlet* yang berada di bawah *vessel separator* [2]. *Vessel separator* dipasang di *gathering station* atau *block station* pada setiap lapangan eksploitasi-produksi yang letaknya cukup jauh dari sumur sumber [3]. Hal tersebut mengakibatkan proses pemantauan terganggu, penggunaan kabel yang panjang dapat menimbulkan data hilang pada saat pemantauan selain itu kecepatan transfer menurun [4]. Maka dari itu diperlukan sistem pemantauan jarak jauh yang dilakukan pada daerah yang luas, daerah yang berbahaya, atau kecepatan akses dan ketepatan data yang diterima untuk mengatasi hal tersebut [5].

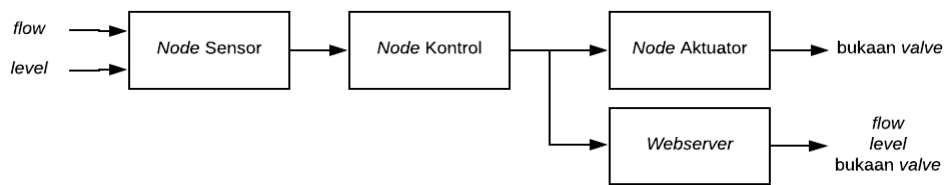
Salah satu cara untuk melakukan pemantauan jarak jauh ialah menggunakan perangkat yang dihubungkan dengan media transmisi secara nirkabel seperti *wireless sensor network* [6] atau modul *transceiver* [7]. Modul *transceiver* memanfaatkan radio frekuensi dalam transmisi data digital [8]. *Node* nirkabel biasanya menggunakan modul *transceiver* sebagai sarana komunikasinya yang digunakan untuk memantau dan mengontrol fisik atau kondisi lingkungan sekitar sensor seperti, suhu, kelembaban, tekanan, getaran, gerakan dan komponen fisis lainnya [9]. *Node* nirkabel dibangun pada suatu jaringan komunikasi data tanpa dipengaruhi oleh topologi yang digunakan, tipe data yang berjalan, dan keterbatasan area komunikasi [10]. Namun terdapat beberapa kekurangan pada *node* nirkabel diantaranya, terjadi *collision* data atau bertabrakannya data yang mengakibatkan data tidak diterima oleh *receiver*, tidak akuratnya data yang diterima [11]. Selain itu *node* nirkabel dapat terhubung dengan internet, maka hal tersebut dapat memudahkan pemantauan dan pengontrolan dari jauh. Hal tersebut merupakan salah satu aplikasi dari konsep Internet of Things (IoT)[12].

Selain itu diperlukan juga untuk mengontrol parameter yang telah dideteksi oleh sistem monitoring tersebut. Salah satu sistem kendali yang dapat digunakan adalah menggunakan algoritma logika *fuzzy* sebagai aplikasi sistem kontrol, karena proses kendali ini relatif mudah dan fleksibel dirancang dengan tidak melibatkan model matematis yang rumit dari sistem yang akan dikendalikan [13]. Pada penelitian ini akan dikembangkan tentang sistem *node* nirkabel yang dapat mengirimkan data dari sensor yang akan diolah menggunakan metode logika *fuzzy* tipe sugeno oleh pusat kontrol yang hasil pengolahannya akan dikirimkan ke aktuator sehingga *vessel separator* dapat dipantau dan dikendalikan dengan mudah.

