

PENERAPAN METODE *FUZZY TSUKAMOTO* UNTUK MENDIAGNOSA PENYAKIT LEPTOSPIROSIS

*APPLICATION OF TSUKAMOTO FUZZY METHOD FOR DIAGNOSIS LEPTOSPIROSIS
DISEASE*

Mikha Dayan Sinaga, Nita Sari Br Sembiring, Charles Jhony Mantho Sianturi

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Jurusan Teknik Informatika Universitas Potensi Utama

Jl. K.L.Yos Sudarso Km 6,5 No. 3A Tanjung Mulia Medan Sumatera Utara 20241 Indonesia
mikhadayan88@gmail.com, nita.sembiring86@gmail.com, lapetgadong@yahoo.com

Abstract

Leptospirosis is an endemic disease that can be transmitted from animals to humans. This disease can spread rapidly in tropical climates. Humans can be infected by this disease through contact with rodent urine that has been infected by leptospira bacteria, or through contact with water, soil or food that has been contaminated with leptospira bacteria. Unclean environmental conditions can accelerate the spread of this disease. The symptoms caused by leptospirosis also have similarities with the symptoms of other diseases such as diarrhea, coughing and fever. This can make this disease difficult to diagnose. Researchers used the Tsukamoto fuzzy method to diagnose leptospirosis. The tsukamoto fuzzy method was chosen because it was considered capable of tracing a disease through symptoms that had been contained in a rule base. Tsukamoto's fuzzy method can also calculate the certainty value of each search performed. The results of this study are the formation of an inference machine that can be used to diagnose leptospirosis.

Keywords: Inference Machine, Fuzzy Tsukamoto, Expert System, Leptospirosis

Abstrak

Leptospirosis merupakan penyakit endemis yang dapat menular dari hewan ke manusia. Penyakit ini dapat menyebar dengan cepat di daerah yang beriklim tropis. Manusia dapat terjangkit oleh penyakit ini melalui kontak dengan urine hewan pengerat yang telah terinfeksi oleh bakteri leptospira, atau melalui kontak dengan air, tanah atau makanan yang telah terkontaminasi oleh bakteri leptospira. Kondisi lingkungan yang kurang bersih dapat mempercepat penyebaran penyakit ini. Gejala yang ditimbulkan oleh penyakit leptospirosis juga memiliki kemiripan dengan gejala-gejala dari penyakit lain seperti diare, batuk dan demam. Hal ini dapat membuat penyakit ini susah untuk didiagnosa. Peneliti menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* untuk melakukan diagnosa terhadap penyakit leptospirosis. Metode *fuzzy tsukamoto* dipilih karena dianggap mampu untuk melakukan penelusuran terhadap suatu penyakit melalui gejala-gejala yang telah dimuat dalam suatu basis aturan. Metode *fuzzy tsukamoto* juga dapat melakukan perhitungan nilai kepastian dari setiap penelusuran yang dilakukan. Hasil dari penelitian ini yaitu terbentuknya suatu mesin inferensi yang dapat digunakan untuk mendiagnosa penyakit leptospirosis.

Kata Kunci: Mesin Inferensi, *Fuzzy Tsukamoto*, Sistem Pakar, Leptospirosis

1. PENDAHULUAN

Leptospirosis adalah penyakit bacterial penyebab morbiditas dan mortalitas di seluruh dunia. Meskipun penyakit ini endemic di banyak komunitas kumuh di kota ataupun desa serta dapat menyebabkan epidemi sporadik, beban sebenarnya penyakit ini hanya sedikit diketahui. Penyakit ini sering tidak terdiagnosis karena tanda dan gejalanya sulit dibedakan dari penyakit endemis lain serta kurang tersedia laboratorium diagnostik. Rata-rata terdapat 680 kasus leptospirosis dengan 40

kematian setiap tahunnya. Di Indonesia pada tahun 2012 dilaporkan terdapat 239 kasus leptospirosis dengan 29 kasus kematian (*case fatality rate* 12,13%) [1].

