

## PENGEMBANGAN SISTEM KONTROL DAN PEMANTAUAN TETESAN CAIRAN INFUS OTOMATIS BERBASIS LABVIEW DENGAN LOGIKA FUZZY

Riky Tri Yunardi<sup>1</sup>, Dani Setiawan<sup>2</sup>, Farah Maulina<sup>3</sup>, Tri Anggono Prijo<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departemen Teknik, Fakultas Vokasi, Universitas Airlangga

<sup>4</sup>Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga

Email: <sup>1</sup> rikytriyunardi@vokasi.unair.ac.id

(Naskah masuk: 10 April 2018, diterima untuk diterbitkan: 05 September 2018)

### Abstrak

Dalam instrumentasi medis infus merupakan perangkat yang digunakan untuk mengalirkan cairan, obat atau nutrisi secara intravena. Fungsi utama dari infus yaitu memberikan cairan secara periodik pada pasien. Perangkat infus saat ini, untuk mengendalikan kecepatan tetesan cairan dilakukan secara manual oleh staf medis. Permasalahan yang sering sering ditemukan, seperti penyumbatan dan habisnya cairan infus yang apabila tidak cepat diatasi akan berbahaya bagi pasien. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe sistem kontrol dan pemantauan aliran cairan infus secara otomatis. Dengan menggunakan LabVIEW National Instruments untuk memantau tetesan cairan infus. Sistem kontrol logika Fuzzy diimplementasikan dengan menggunakan mikrokontroler berbasis ATmega, yang dilengkapi dengan pompa udara, motor stepper dan pendeteksi aliran cairan. Kinerja dari sistem prototipe pemantauan aliran cairan infus secara otomatis memiliki tingkat keberhasilan 96,75% dengan nilai *set point* 20 tetes dalam waktu 1 menit.

**Kata kunci:** *infus, kecepatan tetesan cairan, LabVIEW, logika fuzzy*

## CONTROL SYSTEM DEVELOPMENT AND MONITORING OF AUTOMATIC LIQUID DROPLETS INFUSION BASED ON LABVIEW WITH FUZZY LOGIC

### Abstract

*In the medical instrumentation infusion is a device used to drain fluids, medication or nutrients intravenously. The main function of the infusion is to give fluids periodically in patients. Infusion device at this time, to control the speed of the liquid droplets is done manually by the medical staff. Problems often occur, such as a blockage or run out of the fluid content and if not promptly treated can be harmful to the patient. This research aims to develop a prototype of control system and monitoring of the infusion liquid droplets automatically. By using the National Instruments LabVIEW to monitor the flow of intravenous fluids. The Fuzzy logic control system is implemented using an ATmega based microcontroller, equipped with air pumps, stepper motors and liquid flow detection. The performance of the prototype system of monitoring the flow of intravenous fluids automatically have a success rate of 96.75% at the set point value of 20 drops in 1 minute.*

**Keywords:** *infusion, fluid droplets rate; LabVIEW, fuzzy logic*

### 1. PENDAHULUAN

Dengan perkembangan teknologi yang semakin canggih dan modern saat ini kebutuhan peralatan kesehatan yang lebih praktis dan mudah sangat dibutuhkan. Demikian juga dengan perkembangan teknologi instrumentasi medis sebagai penunjang kebutuhan peralatan medis yang digunakan untuk melayani pasien. Salah satunya yaitu infus, yaitu alat medis yang digunakan pada kondisi tertentu untuk memberikan cairan ke dalam tubuh pasien secara periodik. Cairan, obat atau nutrisi yang dimasukkan menggunakan infus langsung melalui pembuluh darah (vena) secara intravena (Wadianto, dkk., 2016). Untuk mengetahui kecepatan aliran cairan yang

masuk ke dalam tubuh, dapat diamati pada jumlah tetesan pada *chamber* infus. Pada kenyataannya, infus masih digunakan secara manual oleh petugas medis untuk mengatur dan menghitung jumlah tetesan cairan yang diberikan kepada pasien (N. Muljodipo, dkk., 2015).

