

Aplikasi Diagnosis Tingkatan Pneumonia dan Saran Pengobatan dengan *Fuzzy Tsukamoto*

Elyza Gustri Wahyuni¹, Ahmad Syahriza Ramadhan²

Abstract— Pneumonia is a disease that attacks almost every human being, ranging from young people to adults. Doctors often find it difficult to identify someone who has pneumonia, because pneumonia has several levels of classification, making it possible to experience symptoms that are also different. Pulmonary specialist experts classify pneumonia classification to be "mild" and "severe", making it easier for doctors to diagnose pneumonia. One of the right methods is to use fuzzy logic because it tends to have symptoms and diagnoses that are biased/fuzzy. The conclusion of testing several primary data obtained from interviews and system testing is that the implementation of the pneumonia diagnosis system with Tsukamoto fuzzy logic can help experts determine the level of pneumonia according to the symptoms experienced by the patient, with the value of user acceptance testing at 95%.

Intisari— Pneumonia merupakan penyakit yang menyerang hampir setiap kalangan manusia, mulai dari kalangan usia muda sampai dewasa. Dokter sering kesulitan untuk mengidentifikasi seseorang terkena pneumonia, dikarenakan pneumonia memiliki beberapa tingkatan klasifikasi, sehingga memungkinkan gejala-gejala yang dialami juga berbeda. Tingkat klasifikasi pneumonia menurut pakar spesialis paru dapat digolongkan menjadi "ringan" dan "berat", sehingga untuk memudahkan dokter dalam mendiagnosis penyakit pneumonia, salah satu metode yang tepat yaitu menggunakan logika *fuzzy*, karena pneumonia cenderung memiliki gejala serta diagnosis yang bersifat *bias/fuzzy*. Dari hasil pengujian beberapa data primer yang didapatkan melalui wawancara serta pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa sistem diagnosis pneumonia dengan logika *fuzzy Tsukamoto* ini dapat diimplementasikan untuk membantu pakar menentukan tingkat pneumonia sesuai dengan gejala yang dialami pasien, dengan nilai hasil pengujian *user acceptance* sebesar 95%.

Kata Kunci— Pneumonia, Logika Fuzzy, Tsukamoto, diagnosis.

I. PENDAHULUAN

Penyakit pernapasan terdiri atas pernapasan atas dan pernapasan bawah. Penyakit pernapasan atas biasa disebut sebagai Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA). ISPA adalah

¹ Dosen, Teknik Informatika Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang Km. 14,5 Sleman 55501 Yogyakarta (telp:0274-895007; fax: 0274-895007; e-mail: elyza@uii.ac.id)

² Teknik Informatika Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang Km. 14,5 Sleman 55501 Yogyakarta (telp:0274-895007; fax: 0274-895007; e-mail: 13523107@students.uui.ac.id)

Sesuai dengan klausul CITEE 2018, makalah ini adalah ekstensi dari paper dengan judul "Sistem Diagnosis Pneumonia Menggunakan Logika Fuzzy Tsukamoto" pada CITEE 2018 di Kuta, Bali.

penyakit infeksi akut yang menyerang satu bagian atau lebih dari saluran napas, mulai dari hidung (saluran atas) hingga alveoli (saluran bawah), termasuk jaringan penghubungnya, seperti sinus, rongga telinga tengah dan juga pleura [1]. Terdapat beberapa penyakit yang tergolong di dalam ISPA, di antaranya adalah faringitis, asma, influenza, emfisema, sinusitis, difteri, dan apabila terdapat gejala-gejala dari ISPA yang masuk ke jaringan paru-paru (alveoli) maka dapat menjadi pneumonia.

Pneumonia merupakan salah satu penyakit yang mengkhawatirkan, terutama menurut data yang ada di negara Amerika bahwa 20%-40% pasien penderita pneumonia memerlukan perawatan di rumah sakit dan sekitar 5%-10%-nya memerlukan perawatan intensif [2]. Di Indonesia pneumonia juga menduduki peringkat kedua pada proporsi penyebab kematian anak umur 1-4 tahun. Diketahui bahwa jumlah kasus pneumonia pada balita (< 5 tahun) lebih tinggi dibandingkan dengan usia ≥ 5 tahun. Pada tahun 2007 dan 2008, perbandingan kasus pneumonia pada dua kelompok umur tersebut yakni 7:3. Oleh karena itu, terlihat bahwa penyakit pneumonia menjadi masalah kesehatan yang utama di Indonesia [3].

Permasalahan lainnya yaitu dokter paru di Indonesia sering kesulitan mengidentifikasi seseorang terkena pneumonia, dikarenakan pneumonia memiliki beberapa tingkatan klasifikasi, sehingga memungkinkan gejala-gejala yang dialami juga berbeda. Tingkat klasifikasi pneumonia menurut pakar spesialis paru dapat digolongkan menjadi "ringan" dan "berat", sehingga untuk memudahkan dokter dalam mendiagnosis penyakit pneumonia, salah satu metode yang tepat adalah menggunakan logika *fuzzy*, karena pneumonia cenderung memiliki gejala serta diagnosis yang bersifat *bias/fuzzy*.