Leptospirosis pada manusia pertama kali ditemukan oleh Van der Scheer pada tahun 1892 di Indonesia, namun isolasi baru dapat dilakukan pada tahun 1922 oleh Vervoort. Sejak pertama kali ditemukan sampai dengan saat ini leptospirosis masih menjadi masalah kesehatan masyarakat karena belum dapat dikendalikan [2]. Leptospirosis terjadi jika ada kontak antara manusia dengan hewan atau lingkungan yang sudah terinfeksi bakteri *Leptospira*. Manifestasi leptospirosis ini beragam mulai dari gejala demam, ikterus, pembesaran hati dan limpa, serta kerusakan ginjal [3]. Sedangkan hewan yang terinfeksi oleh *leptospira* belum tentu tampak dalam kondisi sakit, karena bakteri ini bersifat komensal pada beberapa jenis hewan termasuk tikus yang dikenal sebagai reservoir leptospirosis di Indonesia [4].

Kecerdasan buatan dapat didefinisikan sebagai cabang ilmu komputer yang mempelajari otomatisasi tingkah laku cerdas (*Intelligent*). Kecerdasan buatan adalah suatu ilmu yang mempelajari cara membuat komputer melakukan sesuatu seperti yang dilakukan oleh manusia [5]. Sistem pakar merupakan salah satu bagian dari kecerdasan buatan yang akhir-akhir ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Sistem ini dirancang untuk dapat menirukan keahlian seorang pakar dalam menjawab pertanyaan dan menyelesaikan suatu permasalahan khususnya di bidang kesehatan [6].

Metode *Fuzzy* Tsukamoto, keterkaitan aturan berbentuk “Sebab dan Akibat” dan juga keterkaitan “Input dan Output” harus ada hubungannya antara aksi dan kondisi [7]. Peneliti menggunakan metode *fuzzy* tsukamoto untuk melakukan diagnosa terhadap penyakit leptospirosis. Metode *fuzzy* tsukamoto dipilih karena dianggap mampu untuk melakukan penelusuran terhadap suatu penyakit melalui gejala-gejala yang telah dimuat dalam suatu basis aturan. Metode *fuzzy* tsukamoto juga dapat melakukan perhitungan nilai kepastian dari setiap penelusuran yang dilakukan. Hasil dari penelitian ini yaitu terbentuknya suatu mesin inferensi yang dapat digunakan untuk mendiagnosa penyakit leptospirosis

2. LANDASAN TEORI

2.1 Leptospirosis

Leptospirosis adalah penyakit yang disebabkan oleh infeksi bakteri patogen yang disebut *Leptospira* dan ditularkan dari hewan kepada manusia (zoonosis). Penularan bisa terjadi secara langsung akibat terjadi kontak langsung antara manusia (sebagai host) dengan urin atau jaringan binatang yang terinfeksi dan secara tidak langsung akibat terjadi kontak antara manusia dengan air, tanah atau tanaman yang terkontaminasi urin dari binatang yang terinfeksi leptospira. Jalan masuk yang biasa pada manusia adalah kulit yang terluka, terutama sekitar kaki, dan atau selaput mukosa di kelopak mata, hidung, dan selaput lendir [8].

Penyakit ini merupakan masalah kesehatan masyarakat di seluruh dunia, khususnya negara-negara yang beriklim tropis dan sub tropis yang memiliki curah hujan tinggi. Hal ini ditambah dengan kondisi lingkungan buruk merupakan lahan yang baik bagi kelangsungan hidup bakteri patogen sehingga memungkinkan lingkungan tersebut menjadi tempat yang cocok untuk hidup dan berkembangbiaknya bakteri *Leptospira* [9][10].

2.2 Komponen Sistem Pakar

Adapun komponen-komponen dalam sistem pakar meliputi Basis Pengetahuan, Antarmuka Pengguna, Mesin Inferensi dan Basis data [11]. Dalam sistem pakar terdiri dari dua lingkungan yaitu, lingkungan konsultasi dan lingkungan pengembangan. Lingkungan konsultasi ditujukan kepada pengguna untuk berkonsultasi langsung dengan sistem dan lingkungan pengembangan ditujukan untuk pakar atau orang yang ahli dalam bidangnya agar dapat memperbaharui aplikasi sistem pakar yang telah dibuat. Dalam hal ini adalah bidang kesehatan.