2. Metode Penelitian

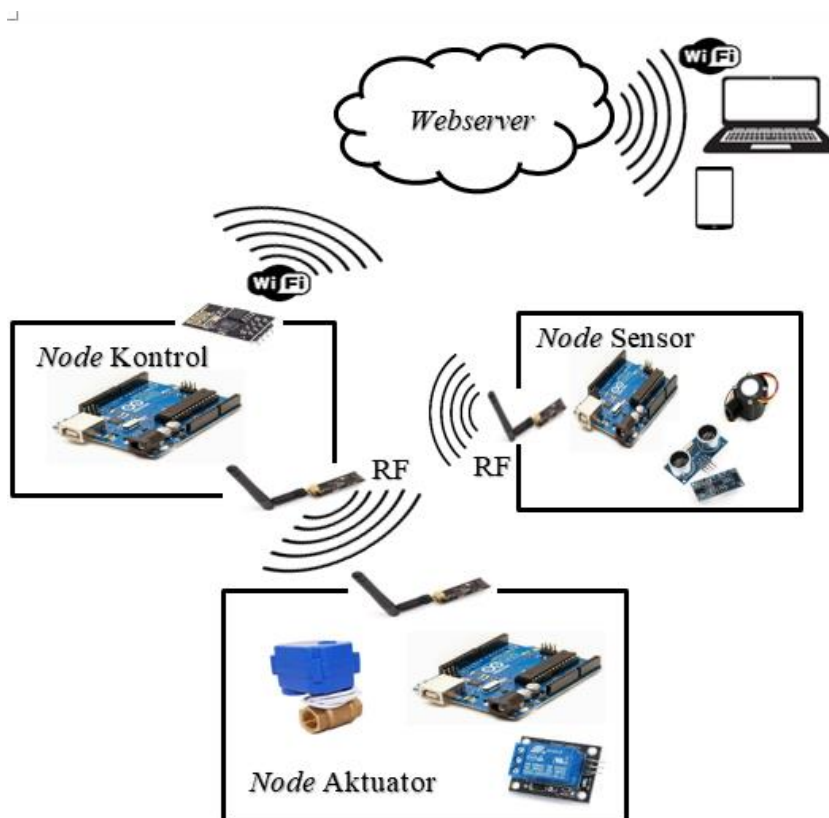
2.1. Merancang *Node* Nirkabel

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah merancang sebuah alat yang dapat mengontrol bukaan *valve* dengan menggunakan metode logika *fuzzy* berbasis komunikasi nirkabel, seperti pada blok diagram Gambar 1 sistem *node* nirkabel ini terdiri dari *node* sensor, *node* kontrol, dan *node* aktuator. Data yang didapat oleh *node* sensor akan dikirimkan ke *node* kontrol menggunakan frekuensi radio. Data yang diterima oleh *node* kontrol akan diolah berdasarkan metode logika *fuzzy* dimana, nilai *input* sensor berupa *flow* dan *level* air pada tangki/*vessel* akan diubah menjadi nilai masukan *fuzzy*, kemudian diterapkan aturan *fuzzy* untuk menentukan *output* untuk besaran bukaan kontrol *valve* pada *node* aktuator. Data *input* dan *output* akan dikirimkan juga ke *webservice* untuk dilakukan monitoring atau pemantauan jarak jauh.



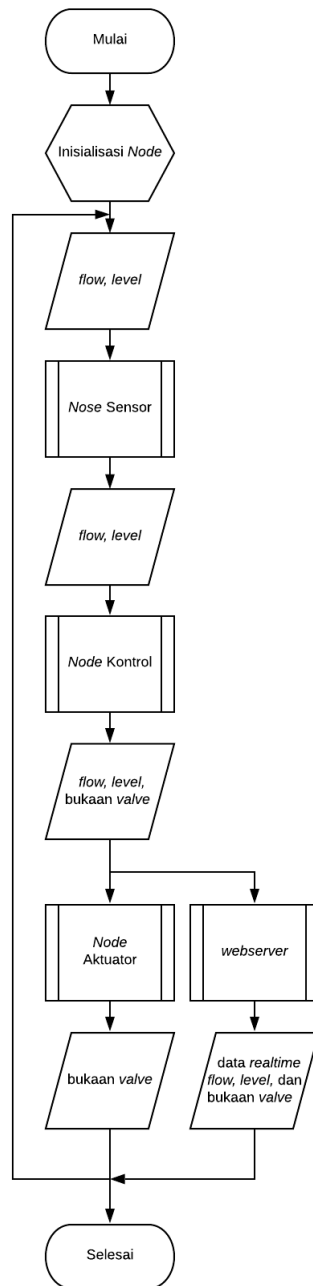
Gambar 1. Blok diagram sistem

Arsitektur yang bekerja sesuai dengan penjelasan blok diagram diatas dapat dilihat seperti pada Gambar 2

Gambar 2. Arsitektur sistem *node* nirkabel

Berikut penjelasan sistem sesuai dengan arsitektur sistem pada Gambar 2,

1. Sensor *flow* dan sensor *level* akan mendeteksi debit fluida yang lewat dan ketinggian fluida pada tangki.
2. Kemudian data yang didapatkan tadi dikirim ke *node* kontrol melalui *Rf transceiver*.
3. Setelah data didapatkan oleh *node* kontrol, data tersebut diproses dengan menggunakan metode logika *fuzzy* dan data tersebut juga dikirim ke *webserver* di internet agar dapat dilakukan pemantauan secara *real time* melalui perangkat modul *wifi*.
4. Apabila telah data selesai diproses, hasil pemrosesannya tersebut akan dikirim ke *node* aktuator menggunakan *Rf transceiver*.
5. Data hasil logika *fuzzy* tersebut diterima oleh *node* aktuator untuk melakukan aksi sesuai dengan hasil fuzzifikasi dari data *input* yang didapat dari *node* sensor.
6. Kemudian *node* sensor secara terus menerus mengirimkan data *input flow* dan *level* secara *real time* ke *node* kontrol untuk kemudian terus diproses di *node* kontrol dan dikirimkan ke *webserver* dan dieksekusi oleh *node* aktuator sesuai dengan data *input* dari *node* sensor.



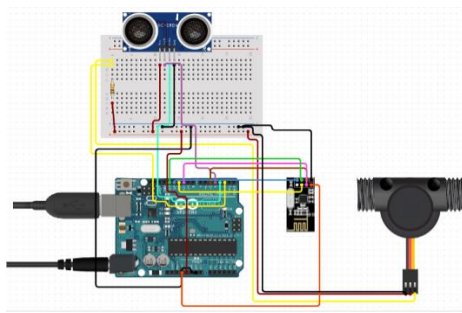
Gambar 3. Diagram alir sistem

Pada Gambar 3 merupakan diagram alir dari sistem *node* nirkabel secara lengkap, dimana setiap *node* memiliki fungsi masing-masing, berikut penjelasannya dari diagram alir tersebut,

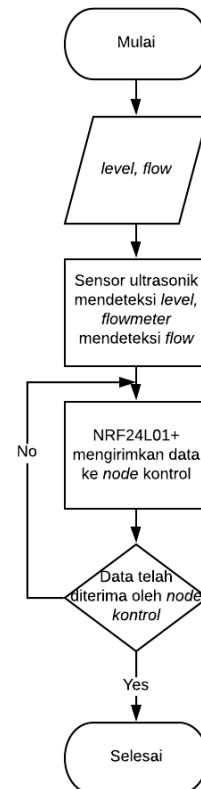
1. Setiap *node* akan melakukan inisialisasi untuk mendeteksi *input* yang masuk.
2. *Level* dan *flow* merupakan besaran fisis yang dideteksi oleh *node* sensor.
3. *Node* sensor mengirimkan data *level* dan *flow* yang dideteksi ke *node* kontrol.
4. *Node* kontrol mengolah data *level* dan *flow* sesuai dengan logika *fuzzy* menjadi *output* bukaan *valve*.
5. Data *level*, *flow*, dan bukaan *valve* dikirimkan oleh *node* kontrol ke *node* aktuator untuk dieksekusi. Selain itu, data tersebut dikirimkan ke *webservice* sebagai tempat penyimpanan data sekaligus pemantauan melalui internet.
6. Data bukaan *valve* menjadi parameter yang dapat mempengaruhi nilai *level* dan *flow* yang nantinya sistem akan terus membaca nilai *input* hingga *setpoint* tercapai.