Sudah ada beberapa penelitian yang pernah dilakukan untuk membantu pakar mendiagnosis macam-macam penyakit ISPA [4], [5]. Pada penelitian tersebut penyakit ISPA sudah dapat didiagnosis dengan beberapa metode *Certainty Factor* (CF) dan *fuzzy*. Hanya saja, penelitian tersebut belum khusus membahas mengenai penyakit pneumonia, hanya sebatas kelompok penyakit ISPA yang di dalamnya terdapat pneumonia secara umum. Jika dibandingkan antara kedua penelitian tersebut, kasus yang dibutuhkan dokter spesialis paru adalah mengenai level pneumonia, sehingga metode CF kurang tepat diterapkan dalam kasus ini. Sedangkan logika *fuzzy* yang digunakan dalam penelitian kedua sudah cocok dengan permasalahan ini, hanya saja penelitian tersebut tidak menggali secara mendalam mengenai permasalahan yang sering menjadi penyebab utama kematian terutama anak-anak. Sementara itu, jika dapat diketahui tingkat keparahan pneumonia yang diderita seseorang, maka pencegahan maupun pengobatan dapat cepat dilakukan.

Penelitian yang pernah dilakukan di RS. Moewardi Surakarta menyebutkan bahwa jumlah populasi pasien

pneumonia pada tahun 2014–2015 adalah 496 pasien yang terdiri atas 31 pasien anak dan 281 pasien dewasa di tahun 2014, sedangkan di tahun 2015 terdapat 39 pasien anak dan 145 pasien dewasa [6]. Dari total populasi diperoleh subjek penelitian sebanyak 83 pasien yang terdiri atas 25 pasien anak dan 58 pasien dewasa. Sesuai data-data yang telah disebutkan, diketahui bahwa pneumonia secara umum menyerang pasien usia bayi sampai dengan anak-anak. Namun, tidak menutup kemungkinan bahwa orang dewasa pun dapat terkena pneumonia, sehingga dapat disimpulkan bahwa pneumonia dapat menyerang berbagai kalangan dari berbagai usia dan jenis kelamin.

Berdasarkan permasalahan serta fakta-fakta tersebut, untuk mengembangkan serta mencoba memperbaiki kekurangan dari penelitian yang sudah pernah ada, aplikasi yang dibuat mampu melakukan diagnosis tingkatan penyakit pneumonia berdasarkan gejala-gejala yang dialami penderita dengan logika *fuzzy* Tsukamoto sesuai dengan pengelompokan tingkatan pneumonia menurut dokter spesialis paru. Pakar atau dokter yang berperan di sini adalah dokter spesialis paru yang memahami tingkatan penyakit pneumonia, sedangkan di penelitian sebelumnya diagnosis penyakit ISPA dilakukan oleh dokter umum. Metode *fuzzy* Tsukamoto dipilih karena seperti yang diketahui sebelumnya dari pengetahuan dokter paru bahwa level/tingkatan penyakit pneumonia adalah ringan dan berat, sehingga sangat cocok dengan metode *fuzzy* Tsukamoto yang memiliki toleransi pada data dan sangat fleksibel. Kelebihan lainnya yaitu bersifat intuitif dan dapat memberikan tanggapan berdasarkan informasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat, dan ambigu [7]. Perbandingan dengan metode *fuzzy* lainnya yaitu Mamdani serta Sugeno kurang cocok untuk kasus ini karena keluarannya tidak membutuhkan nilai numerik.

Keluaran hasil inferensi pada setiap aturan didefinisikan sebagai nilai yang tegas. Keseluruhan keluaran tersebut diperoleh menggunakan rata-rata terbobot. Penilaian akan lebih tepat karena didasarkan pada nilai kriteria dan bobot yang sudah ditentukan, sehingga mendapatkan hasil kelayakan yang lebih akurat [8]. Diharapkan dengan adanya aplikasi ini, dokter mampu melakukan diagnosis penyakit pneumonia dengan lebih cepat serta tepat dalam penanganan perawatan pasien. Sistem ini dibuat dengan platform *web-based*, sehingga semakin mempermudah pengguna dalam mengakses sistem.

II. FUZZY INFERENCE SYSTEM

A. Logika Fuzzy

Dalam bahasa Indonesia, *fuzzy* mempunyai arti kabur atau tidak jelas. Jadi, logika *fuzzy* adalah logika yang kabur, atau mengandung unsur ketidakpastian [9]. Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang masukan ke dalam suatu ruang keluaran [10].

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh, seorang professor dari University of California. Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1, berbeda dengan logika digital atau diskret yang hanya memiliki dua nilai, yaitu 1 dan 0. Logika *fuzzy* digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (linguistik). Misalnya, besaran kecepatan kendaraan

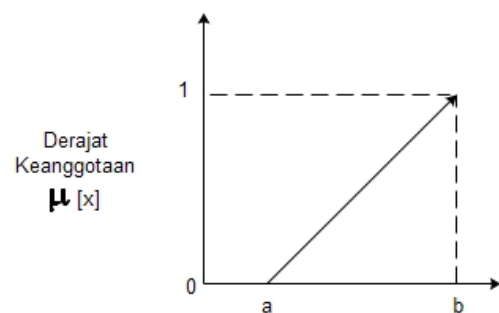
yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat [11].

B. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan *fuzzy* adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik masukan data ke dalam derajat keanggotaannya yang nilainya berkisar antara 0 hingga 1. Beberapa fungsi keanggotaan *fuzzy* yaitu sebagai berikut [10].

1) *Representasi Linear*: Representasi linear adalah pemetaan masukan ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Pada representasi linear terdapat dua kemungkinan, yaitu:

- Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan 0 bergerak ke arah kanan menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi, seperti ditunjukkan pada Gbr. 1.

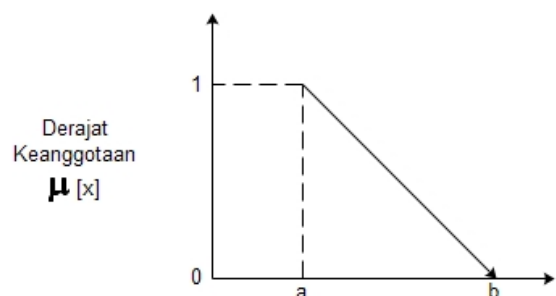


Gbr. 1 Representasi kurva linear naik.