Dengan keterbatasan kemampuan petugas medis juga dapat melakukan kesalahan dalam pemberian cairan infus menjadi suatu hal yang mungkin saja terjadi. Kesalahan dalam pemasangan infus yang sering terjadi, seperti penyumbatan atau kehabisan isi cairan tanpa diketahui oleh tenaga medis dan apabila tidak segera ditangani dapat berbahaya bagi pasien. Hal ini dapat mengakibatkan tekanan darah pasien

pada selang infus tidak akan stabil dan dapat tersumbat karena pembekuan darah (A. Zainuri, dkk., 2012). Hal ini menunjukkan bahwa proses pemasangan dan pemantauan infus harus dilakukan dengan cara yang benar untuk mengurangi bahaya tersebut.

Pada penelitian sebelumnya (R.A. Primahayu, dkk., 2017) membahas desain sistem *monitoring* cairan infus untuk memantau kondisi cairan didalam tabung infus menggunakan pengolahan citra digital. Untuk memisahkan citra objek berupa cairan dengan latar belakang menggunakan metode *thresholding*. Luas area piksel pada gambar mendiskripsikan bentuk dan kondisi cairan infus. Dengan menggunakan sensor kamera maka kondisi cahaya lingkungan akan sangat berpengaruh terhadap hasil *capture*. Pada sistem ini hanya mendeteksi cairan infus dan belum mampu mendeteksi jumlah tetesan cairan infus.

Wadianto (Wadianto, dkk., 2016) telah membuat sebuah alat yang digunakan untuk mengumpulkan informasi jumlah tetesan cairan infus pada *drip chamber*. Untuk mendeteksi tetesan cairan menggunakan sensor *optocoupler* yang berbasis cahaya. Sebagai tambahan sistem ini dilengkapi dengan indikator untuk mengetahui kondisi cairan di dalam tabung. Dari hasil perancangan yang telah dibuat memiliki nilai keakurasian yang cukup baik.

Sistem monitoring infus berbasis mikrokontroler untuk membantu pasien rawat inap di rumah sakit juga telah dirancang (Nataliana, 2016). Namun agar sistem ini dapat bekerja dengan fungsinya maka peletakan tabung infus harus dipertimbangkan. Tabung infus harus diletakkan pada ketinggian 170cm dari permukaan lantai, sehingga membutuhkan sebuah tiang sebagai penompang, dari sistem yang telah dibuat belum menerapkan kecerdasan buatan.

Sebuah sistem monitoring cairan intravena telah dirancang dengan tujuan untuk memberikan informasi kepada tenaga medis status keadaan cairan infus di dalam tabung (Riskitasari, S., dkk, 2016). Metode yang digunakan dengan memanfaatkan sensor *load cell* untuk mengukur massa cairan yang dikonversi besarannya menjadi volume cairan. Dan hasilnya dikirim ke server melalui perangkat nirkabel Zigbee namun belum memiliki sistem monitoring dan gambar grafik secara *real time*.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dalam penelitian ini dirancang sebuah sistem kontrol dan pemantauan tetesan cairan infus otomatis. LabVIEW digunakan untuk membuat tampilan layar komputer *graphic user interface* yang digunakan untuk memantau tetesan cairan infus secara *real time* dan mengimplementasikan sistem kontrol logika Fuzzy untuk mengambil keputusan berdasarkan nilai kecepatan tetesan cairan menggunakan mikrokontroler berbasis Arduino.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Infus

Infus merupakan suatu prosedur memasukkan cairan dalam jumlah tertentu melalui jalur intravena yang diterapkan pada pasien pada kondisi tertentu untuk memberikan cairan atau elektrolit sebagai prosedur tindakan dalam pengobatan. Terapi penggunaan infus intravena membutuhkan penanganan oleh dokter dan pengawasan oleh tenaga medis dalam memantau kecepatan tetesan cairan infus untuk mencegah risiko terhadap pasien.

$$\text{Tetesan Per menit} = \frac{\text{Volume Cairan (mL)} \times 20}{\text{Waktu (detik)} \times 60} \quad (1)$$

Untuk menghitung kecepatan aliran dalam bentuk tetesan dihitung setelah mengetahui jumlah volume cairan yang terkumpul dalam satuan waktu berdasarkan umur orang dewasa (makro dengan 20 tetes/ml) seperti pada Persamaan (1).

### 2.2. Program LabVIEW

Program LabVIEW merupakan suatu bahasa pemrograman komputer dengan basis grafis dengan menggunakan diagram blok sebagai bentuk lain selain dari teks untuk membuat aplikasi komputer. Pemrograman menggunakan blok dalam bentuk *dataflow*, yang menentukan alur eksekusi dari program yang telah dibuat. Tampilan pada LabVIEW menghasilkan tampilan sebuah panel layar *instrument* secara virtual.