2.1.1. Node Sensor

Untuk mendeteksi besaran fisis berupa *level* dan *flow* pada sebuah sistem *vessel separator* diperlukan sensor ultrasonik yang dikonversi menjadi sensor *level*, dan juga sensor *flowmeter*. Sensor akan mendeteksi nilai *level* dan *flow* untuk dijadikan *input* untuk logika *fuzzy*. Data yang telah didapatkan oleh sensor kemudian akan dikirimkan ke *node* kontrol melalui *rf transceiver*, dimana pada penelitian ini menggunakan NRF24L01+. Seperti terlihat pada diagram skematik pada Gambar 4 *node* sensor ini terdiri dari sensor ultrasonik, sensor *flowmeter*, mikrokontroler, dan *rf transceiver* NRF24L01+.



Gambar 4. Diagram skematik *node* sensor



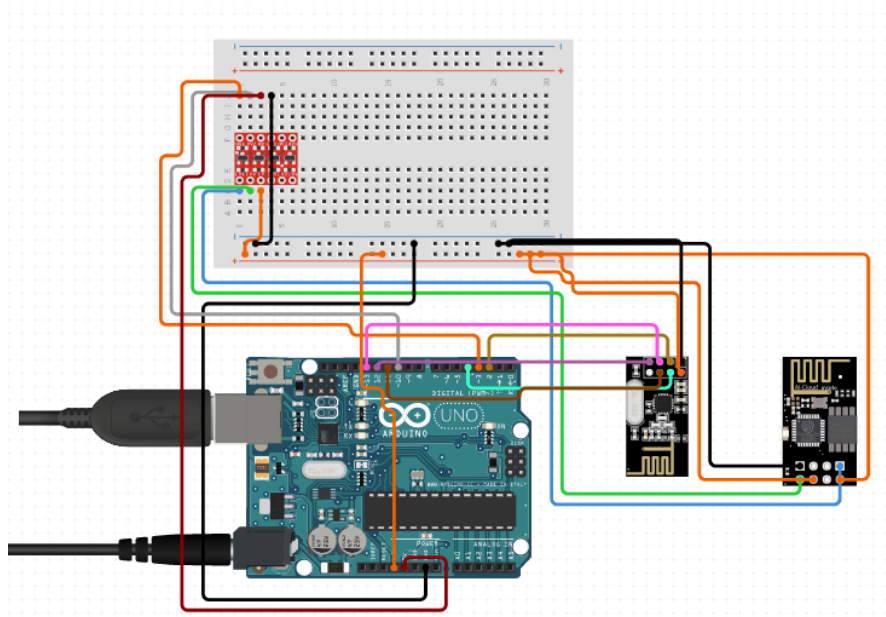
Gambar 5. Diagram alir *node* sensor

Diagram alir pada Gambar 5 merupakan proses bekerja *node* sensor. Sensor ultrasonik akan membaca besaran fisis berupa *level* pada *vessel*, sedangkan *flowmeter* akan membaca debit fluida yang masuk ke dalam *vessel*. Data *flow* dan *level* tersebut kemudian dikirim melalui perangkat radio yaitu NRF24L01+ untuk diteruskan ke *node* kontrol. *Node* sensor akan menunggu *acknowledgment* dari *node* kontrol apakah data yang dikirim telah diterima atau tidak. Apabila tidak, *node* sensor akan mengirimkan data baru ke *node* kontrol sampai akhirnya data tersebut diterima oleh *node* kontrol. Hal ini merupakan pencegahan untuk penumpukkan data.

2.1.2. Node Kontrol

Data *level* dan *flow* yang didapatkan dari *node* sensor akan diolah menjadi *fuzzy input* hingga akhirnya dapat menjadi nilai *output* untuk aktuator. *Node* kontrol berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan pemberi perintah kepada *node* aktuator. Selain itu, pada *node* kontrol juga akan mengirimkan data hasil pengukuran *node* sensor dan hasil analisis logika *fuzzy* ke *webserver* untuk *monitoring*. *Node* kontrol terdiri dari mikrokontroler, *rf transceiver* dan juga modul *WiFi*. Pada penelitian ini digunakan NRF24L01+ sebagai jalur komunikasi radio antar *node*, dan modul ESP8266 sebagai penghubung sistem ke internet seperti yang terlihat pada diagram skematik

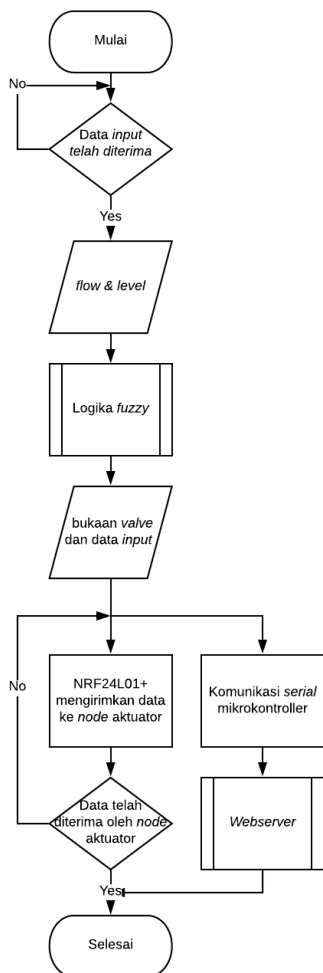
Gambar 6. Jalur komunikasi antara mikrokontroller dengan ESP8266 menggunakan komunikasi serial.



