

Kontrol Flow Gas pada Pengembangan Sistem Distribusi Gas Rumah Tangga Menggunakan PLC dan Metode Fuzzy Logic

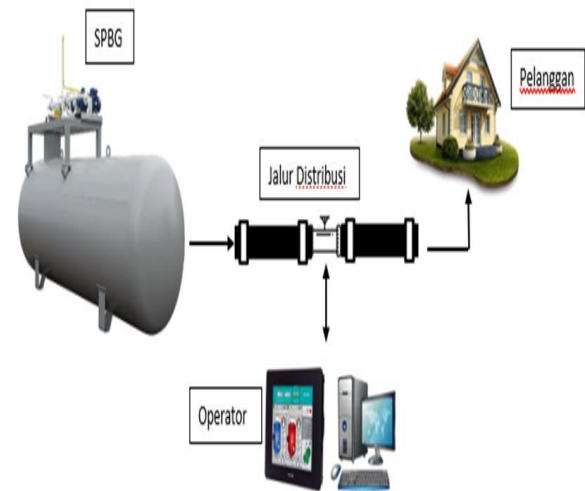
Damara Achmad Fenanda, Imam Wahyudi Farid, dan Ciptian Wieried Priananda
Departemen Teknik Elektro Otomasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: wahyu@ee.its.ac.id

Abstrak—Penyaluran gas bumi melalui pipa yang memerlukan pemantauan secara berkala untuk memastikan jalur distribusi gas bumi tersalurkan dengan baik, serta meminimalisir faktor kebocoran gas pada pipa distribusi yang disalurkan ke pelanggan yaitu rumah tangga. Pada sistem control aliran gas dilengkapi dengan metode aplikasi Fuzzy Logic, yang dimana metode ini merupakan metode yang mampu menganalisa dan mengklasifikasi dari akibat suatu kejadian atau masalah yang timbul selama proses pendistribusian gas. Penggunaan metode fuzzy logic dalam sistem Kontrol Flow Gas Pada Pengembangan Sistem Distribusi Gas Rumah Tangga Menggunakan PLC Dan Metode Fuzzy Logic dilakukan dengan memasukkan seluruh jumlah nilai input aliran udara mulai dari 50-100 m³. Pada aliran gas tinggi sistem control flow gas bekerja dengan optimal untuk mencegah terjadinya over flow gas dengan cara memperkecil bukaan valve sehingga aliran gas setelah melalui valve akan tetap terjaga dalam range normal.

Kata Kunci—Fuzzy Logic, Gas Flow, PLC, Kontrol Valve.

I. PENDAHULUAN

GAS alam sering disebut sebagai gas Bumi atau gas rawa, adalah bahan bakar fosil berbentuk gas yang terutama terdiri dari metana (CH₄). Ia dapat ditemukan di ladang minyak, ladang gas Bumi dan juga tambang batu bara. Ketika gas yang kaya dengan metana diproduksi melalui pembusukan oleh bakteri anaerobik dari bahan-bahan organik selain dari fosil, maka ia disebut biogas. Sumber biogas dapat ditemukan di rawa-rawa, tempat pembuangan akhir sampah, serta penampungan kotoran manusia dan hewan. Penggunaan Gas Bumi sangat luas, terutama untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga yang saat ini banyak sekali yang menginginkan manfaat gas bumi untuk memenuhi kebutuhan pada sektor rumah tangga. Peningkatan penggunaan Gas Bumi pun diprediksi akan semakin besar dalam beberapa tahun kedepan. Namun banyak calon pelanggan utamanya pelanggan kecil dan komersial yang membutuhkan gas bumi tetapi tidak berada pada jaringan gas bumi sehingga mereka tidak dapat merasakan manfaat gas bumi. Penyaluran gas bumi melalui pipa yang memerlukan pemantauan secara berkala untuk memastikan jalur distribusi gas bumi tersalurkan dengan baik, serta meminimalisir faktor kebocoran gas pada pipa distribusi maupun produksi. Permasalahan pada proses pendistribusian gas bumi dengan menggunakan perangkat CNG Cradle adalah sulitnya memonitoring kondisi perangkat tersebut. Dengan adanya kesulitan tersebut, sehingga ketika dibutuhkan Tindakan pencegahan, Tindakan pencegahan tersebut masih kurang efektif. Maka dibutuhkan perangkat kontrol yang mampu menyelesaikan permasalahan tersebut. Pada proyek akhir ini, sistem control valve pada pipa gas dirancang untuk