### 2.3. Logika Fuzzy

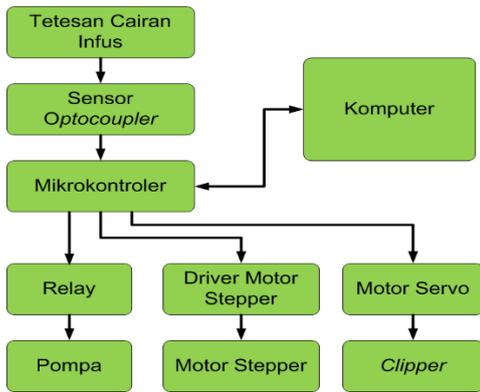
Logika fuzzy termasuk dalam sistem kontrol yang menerapkan kecerdasan buatan yang memiliki kemampuan untuk menyesuaikan masalah oleh sebuah *plan* (Yunardi, R.T., dkk., 2017). Sistem kendali fuzzy terdiri dari beberapa tahap yaitu *fuzzification*, *inference* dan *defuzzification*. Fuzzifikasi merupakan proses konversi variabel *crisp* menjadi variabel fuzzy guna memperoleh derajat keanggotaan pada tiap masukkan. *Inference* digunakan untuk menentukan nilai derajat keanggotaan dari keluaran fuzzy. Hubungan antara masukkan dan keluaran menggunakan aturan *if-then* yang diterapkan pada perangkat kendali mikrokontroler.

Tahap defuzzifikasi digunakan untuk mendapatkan nilai derajat keanggotaan dengan mengkonversi variabel fuzzy menjadi variabel *crisp* berupa nilai numerik. Proses defuzzifikasi pada perancangan sistem kendali menggunakan model Sugeno dengan posisi *singleton* pada sumbu Z seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2).

$$Z_{Output} = \frac{\sum \mu(Z)zdz}{\sum \mu(Z)dz} \quad (2)$$

**2.4. Metodologi**

Cara kerja dari pengembangan prototipe sistem infus otomatis pada dapat dijelaskan seperti pada gambar diagram blok pada Gambar 1. Sistem kerja dimulai dengan memberikan nilai masukan berupa laju tetesan cairan infus. Sensor *optocoupler* mendeteksi adanya tetesan yang ada di dalam *drip chamber*, kemudian sinyal dari sensor dikondisikan oleh rangkaian pengkondisi sinyal (Setiawan. D. dan Maulina, F., 2017).



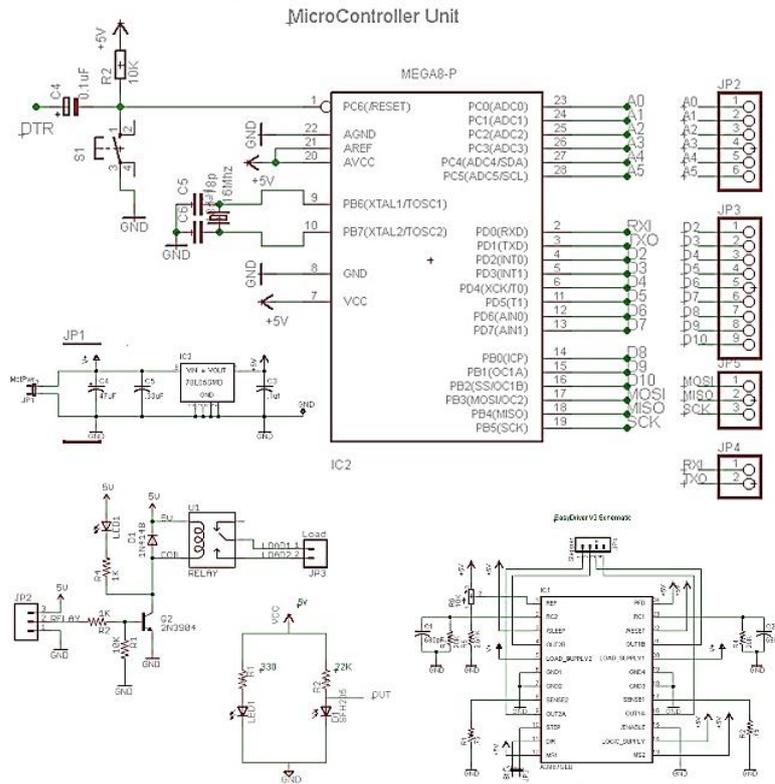
Gambar 1. Diagram blok cara kerja prototipe sistem infus otomatis