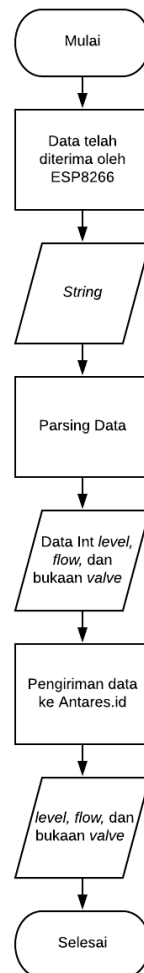
Gambar 6. Diagram skematik *node* kontrol

Pada diagram alir Gambar 7 dijelaskan bahwa perangkat radio akan memastikan bahwa data telah diterima atau belum. Apabila data belum diterima, *node* kontrol akan mengirimkan *acknowledgment* untuk meminta data kembali. Begitupun sebaliknya, apabila data telah diterima *node* kontrol akan mengirimkan *acknowledgment* sebagai tanda data telah diterima. Data yang diterima dari *node* sensor akan diproses dengan menggunakan logika *fuzzy* yang berubah menjadi nilai *output* untuk bukaan *valve*. Data hasil pengolahan dikirimkan ke *node* aktuator untuk dieksekusi pada aktuator. Data *input* dan data *output* hasil pengolahan akan dikirimkan secara *serial* ke modul ESP8266 untuk dikirimkan ke *webservice* Antares.id. Proses *acknowledgment* juga terjadi ketika *node* kontrol akan mengirimkan data ke *node* aktuator. Dimana *node* kontrol akan menunggu *acknowledgment* dari *node* aktuator sebagai tanda berhasil atau tidaknya pengiriman data.

Seperti yang terlihat pada Gambar 8, data yang dikirimkan secara *serial* dari mikrokontroler ke modul ESP8266 berupa *string data*. Data tersebut harus dilakukan *data parsing* terlebih dahulu dikarenakan data yang dikirimkan ke *webservice* harus berupa suatu bilangan/angka. *Data parsing* dilakukan dengan mencari header *string* berupa tanda bintang (*), tanda koma(,) sebagai pemisah dari data *level*, *flow*, dan bukaan *valve*, dan mencari tanda pagar (#) yang berfungsi sebagai tanda penutup *string*. Setelah selesai melakukan *data parsing*, ESP8266 akan mencari *acknowledgment* kepada Antares.id untuk memastikan bahwa terdapat *application* yang sesuai dengan *access key*. Data *level*, *flow*, dan bukaan *valve* akan dikirim melalui internet apabila *application* yang sesuai dengan *access key* telah ditemukan.



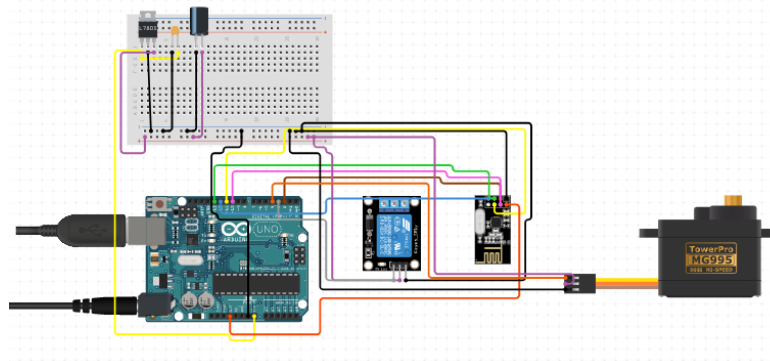
Gambar 7. Diagram alir *node* kontrol



Gambar 8. Diagram alir *webserver*

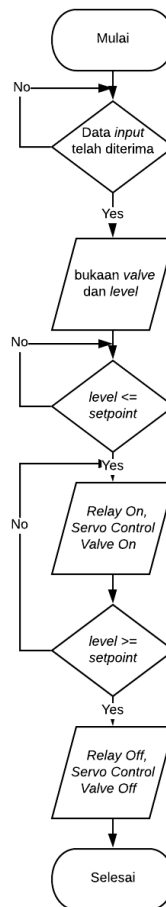
2.1.3. Node Aktuator

Node aktuator berfungsi untuk mengeksekusi perintah yang didapatkan dari *node* kontrol. Data bukaan *valve* dari *node* kontrol menjadi nilai *input* untuk *servo control valve*. Gambar 9 merupakan diagram skematik *node* aktuator dimana terdiri dari mikrokontroler, *rf transceiver*, *servo control valve*, dan juga relay. Pada penelitian ini menggunakan NRF24L01+ sebagai alat komunikasi antar *node*, relay 1 channel untuk menyala dan mematikan pompa sesuai *setpoint* yang telah ditentukan, *servo control valve* yang merupakan hasil fabrikasi mandiri yang terdiri dari motor *servo* dengan torsi mencapai 25 kg agar dapat memutar *ball valve* ½”.



