

Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Leukimia dengan Metode *Fuzzy Tsukamoto*

Stefan Levianto¹, Arief Andy Soebroto²

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹stefanlevianto@gmail.com, ²ariefas@ub.ac.id

Abstrak

Leukimia atau yang biasa kita sebut kanker darah merupakan kanker yang menyerang sel darah putih. Metode penyembuhan yang masih menjadi perdebatan di dunia kedokteran dan kesulitan untuk mencegah penyakit ini, membuat penyakit ini termasuk dalam kanker yang mematikan. Kurangnya pakar dan informasi mengenai penyakit leukimia sering kali mengakibatkan keterlambatan dalam mendiagnosis penyakit leukimia. Mahalnya biaya pengobatan dokter pun membuat tidak sedikit orang mencoba pengobatan alternatif yang biayanya relatif lebih terjangkau. Namun pengobatan alternatif pun tidak memastikan kesembuhan untuk pasien, yang akhirnya membuat pasien harus dibawa ke rumah sakit kembali dan pada kebanyakan kasus kanker tersebut telah mencapai stadium lanjut. Berdasarkan permasalahan tersebut penulis menyimpulkan dan mengangkat suatu masalah ke dalam sebuah penelitian sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit leukimia yang diharapkan dapat membantu penderita serta para dokter yang membutuhkan. Sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit leukimia yang dibuat menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* berdasarkan 100 data latih pasien dengan 10 atribut, telah diuji dengan diagnosis pakar memiliki tingkat keberhasilan sebesar 90%. Perbedaan hasil diagnosis sistem dengan pakar dari 30 data uji adalah 3 data sehingga terdapat 27 data benar dari 30 data uji.

Kata kunci: *Leukimia, Diagnosis, fuzzy tsukamoto, sistem pakar.*

Abstract

Leukemia or what we usually call blood cancer is cancer that attacks white blood cells. The healing method which is still being debated in the medical world and the difficulty in preventing this disease, makes this disease a deadly cancer. Lack of experts and information about leukemia often results in delays in diagnosing leukemia. The high cost of medical treatment by doctors has made many people try alternative treatments, which are relatively more affordable. However, even alternative medicine does not ensure a cure for the patient, which in turn requires the patient to be taken to the hospital again and in most cases the cancer has reached an advanced stage. Based on these problems the authors conclude and raise a problem into an expert system study to diagnose leukemia which is expected to help sufferers and doctors in need. The expert system for diagnosing leukemia which is made using the Fuzzy Tsukamoto method based on 100 patient training data with 10 attributes, has been tested with expert diagnosis having a success rate of 90%. The difference in the results of system diagnosis with experts from 30 test data is 3 data so that there are 27 correct data from 30 test data.

Keywords: *leukimia, diagnose, fuzzy tsukamoto, expert system.*

1. PENDAHULUAN

Leukemia (kanker darah) adalah penyakit yang disebabkan karna produksi jumlah sel darah putih tidak normal yang berlebihan oleh tubuh. Selain pertumbuhan yang pertumbuhan yang cepat sel darah yang berlebihan ini bentuknya tidak abnormal dan sulit

dikendalikan. Sel darah putih abnormal tersebut (disebut megakariosit) (Faisal Yatim, 2012).

Berdasarkan data yang didapatkan dari situs resmi *World Health Organization* (WHO), jumlah penderita kanker leukimia pada Tahun 2018 di dunia ada sekitar 437.033 jiwa atau setara dengan 4% dari jumlah seluruh pengidap penyakit kanker. Di Asia tenggara sekitar 48.520

jiwa mengidap penyakit leukimia. Sementara di Indonesia, sekitar 13.498 jiwa menderita penyakit leukimia ini. Diperkirakan angka ini akan terus bertambah hingga sekitar 60 % pada tahun 2040 (WHO, 2018).

Banyaknya angka kejadian kanker ini disebabkan oleh kurangnya pengetahuan tentang leukimia dan gejala penyakit yang tidak diketahui oleh orang tua. Oleh karena itu pengenalan gejala dini dan penanganan segera terhadap anak yang terkena leukimia itu sendiri sangat penting. (Yayasan Onkologi Indonesia, 2017). Metode penyembuhan yang masih menjadi perdebatan di dunia kedokteran dan kesulitan untuk mencegah penyakit ini, membuat penyakit ini termasuk dalam kanker yang mematikan. Di Indonesia biaya pengobatan dokter masih sangat mahal bisa mencapai puluhan jutaan rupiah, tergantung jenis kanker dan stadium serta penyakit lain yang diidap pasien (Dream, 2018). Mahalnya biaya pengobatan dokter pun membuat tidak sedikit orang mencoba pengobatan alternatif yang biayanya relatif lebih terjangkau. Namun pengobatan alternatif pun tidak memastikan kesembuhan untuk pasien, yang akhirnya membuat pasien harus dibawa ke rumah sakit kembali dan pada kebanyakan kasus kanker tersebut telah mencapai stadium lanjut.

Berdasarkan permasalahan tersebut penulis menyimpulkan dan mengangkat suatu masalah ke dalam sebuah penelitian sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit leukimia yang diharapkan dapat membantu penderita serta dokter yang terkait.

Penelitian mengenai penyakit leukimia ini sebelumnya pernah dilakukan. Penelitian yang dilakukan oleh M. Fahrudin Ghazali yang berjudul "Sistem Pakar Diagnosis Dini Penyakit Leukemia Dengan Metode Certainty Factor" sudah membangun sistem pakar diagnosis penyakit leukimia yang memakai gejala penyakit leukimia sebagai masukan sistem dan diagnosis jenis penyakit leukimia yang diderita pengguna sebagai keluaran sistem. Nilai kepercayaan yang dihasilkan oleh sistem adalah 0,78 (78%).