Mikrokontroler digunakan untuk mengolah data dan sebagai perangkat sistem kendali serta menerima dan mengirimkan data dengan komputer menggunakan data serial. Mikrokontroler mengaktifkan relay untuk mengendalikan pompa yang berfungsi untuk mengalirkan udara tekan pada tabung infus jika kecepatan tetesan cairan infus kurang dari nilai *set point* tetesan yang telah ditentukan. Dalam perancangan ini, manset digunakan sebagai alat penekan permukaan tabung infus. Motor stepper digunakan untuk menekan selang pompa apabila mesin pompa dalam keadaan tidak aktif untuk mencegah udara tekan tidak keluar dari manset. Sebagai sistem pengaman aliran antara tabung infus dengan pembuluh darah (vena) maka motor servo digunakan untuk menggerakkan *clipper* pada selang infus. *Clipper* berfungsi untuk menjepit dan membuka aliran selang infus.

**3. PERANCANGAN SISTEM**

**3.1. Perancangan Elektrik Sistem Infus Otomatis**

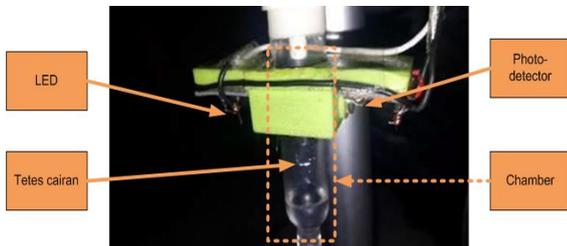
Pada perancangan skema elektrik terdiri dari beberapa komponen yang digunakan antara lain rangkaian *power supply*, rangkaian sensor *optocoupler*, *minimum system* mikrokontroler, *driver motor stepper*, relay, dan *buzzer* seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 2.



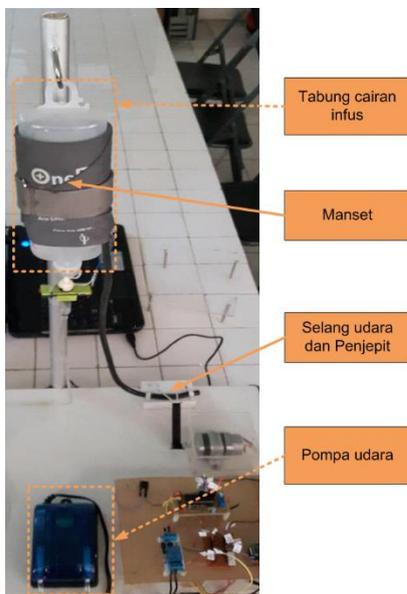
Gambar 2. Perancangan skema elektrik sistem infus otomatis

### 3.2. Perancangan Rangkaian Sensor Tetesan Cairan Infus Menggunakan *Optocoupler*

Pada perancangan rangkaian tetesan cairan infus menggunakan *optocoupler* dengan menggunakan cahaya sebagai pendeteksi. Sumber cahaya sebagai *transmitter* dan *photo-detector* sebagai *receiver*. Sensor mendeteksi jumlah tetesan setiap satu menit. Sensor mengirim sinyal tegangan sebagai masukan mikrokontroler untuk mendapat jumlah tetesan. Jumlah *set point* tetesan digunakan sebagai pembanding dari jumlah yang terhitung. Dan apabila sesuai dengan *set point* maka sistem infus otomatis untuk mempertahankan jumlah tetesan sebesar *set point*. Rangkaian sensor tetesan cairan infus menggunakan *photo-detector* pada *drip chamber* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sensor tetesan cairan infus menggunakan *optocoupler* pada *drip chamber*



Gambar 4. Mekanik penekan tabung cairan infus

### 3.3. Perancangan Mekanik Penekan Permukaan Tabung Cairan Infus

Dalam perancangan mekanik penekan permukaan tabung cairan infus ini, manset digunakan sebagai alat penekan tabung infus. Manset dirancang untuk memberi tekanan menggunakan pompa untuk memberikan tekanan udara, sehingga manset berisi