2.3 Mesin Inferensi

Mesin inferensi dalam *forward chaining* menggunakan informasi yang ditentukan oleh *user* untuk memindahkan logika *and* dan *or* sampai ditentukannya objek. Bila mesin inferensi tidak

dapat menentukan objek maka akan meminta informasi lain. Oleh karena itu, untuk mencapai objek harus memenuhi semua aturan.

Salah satu metode yang dapat diterapkan dalam sistem pakar adalah metode *forward chaining*. *Forward chaining* disebut juga penalaran dari bawah ke atas. Suatu rantai yang dicari atau dilewati/dilintasi dari suatu permasalahan untuk memperoleh solusinya disebut dengan *forward chaining*. Cara lain menggambarkan *forward chaining* ini adalah dengan penalaran dari fakta menuju konklusi yang diperoleh dari fakta.

2.4 Forward Chaining

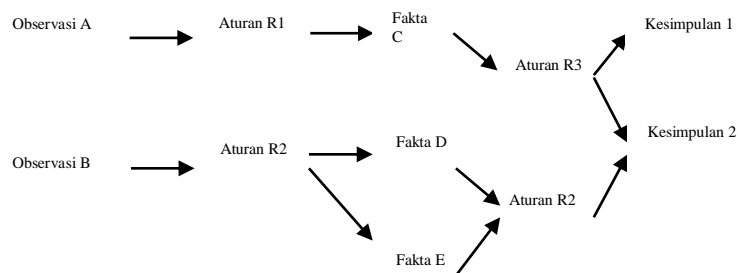
Forward Chaining adalah metode pencarian atau penarikan kesimpulan yang berdasarkan pada data atau fakta yang ada menuju kesimpulan. penelusuran dimulai dari fakta yang ada lalu bergerak maju melalui premis-premis untuk menuju kesimpulan. Suatu perkalian inferensi yang menghubungkan suatu permasalahan dengan solusinya disebut dengan rantai (*chain*). Suatu rantai yang dicari atau dilewati/ dilintasi dari suatu permasalahan untuk memperoleh solusinya disebut dengan *forward chaining*. Cara lain menggambarkan *forward chaining* adalah dengan penalaran dari fakta menuju konklusi yang terdapat dari fakta. Suatu rantai yang dilintasi dari suatu hipotesa kembali ke fakta yang mendukung hipotesa tersebut adalah *backward chaining*.

Dalam penalaran maju, aturan-aturan diuji satu demi satu dalam urutan tertentu. Urutan itu mungkin berupa urutan pemasukan aturan ke dalam basis aturan atau juga urutan lain yang ditentukan oleh pemakai. Saat setiap urutan diuji, sistem pakar akan mengevaluasi apakah kondisinya benar atau salah. Jika kondisinya benar, maka aturan itu disimpan kemudian aturan berikutnya diuji. Sebaliknya kondisinya salah, aturan itu tidak disimpan dan aturan berikutnya diuji. Proses ini akan berulang sampai seluruh basis aturan teruji dengan berbagai kondisi [12].

2.5 Searching (Pelacakan)

Pelacakan merupakan suatu proses pencarian yang berdasarkan dari sejumlah data yang ada. Pencarian data dapat dilakukan pada sejumlah data yang sudah terurut atau juga pada data yang sama sekali belum terurut. Metode pencarian akan menjelaskan secara umum bagaimana teknik pencarian.

Teknik pelacakan terdiri dari 2 cara yaitu *Depth-first search* dan *Breadth-first search*. *Depth-first search* bekerja dengan menelusuri simpul mulai dari akar terus kebawah sampai secara berturut-turut ke level yang lebih dalam. Suatu operator digunakan untuk menghasilkan simpul *node* berikutnya lebih dalam dengan kata lain simpul anak diperoleh dari simpul ayah. *Breadth-first search*, bekerja dengan cara memeriksa semua simpul dalam pohon pencarian yang dimulai dari akar. Simpul tiap level diperiksa secara lengkap sebelum berpindah ke level berikutnya [13].