Gambar 1. Desain sistem distribusi gas.

mengontrol sistem distribusi aliran gas pada rumah tangga dari adanya kebocoran pada jalur pipa gas dan terjadinya over flow pada aliran gas. Sistem control valve tersebut dirancang menggunakan salah satu metode artificial intelligence (AI) yaitu fuzzy logic yang dapat mengklasifikasikan atau mengidentifikasi suatu kondisi aliran gas pada sistem control valve pipa gas.

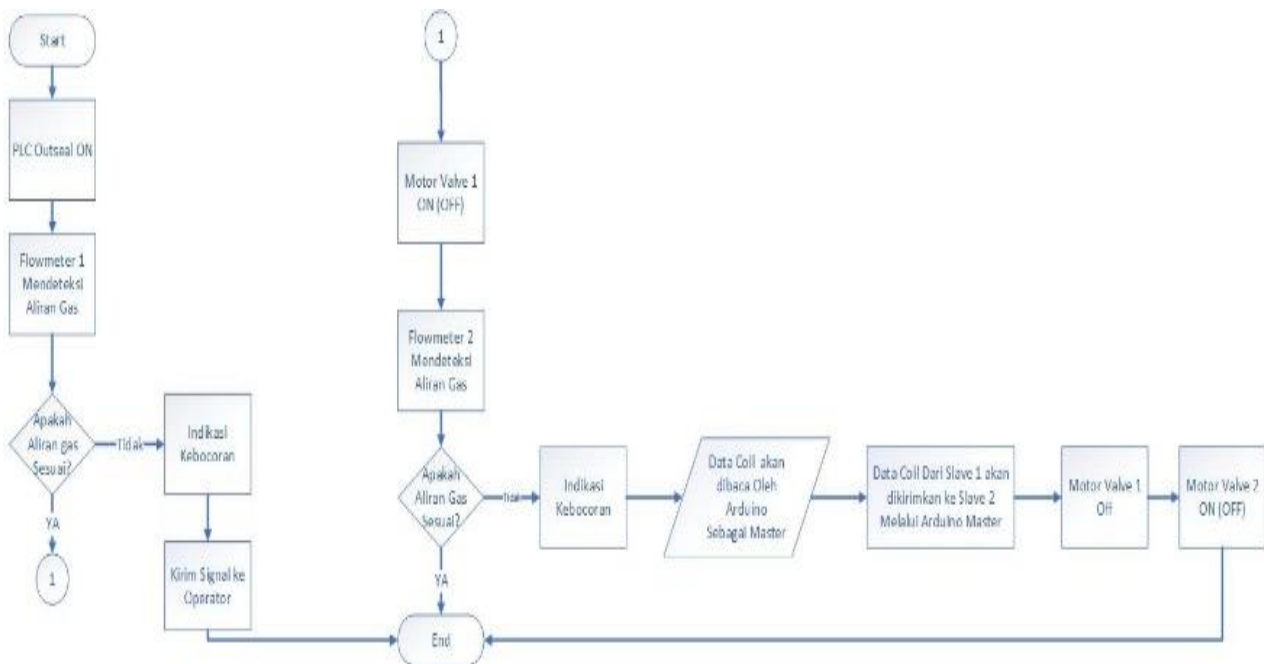
II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Gas Alam

Gas alam merupakan suatu komponen penting untuk suplai energi dunia. Gas alam sebagai sumber daya alam yang sangat penting untuk memproduksi baik bahan bakar maupun amonia (amonia merupakan komponen vital untuk produksi pupuk). Memiliki persamaan dengan minyak mentah dan batubara, gas alam adalah bahan bakar fosil yang berasal dari sisa-sisa tanaman, hewan dan mikroorganisme, yang tersimpan dalam di bawah tanah selama jutaan tahun. Namun tidak seperti bahan bakar fosil lainnya, gas alam merupakan salah satu sumber daya alam sebagai sumber energi yang paling bersih (memiliki intensitas karbon yang rendah), teraman dan paling berguna dari semua sumber energi [1].