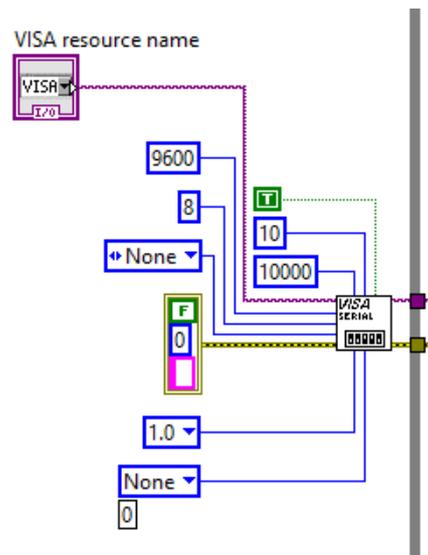
udara sehingga mengembang dan menekan permukaan tabung yang dililitkan manset.

Manset memiliki dua selang dimanasalah satunya berfungsi untuk memasukkan udara dan mengeluarkan udara. Perancangan mekanik yang digunakan untuk menekan infus menggunakan manset ditunjukkan pada Gambar 4.

### 3.4. Perancangan Program Tampilan Pemantau Tetesan Cairan Infus Menggunakan LabVIEW

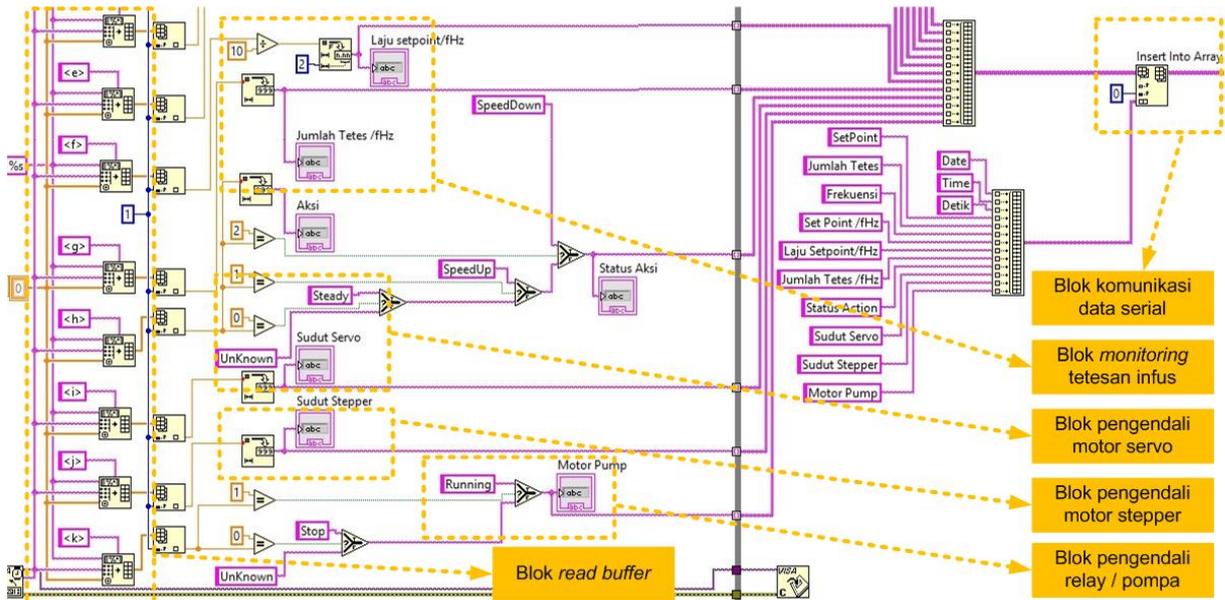
Pada perancangan program tampilan pemantau tetesan cairan infus menggunakan LabVIEW. Metode komunikasi data serial digunakan antara mikrokontroler ATmega dan komputer dengan menggunakan RS232.

Pada program LabVIEW penggunaan *Visa Resource Name* digunakan untuk pemilihan *COM Port* yang akan diaktifkan. Pemilihan nilai *baudrate* disesuaikan pada mikrokontroler yang diterapkan yaitu sebesar 9600. Diagram blok komponen *Visa Configure Serial* ditunjukkan pada Gambar 5.