Gambar 9. Diagram skematik *node* aktuator

Pada diagram alir Gambar 10 digambarkan proses *acknowledgment* terjadi ditiap *node*. Hal ini untuk mengurangi penumpukan data dan *data collision*. *Node* aktuator akan memastikan bahwa data yang dikirimkan oleh *node* kontrol telah diterima. Data tersebut akan menjadi *input* untuk *servo control valve*. Selain data bukaan *valve*, *node* kontrol mengirimkan data *level* sebagai parameter yang akan digunakan oleh *node* aktuator untuk menjalankan pompa melalui relay. *Node* aktuator akan terus bekerja hingga *level* mencapai *setpoint*, kemudian memutus hubungan relay dengan pompa.



Gambar 10. Diagram alir *node* aktuator

2.2. Metode Logika Fuzzy

Terdapat 2 *input* dan 1 *input* sebagai komponen pembentuk sistem logika *fuzzy*. *Input level*, *input flow*, dan besaran bukaan *valve* sebagai output akan menjadi dasar aturan logika *fuzzy* pada penelitian ini. Proses logika *fuzzy* dimulai ketika data *input level* dan *flow* telah diterima oleh *node* kontrol. Proses pertama adalah proses fuzzifikasi yaitu merubah nilai *input* yang didapatkan menjadi nilai *input fuzzy* sesuai dengan fungsi keanggotaan pada *variable fuzzy*. Proses inferensi melakukan penalaran terhadap *input fuzzy* dan *fuzzy rule base* yang telah ditentukan untuk menghasilkan *fuzzy output*. Proses defuzzifikasi akan merubah nilai *fuzzy* output menjadi nilai *crisp* atau pasti, dalam hal ini menjadi nilai *output* bukaan *valve*.

2.2.1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses merubah nilai *crisp* menjadi *input fuzzy* sesuai dengan *membership function input* tersebut. Pada penelitian ini terdapat *membership function* untuk *input level* dan *flow*. Tipe fungsi keanggotaan yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe gabungan antara bentuk segitiga dan trapesium kecuali pada nilai output yang menggunakan fungsi keanggotaan *singleton* dimana fungsi keanggotaan yang memiliki derajat keanggotaan 1 pada suatu nilai pasti (*crisp*) tunggal dan 0 pada semua nilai *crisp* yang lain seperti pada Tabel 1 merupakan himpunan keanggotaan yang berlaku pada penelitian ini.

Tabel 1 *Membership Function* yang berlaku

Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain	Fungsi Keanggotaan
Level [0 L – 1000 L]	S. Dangkal	[0 – 150] L	Trapesium
	Dangkal	[100 – 350] L	Segitiga
	Sedang	[250 – 750] L	Segitiga
	Tinggi	[650 – 950] L	Segitiga
	Penuh	[900 – 1000] L	Trapesium
Flow [0 L/Min – 30 L/Min]	S. Lambat	[0 – 5] L/Min	Trapesium
	Lambat	[3 – 9] L/Min	Segitiga
	Sedang	[7 – 17] L/Min	Segitiga
	Cepat	[14 – 22] L/Min	Segitiga
	S. Cepat	[20 – 30] L/Min	Trapesium
Bukaan valve [0° - 90°]	Tutup	0°	<i>Singleton</i>
	Kecil	35°	<i>Singleton</i>
	Sedang	55°	<i>Singleton</i>
	Besar	75°	<i>Singleton</i>
	Terbuka	90°	<i>Singleton</i>

2.2.2. Fuzzy Rule Base

Pada basis aturan *fuzzy*, nilai *input flow*, nilai *input level*, dan nilai output bukaan kontrol *valve* akan dijadikan fungsi *IF THEN*. Fungsi *IF THEN* sintaks yang dituliskan untuk mengatur aturan-aturan yang berlaku pada sistem logika *fuzzy*, dimana *IF* berfungsi untuk memasukkan nilai *input fuzzy* yang dipisahkan dengan kata *And* diantara *input fuzzy* yang dimasukkan dan *THEN* yang berfungsi sebagai pemberi pernyataan untuk *output fuzzy* sesuai dengan aturan yang berlaku pada setiap fungsi keanggotaan tiap nilai *input* dan output. Terdapat 25 aturan yang berlaku pada sistem *fuzzy* pada penelitian ini seperti diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2 *Fuzzy Rule Base*

	S.Dangkal	Dangkal	Sedang	Tinggi	Penuh
S.Cepat	Terbuka	Terbuka	Besar	Sedang	Kecil
Cepat	Terbuka	Terbuka	Besar	Sedang	Kecil
Sedang	Terbuka	Terbuka	Besar	Sedang	Kecil
Lambat	Terbuka	Terbuka	Besar	Sedang	Kecil
S.Lambat	Terbuka	Terbuka	Besar	Sedang	Tutup

2.2.3. Metode Inferensi Fuzzy

Metode inferensi logika *fuzzy* yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *min-Max*. Untuk metode *min* digunakan ketika melakukan inferensi *input fuzzy* dengan *fuzzy rule*, dimana memilih nilai minimum dari nilai *input fuzzy* pada aturan-aturan yang berlaku untuk mendapatkan nilai *output fuzzy*. Metode *Max* digunakan setelah *output fuzzy* ditemukan, yaitu

dengan memilih nilai *output fuzzy* dengan nilai maksimal pada *output fuzzy* yang memiliki aturan yang sama.