B. Fuzzy Logic Controller

Logika fuzzy adalah cabang dari sistem kecerdasan buatan (*Artificial Intelligent*) yang mengemulasi kemampuan manusia dalam berfikir ke dalam bentuk algoritma yang kemudian dijalankan oleh mesin. Algoritma ini digunakan



Gambar 2. Flowchart sistem distribusi gas.

dalam berbagai aplikasi pemrosesan data yang tidak dapat direpresentasikan dalam bentuk biner. Logika fuzzy menginterpretasikan statemen yang samar menjadi sebuah pengertian yang logis.

Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar yang artinya suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Logika fuzzy merupakan suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran antara benar atau salah. Dalam teori logika fuzzy suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Namun seberapa besar kebenaran dan kesalahan tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya.

Logika fuzzy memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 (nol) hingga 1 (satu) dan logika fuzzy menunjukkan sejauh mana suatu nilai benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output dan mempunyai nilai kontiniu. Fuzzy dinyatakan dalam derajat keanggotaan dan derajat kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama [2].

Logika fuzzy adalah cara mudah untuk memetakan ruang input ke ruang output. Ini adalah titik awal untuk yang lainnya, dan penekanan besar di sini adalah pada kata "nyaman". Apa yang saya maksud dengan input pemetaan ruang ke ruang keluaran? Berikut ini beberapa contohnya: Ceritakan seberapa baik layanan Anda di restoran, dan Saya akan memberi tahu Anda tip apa yang seharusnya. Beri tahu saya seberapa panas air yang Anda inginkan, dan saya akan menyesuaikan katup keran ke pengaturan yang benar.

Dalam konteks ini, logika Fuzzy adalah metodologi sistem kontrol pemecahan masalah yang cocok untuk implementasi dalam sistem mulai dari pengendali mikro yang sederhana, kecil, tertanam hingga yang besar, jaringan, PC multi-saluran atau sistem akuisisi dan kontrol data berbasis stasiun kerja.

Pengontrol fuzzy sangat sederhana secara konseptual. Mereka terdiri dari tahap masukan, tahap pemrosesan, dan tahap keluaran. Sensor peta tahap masukan atau masukan lainnya, seperti sakelar, roda ibu jari, dan sebagainya, ke

fungsi keanggotaan yang sesuai dan nilai kebenaran. Tahap pemrosesan memanggil setiap aturan yang sesuai dan menghasilkan hasil untuk masing-masing, lalu menggabungkan hasil aturan tersebut. Akhirnya, tahap keluaran mengubah hasil gabungan kembali menjadi nilai keluaran kontrol tertentu [3].

C. Water Flow Sensor

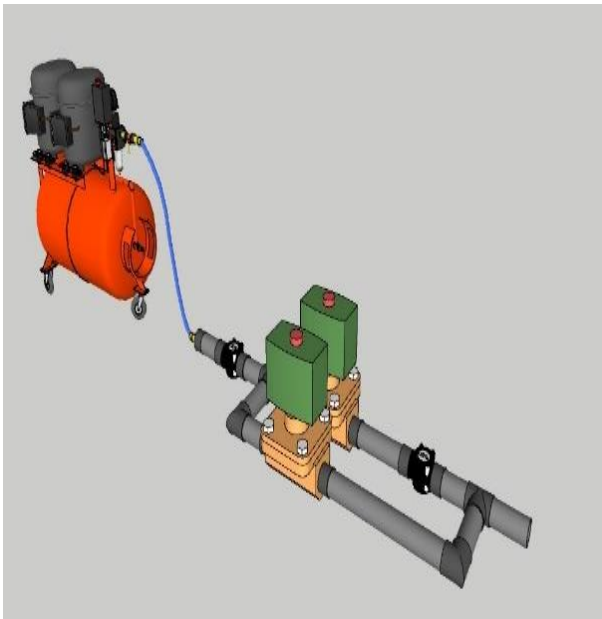
Water flow sensor adalah salah satu dari sensor yang berfungsi untuk menghitung debit zat cair yang mengalir yang menggerakkan motor dalam satuan liter. Sensor ini terdiri dari beberapa bagian antara lain katup plastik, rotor air, dan sensor hall effect. Prinsip kerja sensor ini adalah dengan memanfaatkan fenomena hall effect [4].