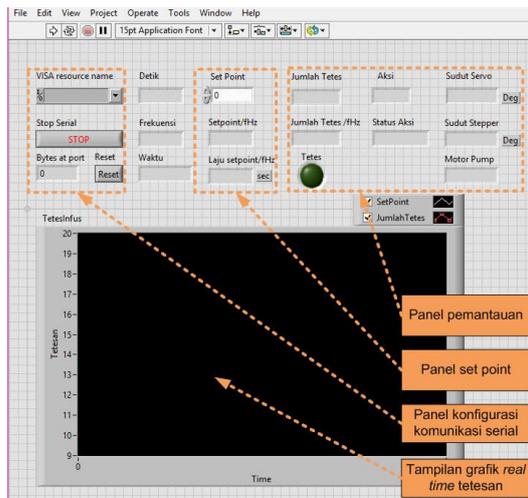
Gambar 5. Blok komponen *Visa Configure Serial*

Dalam proses membaca data serial digunakan komponen blok *VISA Read*. Data yang telah dibaca selanjutnya disimpan pada blok *read buffer* yang dihubungkan dalam blok *while loop*. Pada proses berikutnya yaitu dengan mengolah data dan menampilkan data pembacaan. Data yang disimpan antara lain *date*, *time*, detik, *setpoint*, frekuensi, jumlah tetes, *setpoint/f Hz*, laju, status *action*, sudut servo, sudut *stepper*, motor *pump* dan jumlah tetes/f Hz dengan tipe data tersebut berupa data *string*. *Waveform Chart* berfungsi untuk memantau atau *monitoring* tetesan infus. *Round led* untuk indikator tetesan infus. Dan *setpoint* berfungsi untuk memasukkan nilai tetesan yang diinginkan. Diagram blok program pemantau tetesan cairan infus ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram blok program pemantau tetesan cairan infus

Dan tampilan sistem *graphic user interface* pemantau tetesan cairan infus menggunakan LabVIEW ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan *graphic user interface* pemantau tetesan cairan infus

### 3.5. Perancangan Kendali Pemantau Tetesan Cairan Infus Menggunakan Logika Fuzzy

Dalam mendesain kendali logika fuzzy yang perlu diperhatikan adalah tingkah laku dari sistem infus otomatis. Hal yang harus diamati adalah pengaruh nilai data jumlah tetesan yang dideteksi oleh sensor pendeteksi tetesan cairan infus. Data masukan fuzzy berupa data jumlah tetesan tiap menit. Untuk melakukan perhitungan pada inferensi fuzzy ditentukan terlebih dahulu data rentang nilai variabel yang digunakan antara lain kondisi relay untuk pompa, gerakan motor stepper dan motor servo. Berdasarkan rentang nilai yang didapat digunakan sebagai himpunan fuzzy berdasarkan variabel dan

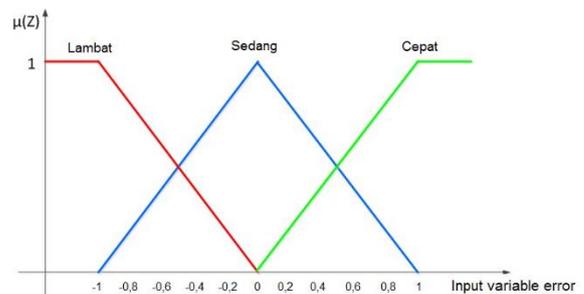
nilai linguistik ditunjukkan pada Tabel 1. Ketiga variabel ini untuk menentukan hasil jumlah tetesan cairan infus terhadap nilai *set point* jumlah tetesan yang telah ditentukan.

Tabel 1. Himpunan fuzzy

No	Variabel	Nilai Linguistik
1	relay	on
		off
2	motor stepper	on
		off
3	motor servo	on
		off

Proses fuzzifikasi dalam logika fuzzy menggunakan masing-masing fungsi keanggotaan himpunan fuzzy dengan 3 variabel yaitu relay, motor stepper dan motor servo.

Dari fungsi keanggotaan tersebut didapatkan himpunan atau derajat keanggotaan hasil fuzzy kecepatan tetesan cairan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Masing-masing nilai keanggotaan tersebut kemudian dimasukan sebuah proses *evaluation rule*.