2.2.4. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah agregasi hasil clipping dari semua aturan *fuzzy* sehingga didapatkan *fuzzy set* tunggal atau nilai *crisp* untuk output. Pada penelitian ini digunakan metode sugeno dengan fungsi keanggotaan *singleton* dan dengan metode defuzzifikasi *weighted average* yaitu, metode yang mengambil nilai rata-rata dengan menggunakan pembobotan berupa derajat keanggotaan. Sehingga didapatkan fungsi sebagai berikut,

$$y^* = \frac{\sum \mu(y)y}{\mu(y)} \quad (1)$$

Keterangan :

y^* = Nilai *crisp output*

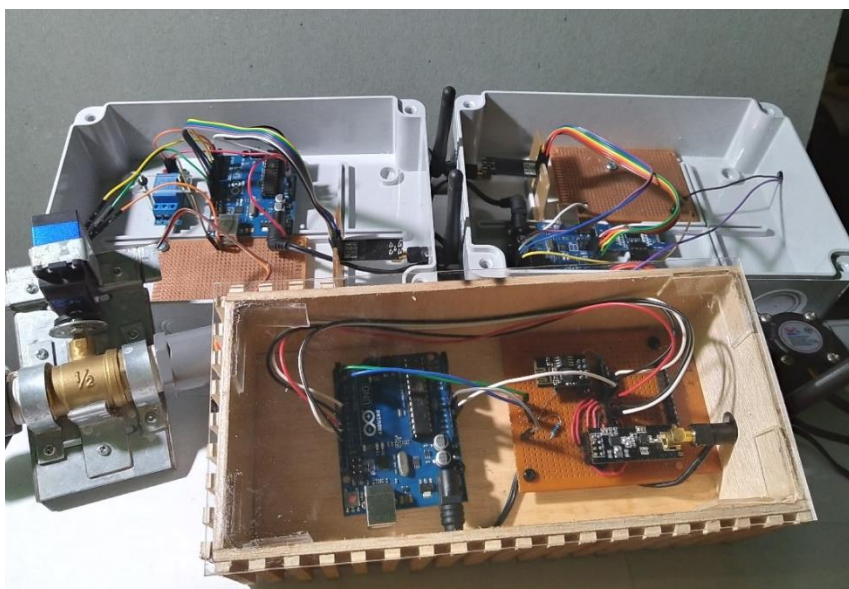
$\mu(y)$ = Derajat keanggotaan dari y

y = Nilai *fuzzy output*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Perancangan *Node* Nirkabel

Perancangan alat dilakukan sesuai dengan diagram skematik pada metode penelitian. *Node* sensor terdiri dari sensor ultrasonik, *flowmeter*, mikrokontroler, NRF24L01+, *node* kontrol terdiri dari ESP8266, mikrokontroler dan NRF24L01+, dan untuk *node* aktuator terdiri dari *servo control valve*, *relay*, mikrokontroler, dan NRF24L01+ seperti yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil perancangan sistem *node* nirkabel

3.2. Pengujian Algoritma Logika *Fuzzy*

Setelah dilakukan pengujian pada sensor dan modul NRF24L01+, *node-node* ditempatkan sesuai dengan posisi dan fungsinya masing-masing. *Node* sensor ditempatkan pada tangki air dengan ukuran diameter 105 cm dan tinggi 132 cm yang ditempatkan pada tower tangki dengan ketinggian 5 m. Jarak *node* sensor ke *node* kontrol adalah 17,9 m. *Node* kontrol ditempatkan di ruang kerja penulis, sedangkan jarak *node* kontrol ke *node* aktuator yang ditempatkan di garasi di

seberang jalan dari kantor adalah 28,84 m. Data bukaan kontrol *valve* pada Tabel 3 didapatkan dari hasil perhitungan logika *fuzzy* metode sugeno dengan tipe output *singleton* dan dengan metode defuzzifikasi *Weighted Average*. Data diperoleh dari *node* sensor dan hasil pengolahan data sensor oleh *node* kontrol.

Tabel 3 Tabel Data Sensor *Level*, Sensor *Level*, Dan Hasil Perhitungan *Fuzzy*

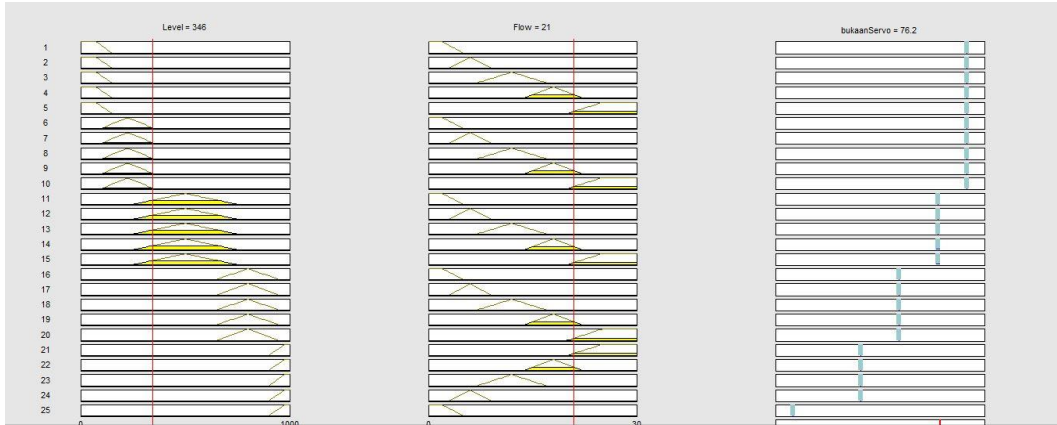
No	Level (L)	Flow (L/Min)	Bukaan Kontrol Valve (°)
1	130	24	90
2	260	23,78	89,21
3	346	20,32	76,87
4	502	20	75
5	606	20	75
6	736	15,15	57,91
7	857	13	55
8	909	11	48,9
9	952	9,33	35
10	978	2,4	0