D. Motor Servo DC

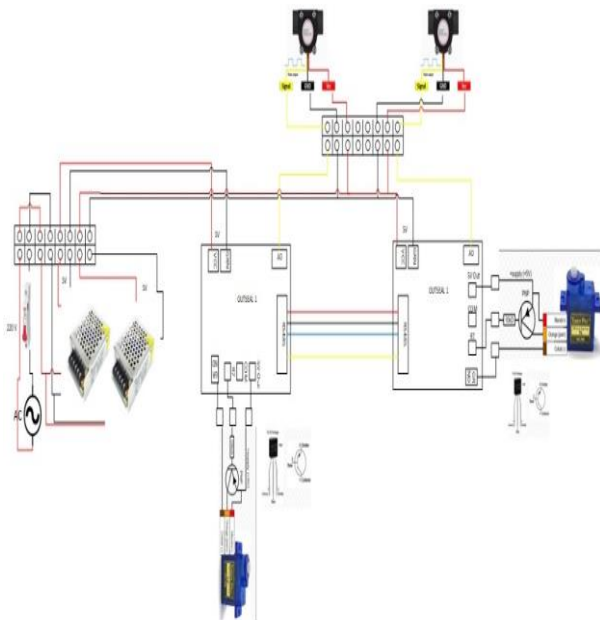
Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo [5].

E. Sensor Pressure

Pressure transmitter merupakan alat yang berguna untuk mengubah perubahan sensing element dari sebuah sensor menjadi sinyal yang mampu diterjemahkan oleh controller. Transmitter sendiri pasti berhubungan antara satu sama lainnya dengan komponen sensor. Sensor yang berguna untuk mengukur besaran tekanan akan memberikan keluaran berupa sinyal elektrik yang selanjutnya oleh transmitter akan dikirim menuju controller. Terdapat kemiripan antara pressure gauge dengan pressure transmitter. Perbedaan yang mendasar adalah apabila pressure gauge berguna untuk



Gambar 3. Desain *prototype* sistem distribusi gas.



Gambar 4. Wiring keseluruhan sistem.

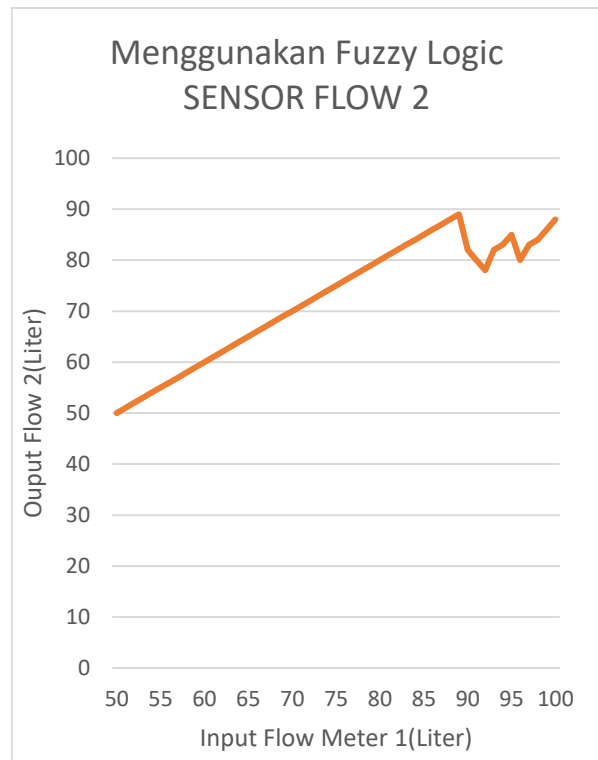
menampilkan hasil pengukuran dari sensor secara langsung (di area lokal), pressure transmitter sendiri selain nilai hasil pengukuran dari sensor juga dapat langsung ditampilkan, juga berguna untuk mentransmisikan sinyal hasil pengukuran dari sensor menuju ke controller dan juga dapat dikirimkan ke control room.

III. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Dalam melakukan pembuatan system control valve pada system distribusi gas menggunakan metode *fuzzy logic* memerlukan adanya sebuah rancangan yang dapat memberi arahan kerja serta permodelan system alat. yang akan dibuat agar mempermudah dalam melakukan pekerjaan pembuatan alat.

A. Perancangan Sistem

Pada gambar 1 merupakan desain rancangan dari sistem distribusi gas menggunakan metode *fuzzy logic*. Data dari sensor flowmeter akan diolah menggunakan kontroler PLC



Gambar 5. Grafik output servo menggunakan fuzzy logic.

Outseal dan akan yang dialam program PLC tersebut sudah diinputkan program metode *Fuzzy Logic*, selanjutnya akan ditampilkan pada HMI. Fokus bagian dari device yang dikerjakan pada bagaimana mengatur motor valve dengan input dari flowmeter yang kemudian membuka valve seakurat mungkin dengan menyesuaikan dari nilai aliran gas yang dibaca oleh sensor flowmeter.

Gambar 2 merupakan gambar diagram blok dimana pada gambar 2 tersebut terdapat 2 sensor yang digunakan yaitu sensor flowmeter dengan type YF S-200 dan 2 motor valve yang menggunakan motor servo MG995. Pada gambar 2 tersebut flowmeter 1 dan motor valve 1 terkoneksi dengan PLC Outseal 1 yang berperan sebagai master, flowmeter 2 dan motor valve terkoneksi dengan PLC Outseal 2 yang berperan sebagai Modbus Slave. Lalu kedua PLC tersebut terkoneksi dengan RS485 untuk komunikasi antara master dan slave yang kemudian akan dimonitoring melalui PC.

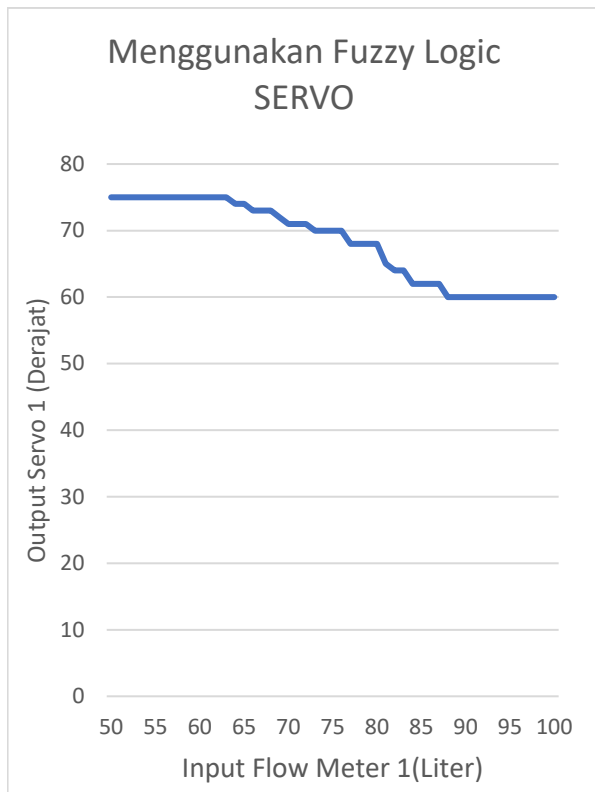
B. Perancangan Perangkat Keras

Gambar 3 menjelaskan desain mekanik dari alat yang dibuat dimana terdiri dari beberapa komponen, mulai dari Pipa PVC, Kemudian terdapat 2 sensor Flowmeter bertipe YSf-200 dan motor motor valve yang digerakkan menggunakan motor servo. Untuk ukuran Panjang pipa yang digunakan yaitu:

- Panjang Pipa ujung input hingga ke flowmeter 10 cm = 50 cm.
- Panjang Pipa output flowmeter 1 sambungan pipa = 10 cm.
- Panjang Pipa dari sambungan pipa ke motor valve 1 = 10 cm.
- Panjang Pipa dari output flowmeter 2 ke sambungan pipa 10 cm.