Gambar 8. Himpunan hasil fuzzy kecepatan tetesan cairan

Fuzzy inferensi digunakan untuk menentukan nilai derajat keanggotaan dari keluaran fuzzy membentuk sebuah *rules based*. Dengan menggunakan operasi himpunan fuzzy rule base menggunakan aturan *if-then* yang diterapkan pada perangkat kendali mikrokontroler ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rule Base

No	Relay	Motor Stepper	Motor servo	Keputusan
1	off	off	off	cepat
2	off	off	on	sedang
3	off	on	off	cepat
4	off	on	on	cepat
5	on	off	off	lambat
6	on	off	on	sedang
7	on	on	off	lambat
8	on	on	on	cepat

Proses defuzzifikasi dimana mencari nilai keluaran berupa nilai *crisp* (Z) menggunakan model Sugeno dengan posisi *singleton* pada sumbu Z seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2) yang untuk mengatur tetesan cairan infus.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Pengujian Rangkaian Sensor Tetesan Cairan Infus Menggunakan *Optocoupler*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai tegangan antara ada dan tidak ada halangan cahaya ke *optocoupler* yang merepresentasikan adanya tetesan cairan yang melalui *drip chamber* pada rangkaian sensor tetesan cairan infus. Hasil pengujian rangkaian sensor tetesan cairan infus menggunakan *optocoupler* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian rangkaian sensor tetesan cairan infus menggunakan *optocoupler*

No	Tegangan Tidak Kondisi Terhalang (volt)	Tegangan Kondisi Terhalang (volt)
1	0,11	4,81
2	0,13	4,81
3	0,11	4,63
4	0,11	4,63
5	0,10	4,64
6	0,11	4,64
7	0,12	4,64
8	0,13	4,63
9	0,13	4,58
10	0,11	4,66
Rata-rata	0,114	4,667

Dari hasil pengujian dapat dilihat perbedaan tegangan antara nilai sensor antara ada halangan dihasilkan antara 0,10 - 0,13 volt dan tidak ada halangan cahaya 4,58 - 4,81 volt di *optocoupler*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rangkaian sensor tetesan memiliki kinerja yang baik sebagai pendeteksi tetesan cairan.

##### 4.3. Pengujian Motor Stepper Penekan Selang Mesin Pompa

Pengujian motor stepper penekan selang mesin pompa bertujuan untuk mengetahui kestabilan tegangan pada motor stepper ketika berputar searah dan berlawanan arah jarum jam yang digunakan untuk menekan selang pompa apabila mesin pompa dalam keadaan tidak aktif untuk mencegah udara tekan tidak keluar dari manset seperti pada Tabel 5. Dari hasil pengujian menunjukkan nilai tegangan pada saat motor stepper dalam putaran berputar berlawanan atau searah jarum jam didapatkan nilai yang stabil sehingga alat penekan selang mesin pompa dapat berjalan dengan optimal.

Tabel 5 Hasil Pengujian motor stepper penekan selang

No	Tegangan Motor Putaran Searah Jarum Jam (volt)	Tegangan Motor Putaran Berlawanan Arah Jarum Jam (volt)
1	11,12	10,90
2	11,14	11,10
3	11,12	10,90
4	11,13	11,11
5	11,15	10,90
Rata-rata	11,132	10,982

##### 4.4. Pengujian Motor Servo Penekan Selang Laju Cairan Infus

Pengujian sudut servo digunakan untuk mengetahui seberapa besar sudut yang digunakan untuk menutup selang infus agar tidak terjadi tetesan sehingga dapat digunakan. Hasil pengujian motor servo penekan selang laju cairan Infus ditunjukkan pada Tabel 6. Dapat dilihat bahwa saat kondisi sudut motor 0° selang infus tertutup sempurna sehingga tidak ada laju cairan infus dan saat kondisi 60° selang infus terbuka menyebabkan laju cairan infus lancar.

Tabel 6 Hasil motor servo penekan selang laju cairan infus

No	Sudut Motor Servo (derajat)	Kondisi Laju Cairan Infus
1	0	Terhenti
2	5	Melaju lambat
3	30	Melaju lancar
4	50	Melaju lancar
5	60	Melaju lancar

#### 4.5. Pengujian Kinerja Sistem Pemantauan Tetesan Cairan Infus Menggunakan Fuzzy

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem pemantauan tetesan cairan infus otomatis yang diterapkan menggunakan logika fuzzy. Prosedur pengujian kinerja sistem dilakukan sebanyak 15 kali. Nilai tetesan setiap menit hasil percobaan dibandingkan dengan nilai *set point* yang dimasukkan. Dari Tabel 7. untuk menguji kinerja sistem pemantauan tetesan cairan infus otomatis dengan menggunakan kendali logika fuzzy dengan nilai *set point* 20 tetes dalam waktu 1 menit, diperoleh persentase keberhasilan sebesar 96,75 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem ini memiliki kinerja yang baik dengan menerapkan logika fuzzy.