Dilakukan analisis menggunakan simulasi *Toolbox* Matlab dan analisis matematis yang digunakan sebagai perbandingan dengan hasil pengolahan oleh sistem seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4 Perbandingan Hasil Analisis Sistem, dan Matlab

No	Level (L)	Flow (L/Min)	Sistem (°)	Matlab (°)	Error (°)
1	130	24	90	90	0
2	260	23,78	89,21	89,2	0,01
3	346	20,32	76,87	76,2	0,67
4	502	20	75	75	0
5	606	20	75	75	0
6	736	15,15	57,91	56,8	1,11
7	857	13	55	55	0
8	909	11	48.90	48,9	0
9	952	9,33	35	35	0
10	978	2,4	0	0	0
Total Error rata-rata					0,179

Diberikan contoh hasil simulasi oleh Matlab pada Gambar 12 menunjukkan nilai *level* 346 L dengan nilai *flow* 20,32 L/min.



Gambar 12 Hasil Analisis Software Matlab Level 346 L & Flow 20.32 L/Min

Berdasarkan Gambar 12, didapatkan nilai untuk bukaan kontrol valve dari hasil analisis Matlab pada level = 346 L dan flow = 20.32 L/Min adalah 76.2° atau pada himpunan fuzzy “Terbuka”. Pada level berlaku himpunan fuzzy dangkal dan sedang, untuk flow berlaku himpunan fuzzy sangat cepat dan cepat.

$$\mu \text{ Dangkal (346 L)} = \frac{350 - x}{350 - 225} = \frac{350 - 346}{350 - 225} = \frac{4}{125}$$

$$\mu \text{ Sedang (346 L)} = \frac{x - 250}{500 - 250} = \frac{346 - 250}{500 - 250} = \frac{96}{250} = \frac{48}{125}$$

$$\mu \text{ S.Cepat (20.32 L/Min)} = \frac{x - 20}{25 - 20} = \frac{20.32 - 20}{25 - 20} = \frac{0.32}{5}$$

$$\mu \text{ Cepat (20.32 L/Min)} = \frac{22 - x}{22 - 18} = \frac{22 - 20.32}{22 - 18} = \frac{1.68}{4}$$

Maka ada 4 aturan yang dapat diaplikasikan

- IF Level is Dangkal (4/125) And Flow is S.Cepat (0.32/5) Then Bukaan Valve is Terbuka (4/125)
- IF Level is Dangkal (4/125) And Flow is Cepat (1.68/4) Then Bukaan Valve is Terbuka (4/125)
- IF Level is Sedang (48/125) And Flow is S.Cepat (0.32/5) Then Bukaan Valve is Besar (0.32/5)
- IF Level is Sedang (48/125) And Flow is Cepat (1.68/4) Then Bukaan Valve is Besar (48/125)

Nilai bukaan valve didapatkan dari aturan fuzzy yang telah ditetapkan dan hasil dari conjunction (\cap) dimana dengan memilih derajat keanggotaan minimum antara level dan flow. Untuk menentukan Nilai akhir untuk bukaan valve digunakan aturan disjunction (\cup) dimana dengan memilih derajat keanggotaan maksimum antara dua nilai bukaan valve pada anggota yang sama.

- $\mu \text{ Terbuka} = \text{Terbuka (4/125)}$

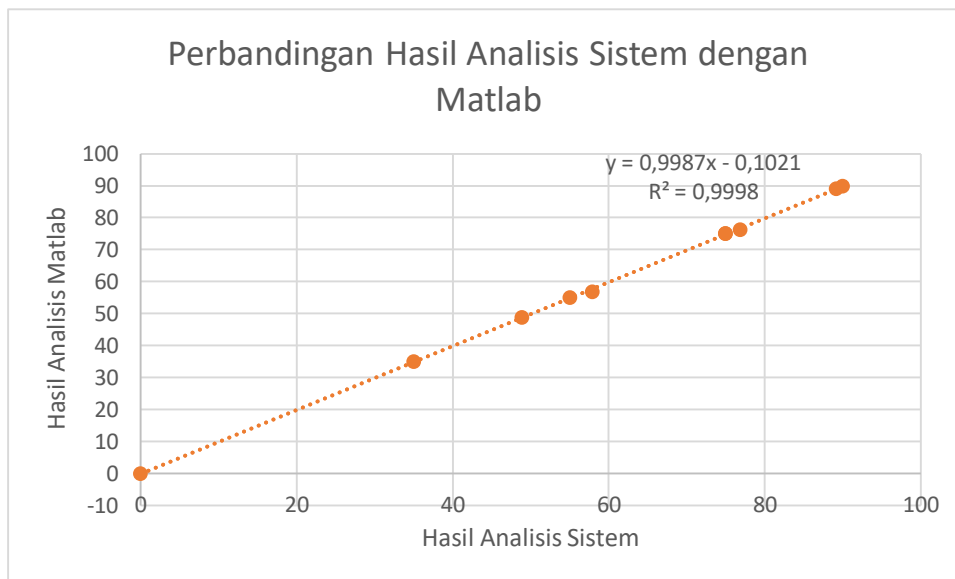
- $\mu_{\text{Besar}} = \text{MAX} (\text{Besar} (0.32/5) \cup \text{Besar} (48/125)) = \text{Besar} (48/125)$

Menentukan nilai defuzzifikasi dengan metode *Weighted Average* dengan menghitungnya dengan menggunakan rumus (1).