C. Perancangan Perangkat Elektronika

Pada gambar 4 merupakan gambar wiring diagram keseluruhan sistem distribusi gas. Pada sistem distribusi gas



Gambar 6. Grafik output servo menggunakan fuzzy logic.

terdapat beberapa komponen-komponen pendukung seperti terminal blok, MCB, Flowmeter, Motor valve, PLC Outseal, driver motor servo, dan power supply. Masing-masing komponen memiliki fungsi masing masing dan saling terhubung menjadi satu sistem untuk membentuk sebuah rancang bangun sistem distribusi gas.

D. Perancangan Fuzzy Logic

Metode fuzzy logic yang diterapkan pada sistem distribusi gas ini menggunakan metode fuzzy logic mamdani. Pada sistem distribusi gas ini memiliki 2 variabel input dan 1 output dengan 3 klasifikasi rule. Fuzzy logic dengan metode mamdani memiliki 3 tahapan yaitu fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Pada tahap fuzzifikasi akan memproses 2 parameter masukan yang merupakan himpunan keanggotaan dari flowrate dan pressure.

Tabel 1 merupakan Himpunan keanggotaan tegangan pada masukan keanggotaan dinyatakan dalam nilai dengan satuan liter (L) dan diklasifikasikan berdasarkan 3 parameter yaitu gas rendah, gas normal, dan gas tinggi.

Tabel 2 merupakan himpunan keanggotaan tekanan pada masukan keanggotaan dinyatakan dalam nilai dengan satuan pressure (PA) dan diklasifikasikan berdasarkan 3 parameter yaitu tekanan rendah, tekanan normal, dan tekanan tinggi.

Setelah melakukan penentuan terhadap masukan himpunan keanggotaan, langkah selanjutnya yakni menentukan aturan dasar Fuzzy Logic. Berikut merupakan perancangan aturan dasar Fuzzy Logic:

- (R1) IF Flow is gas Normal AND tekanan is Normal THEN Valve terbuka sedang
- (R2) IF Flow is gas Tinggi AND tekanan is Tinggi THEN Valve terbuka kecil.
- (R3) IF Flow is gas Rendah AND tekanan is Rendah THEN Valve terbuka lebar.

Tabel 1.
Masukan himpunan fungsi keanggotaan flow

Flowrate	Kondisi
50 - 80	Rendah
60 - 90	Normal
80 - 100	Tinggi

Tabel 2.
Masukan himpunan fungsi keanggotaan tekanan

Tekanan (pa)	Kondisi
24 - 37	Rendah
27 - 40	Normal
37 - 44	Tinggi

IV. HASIL DAN ANALISA

A. Pengujian Sensor Flow

Tabel 3 merupakan data pengujian sensor Flowmeter yang telah dialiri udara. Pada proses kalibrasi hasil pembacaan sensor dimasukan kedalam perhitungan rumus menggunakan program perhitungan pada program Outseal.

$$Q_{Fluida} = V_{Fluida} \times A \tag{1}$$

dimana:

Q Fluida = Volume fluida yang melewati tabung tersebut (m³/s).

V Fluida = Kecepatan fluida didalam tabung (m/s).