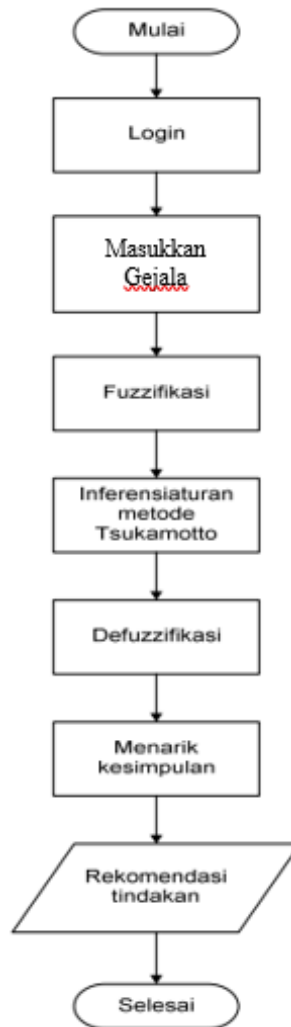


Gambar 1. Proses *Forward Chaining*

2.6 Metode Fuzzy Tsukamoto

Metode *Fuzzy Tsukamoto* adalah metode yang memiliki toleransi pada data dan sangat fleksibel. Kelebihan dari metode *Tsukamoto* yaitu bersifat intuitif dan dapat memberikan tanggapan berdasarkan informasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat, dan ambigu [14]. Pada metode *Tsukamoto*, setiap Rule direpresentasikan dengan suatu himpunan *Fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton disebut dengan *fuzzifikasi*. Sebagai hasilnya, keluaran hasil dari tiap-tiap aturan berupa nilai tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat atau nilai minimum dari tiap Rule dan nilai z . Hasil akhirnya diperoleh dengan melakukan *defuzzifikasi* rata-rata berbobot [15][16].

Tahapan-tahapan metode *fuzzy tsukamoto* yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dari tahapan *fuzzifikasi* hingga tahapan *defuzzifikasi*. Adapun tahapan-tahapan ini dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Tahapan-Tahapan *Fuzzy Tsukamoto*

3. PEMBAHASAN DAN HASIL

3.1 Pembahasan

3.1.1 Penyajian Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini ialah data gejala yang diperoleh dari seorang pakar ataupun seorang dokter penyakit leptospirosis. Adapun data gejala dari penyakit leptospirosis dapat dilihat dalam table berikut:

Tabel 1. Data Gejala Penyakit Leptospirosis

| Kode_Gejala | Nama_Gejala |
|-------------|--------------|
| G01 | Mual |
| G02 | Muntah |
| G03 | Meriang |
| G04 | Sakit kepala |
| G05 | Nyeri otot |
| G06 | Sakit perut |

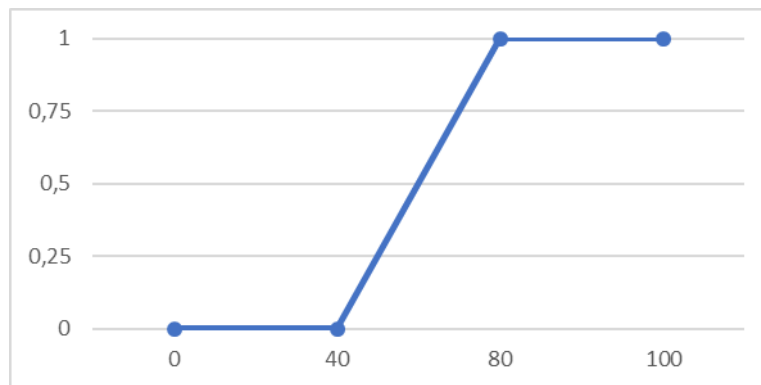
| | |
|-----|--|
| G07 | Diare |
| G08 | Kulit atau area putih pada mata yang menguning |
| G09 | Demam tinggi |
| G10 | Ruam |
| G11 | Iritasi atau kemerahan di area mata |
| G12 | Batuk |
| G13 | Kehilangan nafsu makan |
| G14 | Sakit di area dada |
| G15 | Napas yang pendek/kehabisan napas |
| G16 | Pembengkakan pada pergelangan tangan atau kaki |
| G17 | Warna kulit menguning atau bagian putih pada mata yang menguning (penyakit kuning) |
| G18 | Kejang |
| G19 | Batuk darah |