Fungsi keanggotaan:

$$\mu [x, a, b] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b. \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

- Penurunan himpunan dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah, seperti terlihat pada Gbr. 2.

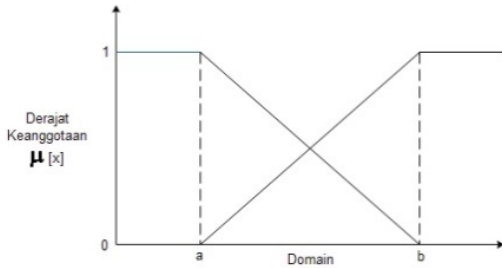


Gbr. 2 Representasi kurva linear turun.

Fungsi keanggotaan:

$$\mu [x, a, b] = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

2) *Representasi Kurva Bahu*: Daerah yang terbentuk di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk kurva segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik turun. Akan tetapi, terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Himpunan *fuzzy* bahu digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy* seperti diperlihatkan pada Gbr. 3.



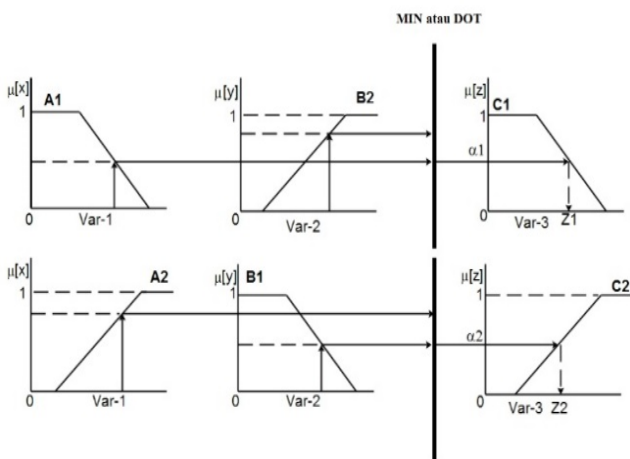
Gbr. 3 Representasi kurva linear bahu.

Fungsi keanggotaan:

$$\mu [x,a,b] = \begin{cases} 0; & x \geq b \\ \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq a \\ 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (3)$$

C. *Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto*

Metode Tsukamoto adalah perluasan dari penalaran monoton. Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuensi pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus dipresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Proses inferensi yang dilakukan di sistem ini adalah untuk menentukan kesimpulan, untuk setiap masukan berupa gejala serta hasil pemeriksaan medis akan mendapatkan hasil keluaran berupa level tingkatan pneumonia pasien yang diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α – predikat (*fire strenght*) seperti pada Gbr. 4. Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot [10].



Gbr. 4 Inferensi dengan menggunakan metode Tsukamoto.

Rata-rata terbobot dihitung menggunakan (4).

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \quad (4)$$

D. *User Acceptance Test*

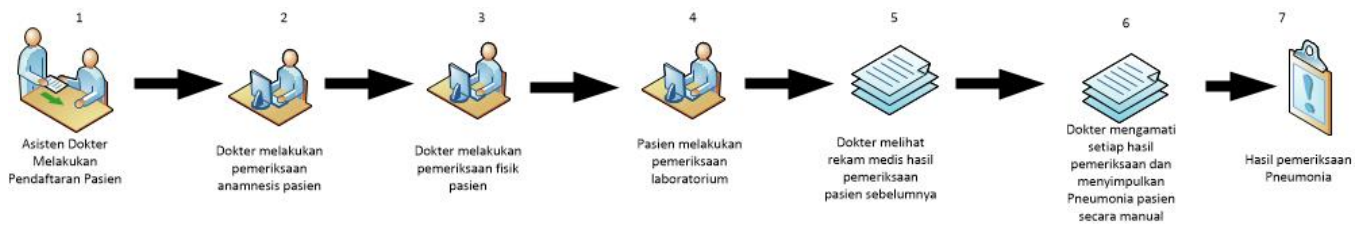
User acceptance test merupakan pengujian yang dilakukan oleh pengguna dengan tujuan untuk menghasilkan artefak yang dijadikan bukti bahwa sistem yang dibuat sesuai dan dapat diterima oleh pengguna. Pengujian ini menggunakan skala Likert, yaitu skala penelitian yang digunakan untuk mengukur sikap dan pendapat. Nama skala ini diambil dari nama penciptanya, yaitu Rensis Likert, seorang ahli psikologi sosial dari Amerika Serikat [12].