A = Luas penampang pipa (m²)

Untuk perhitungan flow gas dapat dilihat pada rumus dibawah ini:

$$m = Q_{Fluida} \times \rho = A \times V \times \rho \tag{2}$$

dimana:

m = mass flow (lbs/sec)

ρ = rensity (lbs/sec)

Q gas = rata – rata flow aliran gas (ft/sec)

A = luas Pipa

Dan untuk perhitungan volume gas dan error dapat dilihat pada rumus berikut:

$$V_{gas} = \text{rata – rata kecepatan aliran gas}$$

$$Error (\%) = \frac{Flowrate\ sebenarnya - flowrate\ terdeteksi}{Flowrate\ sebenarnya} \times 100\% \tag{3}$$

$$Error (\%) = \frac{[Pressure\ sebenarnya - Pressure\ terdeteksi]}{[Pressure\ sebenarnya]} \times 100\% \tag{4}$$

Dari pengujian sensor yang dilakukan pada Tabel 3 didapatkan hasil sesuai dengan perancangan yang dibuat yaitu sensor flow dapat berjalan dengan baik walaupun ada selisih pembacaan antara PLC Outseal dengan hasil pembacaan flow sensor. Kesalahan ini memiliki besaran 0,1 hingga 1,1 persen yang dihitung menggunakan persamaan 3. Hasil error tersebut disebabkan karena PLC outseal hanya bisa membaca bilangan interger dan didapatkan rata-rata error sebesar 0,5%.

B. Pengujian Sensor Tekanan.

Pada tabel 4 merupakan hasil pembacaan sensor pressure yang telah dialiri udara. Pada proses kalibrasi hasil

Tabel 3.
Penguujian sensor flow

No	Pembacaan Flow Sensor (m^3)	Hasil Kalibrasi (m^3/s)	Pembacaan pada Outseal (m^3/s)	Error (%)
1	50	55	55	0
2	51	56,1	56	0,1
3	52	57,2	57	0,3
4	53	58,3	58	0,5
5	54	59,4	59	0,6
6	55	60,5	60	0,8
7	56	61,6	61	0,9
8	57	62,7	62	1,1
9	58	63,8	63	1,2
10	59	64,9	64	1,3
11	60	66	66	0
12	61	67,1	67	0,1
13	62	68,2	68	0,2
Rata-rata Error				0,5

pembacaan sensor dibandingkan dengan hasil pembacaan pressure gauge dengan acuan jumlah flowrate yang masuk melalui pipa sebesar 1/2 inch.

Dari pengujian sensor yang dilakukan pada Tabel 4 didapatkan hasil sesuai dengan perancangan yang dibuat yaitu sensor pressure dapat berjalan dengan baik walaupun ada selisih pembacaan antara sensor pressure dengan hasil pembacaan pressure gauge. Kesalahan ini memiliki besaran 2,2% hingga 4,3% yang dihitung menggunakan persamaan 4. Nilai error ini disebabkan sensitifitas pada sensor pressure electric yang terlalu sensitive yang berbeda dengan sensor pressure gauge analog dan hampir setiap pengukuran memiliki perbedaan atau selisih.

C. Pengujian Seluruh Sistem

Pada Gambar 5 dan Gambar 6 adalah grafik pengujian keseluruhan sistem yang dilakukan dengan menggunakan beberapa komponen yaitu sensor tekanan, sensor flow, dan kompresor. Data menandakan bahwa jika tekanan dan flow rendah maka valve akan terbuka lebar, namun jumlah aliran gas tidak berubah. Dan jika sensor tekanan dan sensor flow tinggi, maka otomatis valve akan terbuka sedikit. Sehingga jumlah aliran gas dan tekanan yang melewati valve akan tetap dalam range normal. Pergerakan valve akan mengikuti dari pergerakan sensor flow yang dimasukkan metode fuzzy logic. Sehingga pengaruh fuzzy logic pada sistem sangat berpengaruh dalam menjaga kestabilan aliran dan tekanan gas untuk mencegah overflow.

V. KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilakukan pada sistem kontrol flow gas menggunakan metode fuzzy logic dapat disimpulkan beberapa point, yakni: (1) Sensor flow sebagai pengukur flow Gas atau aliran Gas dari sumber pelanggan rumah tangga didapatkan kesalahan error rata-rata 0,5% yang hanya berbeda kurang dari 1liter dalam perbandingan hasil flow yang sebenarnya dengan flow di deteksi oleh PLC Outseal. (2) Sensor Pressure dengan menggunakan pressure transmitter sebagai pengukur tekanan gas didapatkan kesalahan error rata-rata 2,1% yang hanya 1pa dalam perbandingan hasil Pressure yang sebenarnya dengan sensor pressure transmitter. (3) Pada sistem kontrol menggunakan metode fuzzy logic telah berhasil dijalankan. Untuk sistem kontrol valve