3.1.2 Tahapan Metode *Fuzzy* Tsukamoto

Dalam proses inferensinya, metode *Fuzzy Tsukamoto* memiliki beberapa tahapan, yaitu:

1. *Fuzzifikasi*

Pembentukan himpunan *fuzzy* terdiri dari variabel *input* dan variabel *output*. Variabel tersebut dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*. Pada proses ini, variabel *input* adalah gejala-gejala dalam penyakit leptospirosis, sedangkan variabel *output* berupa hasil diagnosis terdeteksi atau tidaknya penyakit leptospirosis. Gejala-gejala dari penyakit leptospirosis ini memiliki bilangan *real* yang merupakan bobot nilai gejala. himpunan *fuzzy* dari gejala penyakit leptospirosis dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Gejala Penyakit Leptospirosis

Fungsi keanggotaan pada himpunan *fuzzy* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_X = \begin{cases} 0; & x \leq 0.4 \\ \frac{x - 0.4}{0.5}; & 0.4 < x < 0.8 \\ 1; & x \geq 0.8 \end{cases}$$

2. Pembentukan Rules IF-Then

Adapun aturan yang terbentuk dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 1. Aturan Penyakit Leptospirosis

| Rule | |
|------|---|
| 1 | IF G01 Is True And G02 Is True And G03 Is True And G04 Is True And G05 Is True And G06 Is True And G07 Is True And G08 Is True And G09 Is True And G10 Is True And G11 Is True And G12 Is True And G13 Is True And G14 Is True And G15 Is True And G16 Is True And G17 Is True And G18 Is True And G19 Is True THEN Leptospirosis |
| 2 | IF G01 Is True And G02 Is True And G03 Is True And G04 Is True And G05 Is True And G06 Is True And G08 Is True And G09 Is True And G10 Is True And G11 Is True And G12 Is True And G13 Is True And G14 Is True And G15 Is True And G16 Is True And G17 Is True And G19 Is True THEN Leptospirosis |
| 3 | IF G04 Is True And G05 Is True And G06 Is True And G07 Is True And G08 Is True And G09 Is True And G10 Is True And G11 Is True And G12 Is True And G14 Is True And G15 Is True And G16 Is True And G17 Is True And G18 Is True And G19 Is True THEN Leptospirosis |
| 4 | IF G03 Is True And G04 Is True And G08 Is True And G09 Is True And G10 Is True And G12 Is True And G13 Is True And G14 Is True And G15 Is True And G16 Is True And G17 Is True And G18 Is True And G19 Is True THEN Leptospirosis |

3. Langkah terakhir dari tahapan metode *fuzzy tsukamoto* adalah melakukan defuzzifikasi atau mengubah nilai himpunan *fuzzy* menjadi nilai tegas atau *crisp*. Setelah didapatkan nilai *alpha-predikat*, selanjutnya adalah proses menghitung nilai setiap konsekuen setiap *rules* atau nilai *z*. defuzzifikasi dilakukan dengan cara membagi nilai sigma *alpha-predikat* dikali *z* dengan sigma *alpha-predikat*. Adapun rumus defuzzifikasi tsukamoto adalah sebagai berikut.

$$Z_{total} = \frac{\sum_1^{i=n} \alpha_{predikat} * z_i}{\sum \alpha_{predikat}} \quad (1)$$

3.2 Hasil

Hasil pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini ialah pengujian *blackbox* dan pengujian akurasi.