III. ANALISIS SISTEM

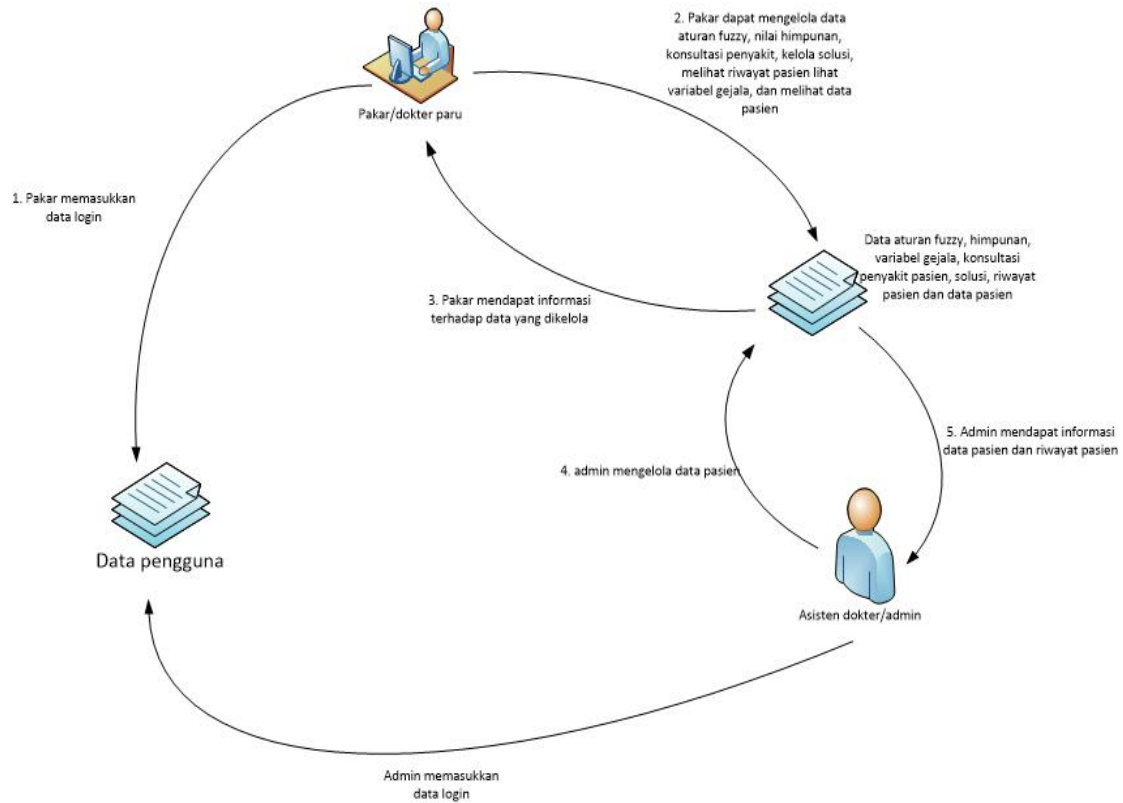
Terdapat beberapa proses untuk menentukan penyakit yang diderita oleh pasien dengan penyakit pneumonia. Terdapat empat tahapan dalam melakukan pemeriksaan pneumonia, yaitu pemeriksaan anamnesis, pemeriksaan fisik, pemeriksaan laboratorium, dan proses identifikasi penyakit lain yang pernah atau sedang diderita. Anamnesis adalah suatu teknik yang digunakan oleh dokter atau pakar dengan melakukan proses tanya jawab atau wawancara dengan tujuan untuk mengetahui gejala-gejala yang dialami penderita agar mendapatkan kesimpulan penyakit yang diderita oleh pasien. Setelah anamnesis, selanjutnya adalah pemeriksaan fisik. Contoh pemeriksaan fisik yaitu pemeriksaan pada tekanan darah, denyut nadi, dan sebagainya. Tahap selanjutnya adalah melakukan pemeriksaan laboratorium. Pemeriksaan laboratorium dilakukan untuk mengetahui gejala-gejala yang tidak dapat dilakukan pada pemeriksaan fisik, seperti mengetahui kadar BUN, kadar glukosa, dan sebagainya. Sedangkan proses identifikasi penyakit lain yang sedang atau pernah diderita dapat dilakukan dengan anamnesis dan/atau uji laboratorium dan/atau berdasarkan berkas-berkas pemeriksaan sebelumnya. Selanjutnya dokter mengamati setiap hasil pemeriksaan dan menyimpulkan diagnosis level pneumonia pasien. Alur proses pemeriksaan pasien ditunjukkan pada Gbr. 5.

Untuk proses bisnis, diketahui terdapat dua pengguna, yaitu pakar yang merupakan dokter paru serta admin, yaitu asisten dokter. Admin berperan hanya untuk mengelola data pasien, sedangkan pakar berperan untuk mengelola data aturan *fuzzy*, nilai himpunan, konsultasi penyakit, kelola solusi, melihat riwayat pasien, dan melihat data pasien. Oleh karena itu, dokter/pakar berperan penting dalam memberikan basis pengetahuan untuk dapat menghasilkan aplikasi diagnosis pneumonia yang tepat bagi pasien. Gambar proses bisnis ditunjukkan pada Gbr. 6.

Model keputusan yang digunakan dalam makalah ini adalah *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto, dengan variabel-variabel yang terdiri atas variabel *fuzzy* dan *non-fuzzy*. Variabel ini didapatkan dari literatur buku panduan diagnosis pneumonia serta wawancara dengan dokter spesialis paru, yaitu dokter di RS Kanudjoso Djatiwibowo Balikpapan. Variabel-variabel tersebut disajikan dalam Tabel I dan Tabel II.



Gbr. 5 Proses diagnosis pasien.



Gbr. 6 Alur proses bisnis.

TABEL I
VARIABEL FUZZY

No.	Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan	Satuan
1	Masukan	Suhu	[35; 40]	Celsius
		Denyut Nadi	[50; 125]	x/menit
		Pernapasan	[14; 30]	x/menit
		Sistolik	[90; 140]	mmHg
		Usia	[25; 56]	Tahun
		Pao2	[60; 110]	mmHg
		pH	[7,3; 7,5]	Ph
		BUN	[4; 200]	mmol/L
		Natrium	[130; 145]	mEq/L
		Glukosa	[70; 250]	mmol/L
2	Keluaran	Pneumonia	[70; 130]	%

Fungsi keanggotaan yang dipakai untuk suhu tubuh, nadi, pernapasan, usia, PaO₂, sistolik, pH, natrium, glukosa, dan hematokrit menggunakan kurva linear bahu seperti ditunjukkan

pada Gbr. 3, sedangkan yang lainnya menggunakan kurva linear naik dan turun seperti pada Gbr. 1 dan Gbr. 2. Setiap variabel *fuzzy* memiliki himpunan keanggotaan masing-masing, sedangkan nilai keanggotaan ditentukan berdasarkan pengetahuan pakar, yaitu adalah dokter spesialis paru di RS Kanudjoso Djatiwibowo Balikpapan, Kalimantan Timur. Nilai domain inilah yang nantinya digunakan untuk menentukan nilai keanggotaan setiap himpunan dari masing-masing variabel, baik yang *fuzzy* maupun yang *non-fuzzy*, seperti pada Tabel III.