Tabel 4.
Penguujian sensor tekanan

No	Pembacaan Sensor Pressure (PA)	Pembacaan Sensor Pressure Gauge	Penyelesaian dengan Flowrate (L/s)	Error (%)
1	24	23	50	4,3
2	25	25	51-53	0
3	26	27	53-55	3,7
4	27	28	56-60	3,5
5	28	29	61-63	3,4
6	29	30	64-65	3,3
7	32	31	66-67	3,2
8	33	33	68	0
9	35	34	70-71	2,9
10	36	35	74-76	2,8
11	37	37	77-80	0
12	38	38	81-83	0
13	39	40	84-88	2,5
14	40	41	90-94	2,4
15	41	42	95-96	2,3
16	43	43	97-99	0
17	44	45	100	2,2
Rata-rata Error				2,1

menggunakan metode fuzzy logic ini dibangun dengan software simulasi matlab dan PLC Outseal. Adapaun error antara nilai output yang dihasilkan dari pengujian pada program ladder PLC Outseal yang dibuat dengan dibandingkan nilai output pada matlab sebesar 0,1-0,7%. Error tersebut terjadi dikarenakan pada sistem PLC Outseal hanya dapat membaca nilai integer, namun tidak bisa memaca nilai data float. Pada hasil rata – rata error menunjukkan nilai 0% dikarenakan nilai error yang terjadi sangat sedikit pada hasil percobaan sehingga ketika di rata-rata nilainya menjadi 0% dan itu membuktikan bahwa keakuratan antara pembacaan nilai derajat servo dengan PLC outseal sangat akurat. (4) Dengan menggunakan metode *fuzzy logic* dapat mengurangi masalah yang ada di perusahaan yaitu mencegah terjadinya *over flow* pada aliran gas dimana aliran gas yang mengalir dengan jumlah yang tinggi yaitu melebihi $90 m^3$ dapat di kondisikan ke range normal yaitu antara $60-90 m^3$. Jika tidak menggunakan metode *fuzzy logic*, jumlah aliran gas yang mengalir pada pipa melalui *valve* dengan jumlah aliran tinggi yaitu melebihi $90 m^3$ maka keluaran aliran gas setelah melalui *valve* juga akan ikut tinggi yaitu melebihi $90 m^3$ yang disebabkan saat aliran gas tinggi bukaan motor *valve* sangat lebar dengan bukaan $70 - 75^\circ$ sehingga menyebabkan *over flow*. (5) Dari pengujian Kontrol Flow Gas pada Pipa Gas laju aliran gas ketika mencapai batas normal tinggi yaitu $90m^3$ di butuhkan waktu 1,14 detik. Dan setelah melebihi $90m^3$ aliran gas akan tertahan dalam range normal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indonesia Investments, "PT Van der Schaar Investments," Yogyakarta: Indonesia Investments, 4 Juli 2016, [Online]. Tersedia: <https://www.indonesiainvestments.com/id/bisnis/komoditas/gas-alam/item184?>
- [2] S. Kusumadewi, Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya), Yogyakarta: Graha Ilmu, 2000.
- [3] M. Z. Qawaqzeh and Y. K. Ibrahim, "Valve control system using fuzzy logic," *Journal of Advances in Mathematics and Computer Science*, vol. 14, pp. 1-2, 2016.
- [4] A. Suharjono, L. N. Rahayu and . R. Afwah, "Aplikasi sensor flow water untuk mengukur penggunaan air pelanggan secara digital serta pengiriman data secara otomatis pada PDAM kota Semarang," *Jurnal*

TELE (Telekomunikasi Teknologi Informasi), vol. 13, p. 8, 2015.
[5] PT. Automation Jaya Electric, "PT. Automation Jaya Electric," Jakarta:

PT. Automation Jaya Electric, 2011. [Online]. Tersedia:
<https://www.aje.co.id/pengertian-dan-prinsip-kerja-motor-servo>.