3.2.1 Pengujian *Blackbox*

Pengujian *blackbox* dilakukan dengan cara menguji keseluruhan fungsional dari sistem. Adapun hasil dari pengujian *blackbox* dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Pengujian *Blackbox* Terhadap Sistem

| No | Skenario Uji | Hasil Yang Diharapkan | Kesimpulan |
|----|---|--|------------|
| 1 | Pengujian <i>form</i> beranda | Menampilkan <i>form</i> beranda | Valid |
| 2 | Memilih <i>form</i> diagnosa penyakit | Menampilkan <i>form</i> diagnosa penyakit | Valid |
| 3 | Pengujian diagnosa penyakit leptospirosis | Melakukan diagnosa penyakit leptospirosis | Valid |
| 4 | Pengujian <i>form</i> nilai gejala | Menyimpan dan memperbaharui nilai gejala | Valid |
| 5 | Pengujian <i>form</i> pengetahuan dan <i>rule</i> | Menyimpan dan memperbaharui data pengetahuan dan <i>rule</i> | Valid |
| 6 | Pengujian <i>form</i> panduan | Menampilkan <i>form</i> panduan | Valid |

| | | | |
|---|---------------------------|------------------------------------|-------|
| 7 | Pengujian form cetak data | Menampilkan data yang akan dicetak | Valid |
|---|---------------------------|------------------------------------|-------|

3.2.2 Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi dilakukan dengan cara melakukan diagnosa penyakit berdasarkan gejala dan perhitungan kepastian dari penelusuran penyakit leptospirosis seperti pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Pengujian Akurasi

| Kode Gejala | Jawaban |
|-----------------|----------|
| G01 | Tidak |
| G02 | Tidak |
| G03 | Ya |
| G04 | Ya |
| G05 | Tidak |
| G06 | Tidak |
| G07 | Tidak |
| G08 | Ya |
| G09 | Ya |
| G10 | Ya |
| G11 | Tidak |
| G12 | Ya |
| G13 | Ya |
| G14 | Ya |
| G15 | Ya |
| G16 | Ya |
| G17 | Ya |
| G18 | Ya |
| G19 | Ya |
| Hasil Pengujian | |
| Sistem | Manual |
| 0,752174 | 0,752174 |

Berdasarkan tabel pengujian akurasi maka tidak ditemukan perbedaan hasil perhitungan nilai kepastian dari penyakit leptospirosis berdasarkan gejala yang dijawab “Ya”. Mengacu pada aturan dari penyakit leptospirosis maka dapat disimpulkan bahwa sistem mendiagnosa pengguna sistem dengan penyakit leptospirosis dengan tingkat kepastian sebesar 75,2174%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Leptospirosis merupakan suatu penyakit yang diakibatkan oleh bakteri leptospira dan dapat menular dari hewan ke manusia. Proses penularan dapat terjadi melalui kulit manusia yang mengalami luka dan melakukan kontak dengan urine hewan pengerat, air, tanah, ataupun makanan yang telah terkontaminasi oleh bakteri leptospira.
2. Gejala pada penyakit leptospirosis memiliki kesamaan dengan gejala dari beberapa penyakit lainnya seperti diare, batuk dan demam. Hal ini menyebabkan sulitnya diagnosa awal terhadap penyakit ini.
3. Sistem pakar merupakan salah satu cabang ilmu komputer yang dapat digunakan untuk membantu manusia dalam diagnosa awal penyakit leptospirosis. Sistem pakar yang akan digunakan harus memiliki pengetahuan dari penyakit leptospirosis.

4. Metode *fuzzy tsukamoto* dapat diterapkan dalam sistem pakar untuk mendiagnosa penyakit leptospirosis. Metode *fuzzy tsukamoto* dapat menghasilkan rule atau aturan yang dapat digunakan untuk mendiagnosa penyakit leptospirosis. Metode *fuzzy tsukamoto* juga dapat melakukan perhitungan nilai kepastian dari penyakit leptospirosis berdasarkan nilai gejala dari penyakit tersebut.