IV. METODOLOGI

A. Use Case Diagram

Use case diagram merupakan diagram yang digunakan untuk menggambarkan kegiatan-kegiatan serta fungsi yang ada pada sistem yang digunakan oleh pengguna. Pengguna disini ada dua, yaitu admin yang berperan mengelola data pasien serta dokter atau pakar yang dapat melakukan proses melihat data pasien, riwayat pasien, mengelola aturan *fuzzy*, mengelola konsultasi penyakit, mengelola variabel gejala, mengelola

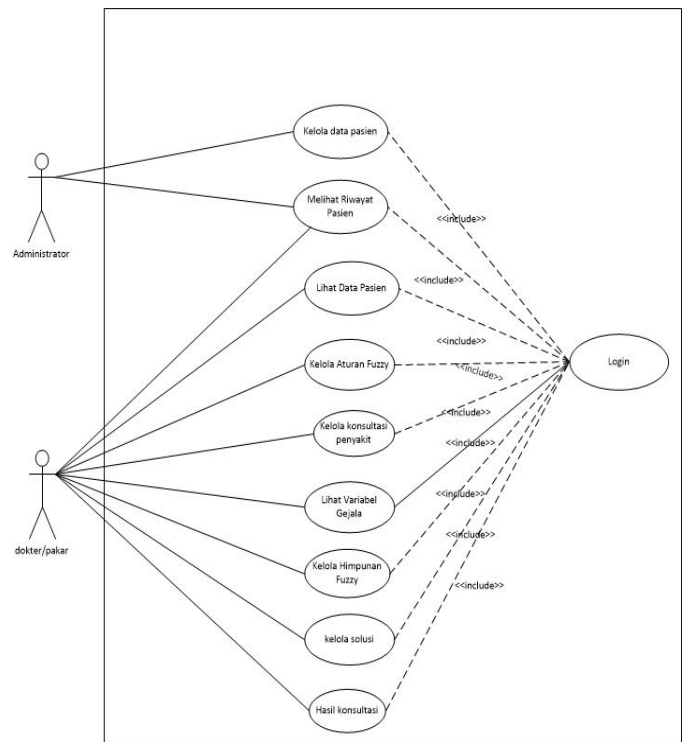
TABEL II
VARIABEL *NON-FUZZY*

No.	Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan
1	Masukan	Efusi Pleura	[0, 1]
2		Keganasan <i>Comorbid</i>	[0, 1]
3		Riwayat Penyakit Hati	[0, 1]
4		Riwayat Penyakit Jantung	[0, 1]
5		Riwayat <i>Cerebrovascular</i>	[0, 1]
6		Riwayat Penyakit Ginjal	[0, 1]
7		Riwayat Gangguan Kesadaran	[0, 1]

TABEL III
HIMPUNAN *FUZZY*

No	Variabel	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Domain
1	Suhu	Dingin	[35-36,5]
		Normal	[35-40]
		Panas	[37,2-40]
2	Denyut nadi	Rendah	[50-60]
		Normal	[50-125]
		Tinggi	[100-125]
3	Pernapasan	Lemah	[14-16]
		Normal	[14-30]
		Cepat	[20-30]
4	Usia	Muda	[25-45]
		Dewasa	[25-56]
		Lansia	[45-56]
5	PaO2	Hipoksia	[60-80]
		Normal	[60-110]
6	Sistolik	Rendah	[90-110]
		Normal	[90-140]
		Tinggi	[120-140]
7	Ph	Asam	[7,3-7,35]
		Normal	[7,3-7,5]
		Basa	[7,45-7,5]
8	BUN	Normal	[4-26]
		Tinggi	[24-200]
9	Natrium	Rendah	[130-135]
		Normal	[130-145]
		Tinggi	[140-145]
10	Glukosa	Rendah	[70-80]
		Normal	[70-250]
		Tinggi	[120-250]
11	Hematokrit	Rendah	[34-37]
		Normal	[34-50]
		Tinggi	[48-50]

himpunan *fuzzy*, mengelola solusi, serta merekap hasil konsultasi pasien. Untuk dapat melakukan semua proses yang terdapat pada sistem, baik admin maupun pakar atau dokter diharuskan melakukan *login* terlebih dahulu. *Use case diagram* pada sistem diagnosis pneumonia ditunjukkan pada Gbr. 7.



Gbr. 7 Use case diagram.

B. Diagram Alir Sistem

Diagram alir sistem keseluruhan merupakan gambaran alur sistem diagnosis pneumonia dengan logika *fuzzy* Tsukamoto secara keseluruhan untuk proses konsultasi agar mendapatkan keluaran tingkatan pneumonia yang diderita pasien. Diketahui bahwa terdapat beberapa proses yang ada dalam sistem ini, yaitu proses memasukkan nilai gejala, pembuatan variabel, pembuatan himpunan *fuzzy* dan nilai domain, pembuatan aturan *fuzzy*, pengaplikasian operator, dan sistem kemudian mengeluarkan keluaran yang berupa hasil tingkatan pneumonia yang diderita, ringan, sedang, atau berat. Apabila pakar ingin melakukan diagnosis kembali, maka akan diarahkan ke halaman konsultasi kembali, tetapi jika tidak, maka alur selesai. Diagram alir sistem diperlihatkan pada Gbr. 8.