$$y^* = \frac{\sum \mu(y)y}{\sum \mu(y)} = \frac{\left(\left(\frac{4}{125}\right)90\right) + \left(\left(\frac{48}{125}\right)75\right)}{\left(\frac{4}{125}\right) + \left(\frac{48}{125}\right)} = \frac{31.68}{0.416} = 76.2^\circ$$

Dari data yang didapatkan dari sistem, simulasi Matlab dan juga analisis matematis didapatkan, data yang beragam dengan deviasi yang tidak terlalu jauh. Perbedaan terjadi ketika dikarenakan perbedaan angka dibelakang tanda koma yang dipakai. Pada sistem atau program di mikrokontroler tidak didefinisikan berapa nilai angka dibelakang koma yang digunakan, dan pada analisis matematis menggunakan dua angka dibelakang tanda koma, sedangkan pada Matlab membulatkan ke atas menjadi satu angka dibelakang koma. Seperti pada contoh diatas nilai yang didapatkan oleh hasil pengolahan sistem $76,87^\circ$ sedangkan dari hasil simulasi Matlab dan perhitungan manual didapatkan nilai $76,2^\circ$

Namun apabila dilihat hasil yang didapatkan memiliki nilai *error* yang dimiliki kurang dari 1%, hal itu dapat terlihat pada Gambar 13, dimana nilai koefisien peubahnya yang didapat dari perbandingan 0.9987 dengan simpangan data rata-rata 0.1021.



Gambar 13. Grafik perbandingan hasil analisis sistem dengan Matlab

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan hasil rancangan sistem *node* nirkabel dapat diimplementasikan pada purwarupa *vessel separator*. Nilai hasil pengolahan data dengan menggunakan metode logika *fuzzy* memiliki nilai *error* kurang dari 1%. Data tersebut dibandingkan dengan hasil simulasi Matlab. Hasil yang didapatkan dari dua metode tersebut menghasilkan nilai yang beragam namun tidak terlalu jauh berbeda dengan tingkat kesamaan data mencapai 99,98%.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada PT. Tri Hazna Pertiwi untuk diperbolehkan penelitian ini dilakukan di kantor PT. Tri Hazna Pertiwi, dan untuk dukungan moril dan materiil selama penelitian ini dilakukan

Referensi

- [1] D.D.A. Sukaryo, M.T. Toha, U.A. Prabu, “Kajian ulang desain separator untuk mencapai target produksi 1500 BFPD pada *oil plant* SG-09 PT. Energi Mega Persada (EMP) Gelam-Jambi”, *JP*, vol. 1, no. 2, pp. 1-10, 2017
- [2] A.R. Antari, R. Bahari, “Perancangan separator vertikal mini 2 fasa pada kegiatan sampling fluida (tinjauan aspek keekonomian) di PT. Pertamina EP asset 2 *field* Limau”, *Jurnal Teknik Patra Akademika*, vol. 7, no. 2, pp. 49-62, 2016
- [3] G. Herawati, “Penanganan produksi di atas permukaan *separator*”, 2016
- [4] K. Nugroho, A.Y. Kurniawan, “Uji performansi jaringan menggunakan kabel UTP dan STP”, *Jurnal Elkomika*, vol. 5, no. 1, pp. 48-59, 2017
- [5] T. Budioko, “Sistem monitoring suhu jarak jauh berbasis internet of things menggunakan protokol MQTT”, *Seminar Riset Teknologi Informasi (SRITI)*, pp. 353-358, 2016
- [6] T.F. Arya, M. Faiqurahman, Y. Azhar, “Aplikasi wireless sensor network untuk sistem monitoring dan klasifikasi kualitas udara”, *Jurnal Sistem Informasi (Journal of Information System)*, vol. 14, no. 2, pp.74-82, 2018
- [7] B. Fajriansyah, M. Ichwan, R. Susana, “Evaluasi karakteristik xbee pro dan nrf24l01+ sebagai *transceiver* nirkabel”, *Jurnal Elkomika*, vol. 4, no. 1, pp. 83-97, 2016
- [8] U.J. Shobrina, R. Primananda, R. Maulana, “Analisis kinerja pengiriman data modul *transceiver* nrf24l01, xbee, dan *wifi* esp8266 pada *wireless sensor network*”, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 4, pp. 1510-1517, 2018
- [9] B. Haryanto, N. Ismail, E.J. Pristianto, “Sistem monitoring suhu dan kelembaban secara nirkabel pada budidaya tanaman hidroponik”, *JTERA Jurnal Teknologi Rekayasa*, vol. 3, no. 1, pp. 47-54, 2018
- [10] A.R. Al Tahtawi, E. Andika, W.N. Harjanto, “Desain awal pengembangan sistem kontrol irigasi otomatis berbasis node nirkabel dan internet-of-things”, *Jurnal Otomasi Kontrol Instrumentasi*, vol. 10, no. 2, pp. 121-132, 2018
- [11] A. Satrio, Dr. Ir. R. Munadi, M.T., R. Mayasari, S.T., M.T., “Analisis pengaruh pola penyebaran *node* pada jaringan sensor nirkabel”, *e-Proceeding of Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 494-503, 2015
- [12] D.I. Saputra, I.M. Fajrin, Y.B. Zainal, “Perancangan sistem pemantau dan pengendali alat rumah tangga menggunakan NodeMCU”, *JTERA vol. 4 no. 1*, pp. 9-16, 2019
- [13] M. Nadhif, Suryono, “Aplikasi *fuzzy logic* untuk pengendali motor dc berbasis mikrokontroler atmega8535 dengan sensor photodiode”, *Jurnal Teknik Elektro vol. 7 no. 2*, pp. 81-85, 2015