Tabel 7 Hasil pengujian kinerja sistem pemantauan tetesan cairan infus otomatis dengan menggunakan logika fuzzy

No	Nilai Set Point Tetesan (Tetes/menit)	Nilai Tetesan Terukur (Tetes/menit)	Prosentase Keberhasilan (%)
1	20	20	100
2	20	20	100
3	20	20	100
4	20	18	88,9
5	20	20	100
6	20	20	95,24
7	20	21	97,74
8	20	20	100
9	20	20	100
10	20	20	100
11	20	21	95,24
12	20	20	100
13	20	29	94,74
14	20	17	82,36
15	20	20	100
Rata-rata persentasi keberhasilan			96,75

#### 5. KESIMPULAN

Setelah melakukan perancangan, pengujian dan analisa data hasil dari pengujian, maka dapat disimpulkan perancangan rangkaian tetesan cairan infus menggunakan *optocoupler* dapat digunakan pendeteksi tetesan cairan yang melalui *drip chamber*. Kinerja dari sistem pemantauan aliran cairan infus secara otomatis dengan menggunakan logika fuzzy yang telah diuji memiliki tingkat keberhasilan 96,75% dengan nilai *set point* 20 tetes dalam waktu 1 menit. Sebagai pengembangan lebih lanjut perlu dilakukan untuk mendapatkan sistem yang lebih akurat. Diantaranya adalah dalam menggunakan *optocoupler* dengan peletakan yang presisi agar bekerja optimal dalam pembacaan tetesan infus di berbagai kondisi dan lokasi pengujian. Dan sistem

kendali dapat dikembangkan menjadi jaringan syaraf tiruan agar sistem bisa melakukan proses lebih cepat dengan akurasi yang lebih tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- FAHMIZAL, S., GALIH, ARROFIQ, M. and Mayub, A., 2017. Logika Fuzzy Pada Robot Inverted Pendulum Beroda Dua, *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, vol. 4, no. 4, p. 244, Des. 2017 [Online]. Available: <http://jtiik.ub.ac.id/index.php/jtiik/article/view/484>. [Accessed: 06-April-2018]
- MULJODIPO, N., SOMPIE, S.R. and ROBOT, R.F., (2015). Rancang Bangun Otomatis Sistem Infus Pasien. *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 4(4), pp.12-22.
- NATALIANA, D., TARYANA, N. and RIANDITA, E.G.I., 2016. Alat Monitoring Infus Set pada Pasien Rawat Inap Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 4(1), p.1.
- PRIMAHAYU R. A., UTAMININGRUM, F., and SYAUQY, D., 2017. Sistem Monitoring Cairan Infus Terpusat Menggunakan Pengolahan Citra Digital. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(8), pp. 649-657.
- RISKITASARI, S., HAMIDA, F., NURWICAKSANA, W.A., ADITYA, M.R. and ADHISUWIGNJO, S., 2016. SIMOCI (Sistem Monitoring Cairan Intravena) Di Ruang Icu Menggunakan Zigbee. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1).
- SETIAWAN, D. and FARAH, M., 2017. Rancang Bangun Alat Pengatur Dan Monitoring Jumlah Tetesan Infus Berbasis Labview (Undergraduate Thesis, Universitas Airlangga).
- WADIANTO, W. and FIHAYAH, Z., 2016. Simulasi Sensor Tetesan Cairan, Pada Infus Konvensional. *Jurnal Kesehatan*, 7(3), pp.394-401.
- YUNARDI, R. T. and MARDIYANTO, R., 2017. Perancangan Sistem Kendali pada Lengan Assistive Social Robot menggunakan Kamera. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 6, no. 2, 2017 [Online]. Available: <http://jnte.ft.unand.ac.id/index.php/jnte/article/view/402>. [Accessed: 17-September-2017]
- ZAINURI, A., SANTOSO, D.R. and MUSLIM, M.A., 2012. Monitoring dan Identifikasi Gangguan Infus Menggunakan Mikrokontroler AVR. *Jurnal EECCIS*, 6(1), pp.49-54.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*