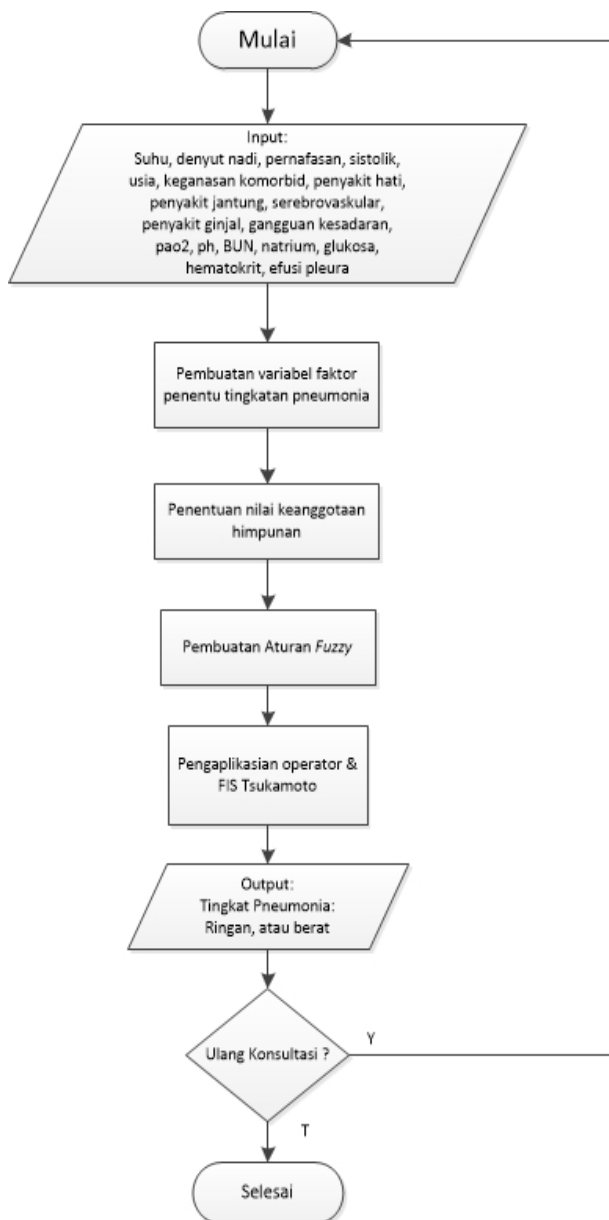
V. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui dan membandingkan hasil perhitungan manual dengan hasil yang terdapat pada sistem. Apabila hasil pengujian manual dengan hasil pada sistem sama, maka pengujian manual telah valid dan sesuai.

Berikut contoh satu data gejala yang dialami pasien beserta hasil perhitungan sistem menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto, dengan masukan berupa data sebagai berikut.

- a. Pemeriksaan anamnesis:
 - a. Keganasan: tidak.
 - b. Penyakit hati: ya.
 - c. Penyakit jantung kongestif: tidak.
 - d. Penyakit serebrovaskular: tidak.



Gbr. 8 Diagram alir sistem.

- e. Penyakit ginjal: tidak.
- f. Penyakit gangguan kesadaran: tidak.
2. Pemeriksaan fisik:
 - a. Suhu: 37 Celcius.
 - b. Nadi: 80/menit.
 - c. Pernapasan: 20/menit.
 - d. Usia: 50 tahun.
3. Pemeriksaan laboratorium:
 - a. Ph: 7,4 pH.
 - b. BUN: 20 mmol/L.
 - c. Natrium: 138 mEq/L.
 - d. Glukosa: 200 mmol/L.
 - e. Hematokrit: 40 %.
 - f. PaO₂: 100 mmHg.

- g. Sistolik: 90 mmHg.
- h. Efusi pluera: tidak.

Setelah semua hasil pemeriksaan dimasukkan, selanjutnya sistem menghitung dengan memberikan keluaran berupa hasil diagnosis level pneumonia, yaitu didapatkan hasil bahwa pasien tersebut menderita pneumonia ringan dengan score 101. Data pemeriksaan serta hasil disajikan pada Gbr. 9.

Untuk proses perhitungan manual, dilakukan pengujian dengan langkah pertama melakukan proses *fuzzification* dengan memasukkan nilai domain masing-masing hasil pemeriksaan sehingga dapat dihitung dengan mengacu pada (1)-(3). Misalnya untuk perhitungan *fuzzification* pemeriksaan fisik dan laboratorium, didapatkan hasil sebagai berikut.