5. SARAN

Diharapkan penelitian selanjutnya untuk dapat mengembangkan penelitian ini dengan menggunakan konsep serta metode yang berbeda sehingga dapat dijadikan bahan perbandingan dikemudian hari. Penelitian selanjutnya juga diharapkan melakukan perbandingan baik perbandingan metode ataupun perbandingan uji akurasi antara metode dengan analisa dokter atau pakar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amin, LukmanZulkifli. (2016). Leptospirosis. CDK-243/ vol. 43 no. 8.
- [2] Widjajanti, W. (2019). Epidemiologi, diagnosis, dan pencegahan Leptospirosis. *JHECDs: Journal of Health Epidemiology and Communicable Diseases*, 5(2), 62-68.
- [3] Widoyono, M. P. H. (2008). Penyakit Tropis Epidemiologi, Penularan, Pencegahan, dan Pemberantasannya. *Jakarta: Erlangga*.
- [4] Marbawati, D., Harilsmanto, H., & Pramestuti, N. (2016). Characteristic of Rats as Reservoirs of Leptospirosis. *Kes Mas: Jurnal Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Daulan*, 10(1), 69-74.
- [5] Romeo Mark A. Mateo and Jaewan Lee. (2008). Healthcare Expert System based on Group Cooperation Model. *International Journal of Software Engineering and Its Application* Vol. 2, No. 1.
- [6] Wenny Widiastuti, Dini Destiani, Dhami Johar Damiri. (2012). Aplikasi Sistem Pakar Deteksi Dini Pada Penyakit Tuberkulosis. *Jurnal Algoritma. Sekolah Tinggi Teknologi Garut*.
- [7] Kurniati, N. I., El Akbar, R. R., & Wijaksono, P. (2019). Penerapan Metode *Fuzzy Tsukamoto* Pada Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Autisme Pada Anak. *Innovation in Research of Informatics (INNOVATICS)*, 1(1).
- [8] Ramadhani, T., & Yuniyanto, B. (2012). Reservoir dan Kasus Leptospirosis di Wilayah Kejadian Luar Biasa. *Kesmas: National Public Health Journal*, 7(4), 162-168.
- [9] Okatini, M., Purwana, R., & Djaja, I. M. (2007). Hubungan faktor lingkungan dan karakteristik individu terhadap kejadian penyakit leptospirosis di Jakarta, 2003-2005. *Journal Makara*, 11(1), 17-24.
- [10] Ramadhani, T., & Yuniyanto, B. (2010). Kondisi Lingkungan Pemukiman yang Tidak Sehat Berisiko terhadap Kejadian Leptospirosis (Studikasu di Kota Semarang). *Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan*, 20(3), 152387.
- [11] Gusti Ayu, K.T, Rosa Delima dan Umi Proboyekti (2009). "Penerapan forward chaining pada program diagnosa anak penderita autisme". Universitas duta wacana. Yogyakarta.
- [12] Andi. 2009. "Pengembangan Sistem Pakar Dengan Visual Basic" Yogyakarta: Andi.

- [13] Siswanto (2010). “Kecerdasan Tiruan”. Edisi 2. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [14] Maryaningsih, M., Siswanto, S., & Mesterjon, M. (2013). Metode Logika *Fuzzy* Tsukamoto Dalam Sistem Pengambilan Keputusan Penerimaan Beasiswa. *Media Infotama*, 9(1), 150752.
- [15] Pujiyanta, A., & Pujiantoro, A. (2013). Sistem Pakar Penentuan Jenis Penyakit Hati Dengan Metode Inferensi *Fuzzy* Tsukamoto (Study Kasus Di RS PKU Muhammadiyah YOGYAKARTA). *Jurnal Informatika Ahmad Dahlan*, 6(1), 104040.
- [16] Falatehan, A. I., Hidayat, N., & Brata, K. C. (2018). Sistem pakar diagnosis penyakit hati menggunakan metode *fuzzy* tsukamoto berbasis android. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer e-ISSN*, 2548, 964X.