- Suhu: 37 Celcius
 - $\mu_{\text{SuhuDingin}}[37] = 0.$
 - $\mu_{\text{SuhuNormal}}[37] = 1.$
 - $\mu_{\text{SuhuPanas}}[37] = 0.$
- Nadi: 80/menit
 - $\mu_{\text{NadiRendah}}[80] = 0.$
 - $\mu_{\text{NadiNormal}}[80] = 1.$
 - $\mu_{\text{NadiPanas}}[80] = 0.$
- Pernapasan: 20/menit
 - $\mu_{\text{PernapasanLemah}}[20] = 0.$
 - $\mu_{\text{PernapasanNormal}}[20] = 1.$
 - $\mu_{\text{PernapasanCepat}}[20] = 0.$
- Usia: 50 tahun
 - $\mu_{\text{UsiaMuda}}[50] = 0.$
 - $\mu_{\text{UsiaDewasa}}[50] = 0,55.$
 - $\mu_{\text{UsiaLansia}}[50] = 0,45.$
- pH: 7,4 pH
 - $\mu_{\text{pHAsam}}[7,4] = 0.$
 - $\mu_{\text{pHNormal}}[7,4] = 1.$
 - $\mu_{\text{pHBasa}}[7,4] = 0.$
- BUN: 20 mmol/L
 - $\mu_{\text{BUNNormal}}[20] = 0,23.$
 - $\mu_{\text{BUNTinggi}}[20] = 0.$
- Natrium: 138 mEq/L
 - $\mu_{\text{NatriumRendah}}[138] = 0.$
 - $\mu_{\text{NatriumNormal}}[138] = 1.$
 - $\mu_{\text{NatriumTinggi}}[138] = 0.$
- Glukosa: 200 mmol/L
 - $\mu_{\text{GlukosaRendah}}[200] = 0.$
 - $\mu_{\text{GlukosaNormal}}[200] = 0,38.$
 - $\mu_{\text{GlukosaTinggi}}[200] = 0,62.$
- Hematokrit: 40 %
 - $\mu_{\text{HematokritRendah}}[40] = 0.$
 - $\mu_{\text{HematokritNormal}}[40] = 1.$
 - $\mu_{\text{HematokritTinggi}}[40] = 0.$

Detail Data Pasien		Hasil Laboratorium	
id	354000	PH	7.4
Nama	Amrullah Siddiq	Bloode Urea Nitrogen	20
Suhu	37	Natrium	138
Nadi	80	Glukosa	200
Pernafasan	20	Hematokrit	40
Usia	50	Pao2	100
Riwayat Penyakit Pasien		Sistolik	90
Keganasan	tidak	Efusi Pleura	tidak
Penyakit Hati	iya	Hasil Pemeriksaan	
Penyakit Jantung Kongestif	tidak	Skor Pneumonia	101
Penyakit Serebrovaskular	tidak	Kesimpulan Penyakit Pasien	ringan
Penyakit Ginjal	tidak	Saran Perawatan	Rawat Jalan
Penyakit Gangguan Kesadaran	tidak		

Gbr. 9 Data gejala pasien beserta hasil diagnosis.

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN PAKAR

No	Pertanyaan	Jawaban
1	Hasil sistem diagnosis pneumonia sesuai dengan realisasi.	Sangat Setuju
2	Tampilan sistem diagnosis ini menarik.	Sangat Setuju
3	Sistem ini mudah digunakan dan tidak mengalami kesulitan.	Setuju
4	Fitur-fitur yang tersedia di sistem ini menarik.	Sangat Setuju
5	Adanya sistem pakar ini membuat pekerjaan menjadi lebih efektif, dan efisien.	Setuju
6	Metode logika <i>fuzzy</i> Tsukamoto yang digunakan pada sistem diagnosis pneumonia sudah sesuai dan dapat dijadikan rekomendasi <i>screening pneumonia</i> .	Sangat Setuju
7	Saran perawatan yang terdapat pada sistem telah sesuai dan dapat dijadikan rekomendasi perawatan pasien secara umum.	Sangat Setuju
8	Data-data pasien telah sesuai dengan realisasi.	Sangat Setuju
9	Variabel variabel penentu tingkat pneumonia dan nilai-nilainya telah sesuai dengan realisasi.	Sangat Setuju
10	Pakar mampu mengelola aturan dengan mudah.	Setuju
11	Halaman konsultasi sesuai dan mudah digunakan oleh pakar.	Sangat Setuju
12	Halaman data pasien mampu dikelola dengan mudah.	Sangat Setuju

B. User Acceptance Test

Pada pengujian ini, pengguna yang dijadikan sebagai subjek pengujian adalah satu orang dokter spesialis paru RS Kanudjoso Djatiwibowo Balikpapan, Kalimantan Timur. Karena basis pengetahuan sistem ini dibangun oleh dokter spesialis paru di RS Kanudjoso Djatiwibowo Balikpapan, maka pengujian sangat disarankan dilakukan oleh dokter yang

- PaO₂: 100 mmHg
 $\mu_{\text{PaO}_2\text{Hipoksia}}[100] = 0.$
 $\mu_{\text{PaO}_2\text{Normal}}[100] = 1.$
- Sistolik: 90 mmHg
 $\mu_{\text{SistolikRendah}}[90] = 1.$
 $\mu_{\text{SistolikNormal}}[90] = 0.$
 $\mu_{\text{SistolikTinggi}}[90] = 0.$

Setelah dilakukan perhitungan *fuzzification* untuk semua hasil pemeriksaan variabel *fuzzy*, berikutnya ditentukan juga untuk variabel *non-fuzzy* seperti disajikan pada Tabel II, yang artinya jika pasien menjawab “Ya”, nilai keanggotaannya adalah “1”, dan jika menjawab “Tidak”, maka nilai keanggotaannya adalah “0”.

Langkah kedua setelah melakukan *fuzzification* adalah proses operasi logika *fuzzy*, yaitu dengan melakukan proses operasi dasar *fuzzy* untuk setiap aturan yang digunakan. Aturan yang digunakan dalam kasus ini ada 20 aturan, sesuai dengan aturan yang didapatkan dari hasil wawancara dengan dokter spesialis paru RS Kanudjoso Djatiwibowo Balikpapan. Setiap aturan yang digunakan menggunakan operator AND yang artinya nilai yang diambil adalah nilai minimum untuk setiap aturan, seperti yang dijelaskan pada Gbr. 4.

Langkah terakhir adalah melakukan *defuzzification* dengan menggabungkan semua hasil operasi logika *fuzzy* untuk 20 aturan yang dipakai. Dengan mengacu pada (4), didapatkan hasil perhitungan pneumonia dengan nilai 101 yang masuk dalam jenis pneumonia ringan. Artinya, hasil tersebut mendapatkan kesamaan dengan hasil perhitungan sistem, dan saran perawatan yang diberikan adalah rawat jalan. Oleh karena itu, dari hasil perhitungan sistem serta manual ini dapat disimpulkan bahwa sistem dapat mendeteksi tingkat pneumonia dengan nilai hitung yang valid.

bersangkutan untuk melakukan pengujian, data aturan yang dirancang sesuai dengan realisasi diagnosis pneumonia di RS Kanudjoso Djatiwibowo atau tidak. Tabel IV merupakan tabel hasil kuesioner pengujian pakar dengan mengujikan kurang lebih sepuluh data pasien. Didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

Terdapat lima pilihan jawaban untuk masing-masing pertanyaan yang memiliki bobot berbeda-beda: sangat setuju dengan bobot 5; setuju dengan bobot 4; cukup setuju dengan bobot 3; tidak setuju dengan bobot 2; dan sangat tidak setuju dengan bobot 1. Berdasarkan bobot-bobot tersebut, dapat diketahui total bobot keseluruhan adalah 57. Kemudian dilakukan perhitungan dengan rumus skor indeks $\% = \text{total bobot} / Y \times 100$ sebagai berikut.

$$\text{Skor indeks} = (57/60) \times 100 = 95\%.$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem diagnosis pneumonia menggunakan logika *fuzzy* Tsukamoto telah cocok digunakan dan dapat diterima oleh dokter. Hal ini dibuktikan dengan pengujian *user acceptance* berdasarkan kuesioner yang diisi oleh satu orang dokter yang mendapatkan skor sebesar 95%. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang hanya memberikan diagnosis jenis penyakit ISPA, hasil sistem ini sudah dapat memberikan informasi yang spesifik mengenai level penyakit pneumonia yang diderita pasien, sehingga hasil penelitian ini menurut pakar, yaitu dokter spesialis paru di RS Kanudjoso Djatiwibowo Balikpapan, sudah dapat membantu dokter untuk memberikan penanganan yang tepat kepada pasien penderita penyakit pneumonia.

VI. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Logika *fuzzy* Tsukamoto telah berhasil diterapkan pada sistem diagnosis pneumonia berdasarkan hasil perhitungan yang sama pada perbandingan pengujian manual dan perhitungan pada sistem. Sistem dapat diterima dan telah sesuai dengan realisasi dan membantu pakar menentukan tingkat pneumonia dengan cepat, sesuai dengan pengujian *user acceptance* yang mendapatkan nilai sebesar 95%. Hasil

kesimpulan dari pakar menyatakan bahwa sistem diagnosis pneumonia sudah dapat membantu dokter spesialis paru untuk memberikan penanganan tepat kepada pasien penderita penyakit pneumonia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada staf dan dosen di Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

REFERENSI

- [1] "Modul dan Materi Promosi Kesehatan untuk Politeknik/D3," Pusat Promosi Kesehatan Depkes RI, 2006.
- [2] Z. Hoare Z, W.S. Lim, "Pneumonia: Update on Diagnosis and Management," *BMJ*, Vol. 332, No. 7549, hal. 1077-1079, 2006.
- [3] (2014) "Pneumonia Balita" [Online], <http://www.depkes.go.id/downloads/publikasi/buletin/BULETIN%20PNEUMONIA.pdf>, tanggal akses: 6-Sep-2017.
- [4] A. Pratiwi, E.G. Wahyuni, "Sistem Pakar Diagnosis Ispa pada Balita dengan Metode Certainty Factor," *Seminar Nasional Informatika Medis (SNIMED VII)*, 2016, hal. 42-53.
- [5] E.P. Wiweka, "Sistem Pakar Diagnosa Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA)," *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, Vol. 1, No. 1, hal. 1-5, 2013.
- [6] Y. Farida, A. Trisna, dan D. Nur W., "Studi Penggunaan Antibiotik pada Pasien Pneumonia di Rumah Sakit Rujukan Daerah Surakarta," *Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, Vol. 2, hal. 44-52, 2017.
- [7] F. Thamrin, E. Sedyono, dan Suhartono, "Studi Inferensi Fuzzy Tsukamoto untuk Penentuan Faktor Pembebanan Trafo PLN," *Teknologi Informasi*, Vol. 2, No. 1, hal. 1-5, 2012.
- [8] E.G. Wahyuni, dan B.R. Rahman, "Sistem Pendukung Keputusan KPR Menggunakan Fuzzy Inference System (FIS) Metode Tsukamoto," *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa Informasi (SENTRIN)*, 2016, hal. 36-44.
- [9] A. Saelan, "Logika Fuzzy," Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia, Lecture report, hal. 1-5, 2009.
- [10] S. Kusumadewi dan H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Mendukung Keputusan*, Yogyakarta, Indonesia: Graha ilmu. 2004.
- [11] W. Budiharto dan D. Suhartono, *Artificial Intelligence: Konsep dan Penerapannya*, Yogyakarta, Indonesia: Andi Publisher, 2014.
- [12] D. Kho (2017) "Pengertian Skala Likert dan Menggunakannya," [Online] <http://teknikelektronika.com/pengertian-skala-likert-likert-scale-menggunakan-skala-likert/>, tanggal akses: 6-Nov-2017.