Penelitian lain dilakukan oleh Melisa yang berjudul "Perancangan Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Leukimia dengan Metode *Forward Chaining*" dalam penelitian tersebut memakai 4 jenis kimia yaitu Leukimia Limfotik Akut (LLA), Leukimia Mielogen Akut (LMA), Leukimia Limfotik Kronis (LLK), Leukimia Mielogen Kronis (LMA). Dari penelitian ini dihasilkan sebuah sistem untuk para pasien agar

dapat melakukan diagnosis dini terhadap penyakit, kemudian pasien yang memiliki hasil diagnosis penyakit leukimia dapat langsung ditangani oleh dokter. Pengetahuan oleh pakar merupakan kunci akurasi dari sistem ini, semakin sering pakar/dokter melakukan update data penyakit dan gejala baru maka akurasi dari sistem ini semakin baik.

Penelitian lain dilakukan oleh Yanmas Akhir Maulana dengan judul "Implementasi Fuzzy Tsukamoto Dalam Mendiagnosis Penyakit Diabetes Melitus". Sistem ini menggunakan data yang berupa hasil lab darah data kadar gula penyakit diabetes yaitu: gula darah setelah tidak makan, gula plasma setelah tidak makan, gula darah 2jm pp, dan HbA1c. Akurasi yang dihasilkan oleh penelitian ini adalah 87%.

Penelitian lain dilakukan oleh Fauzan Masykur dengan judul "Implementasi Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Diabetes Mellitus Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis Web". Sistem ini menggunakan 8 jenis hasil lab tes darah sebagai masukan sistem diantaranya lain: Gula Darah setelah tidak makan (mg/dl), Gula Plasma setelah tidak makan (mg/dl), Gula Plasma Tidur (mg/dl), Gula Darah 2 jam PP (mg/dl), takaran HbA1c (mg/dl), takaran HDL (mg/dl), takaran Trigliserida (mg/dl), takaran Insulin (%). Akurasi yang dihasilkan 100%. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi waktu dokter, oleh karena itu penggunaan Fuzzy Tsukamoto pada sistem pakar ini dapat menghasilkan keluaran akurasi yang baik.

Untuk membantu mendeteksi permasalahan diatas, penulis mencoba mengimplementasikan metode *Fuzzy Tsukamoto* untuk mendiagnosis penyakit leukimia dengan judul "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Leukimia dengan Metode *Fuzzy Tsukamoto*" dengan tujuan membantu para pengidap penyakit leukimia dalam mendiagnosis penyakit leukimia dan mengurangi resiko kematian pengidap penyakit.

2. TINJAUAN PUSTAKA

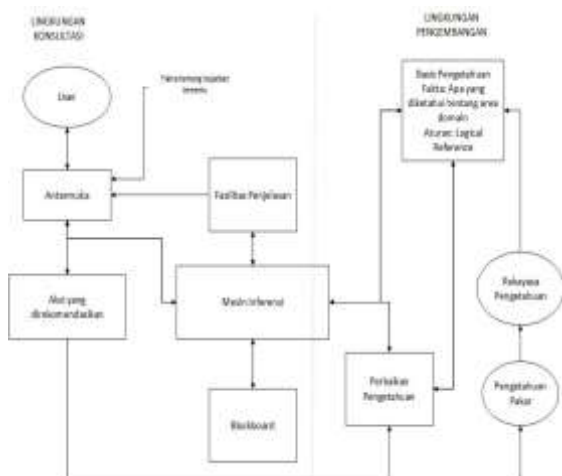
2.1 Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan sistem berdasar komputer yang memanfaatkan ilmu, kebenaran serta metode berfikir untuk menyelesaikan *problem* yang kebanyakan mampu diselesaikan oleh seorang pakar di dalam suatu bidang tertentu saja (Kusrini, 2006). Sebutan sistem pakar datang dari *knowledge-based expert system*. Sebutan ini dihasilkan dari kebutuhan

sistem pakar akan ilmu seorang pakar yang diimplementasikan ke dalam sebuah sistem pakar untuk memecahkan suatu masalah. Meningkatkan kapabilitas dalam penyelesaian masalah adalah tujuan seseorang yang awam atau selain pakar untuk memakai sistem pakar, sedangkan sebagai asisten pengetahuan adalah alasan seorang pakar menggunakan sistem pakar.

2.1.1 Struktur Sistem Pakar

Sistem pakar mencakup dua elemen inti yaitu, lingkungan konsultasi (consultation environment) dan lingkungan pengembangan (development environment). Lingkungan pengembangan dipakai untuk membangun sistem pakar dari beberapa aspek antara lain aspek komponen dan aspek basis pengetahuan. Lingkungan konsultasi digunakan oleh pengguna yang awam atau bukan pakar untuk berkonsultasi agar mendapatkan informasi yang diberikan oleh sistem seperti bertanya dengan pakar (Sutojo, T., 2011). Elemen-elemen yang terdapat dalam sistem pakar seperti:



Gambar 1 Struktur Sistem Pakar

1. Subsistem penambahan pengetahuan (Akuisisi Pengetahuan)

Akuisisi pengetahuan merupakan penyelesaian masalah dengan menggunakan penambahan, pemindahan, dan alih bentuk pengetahuan dari pakar ke sebuah sistem komputer. Dalam bagian ini, perekraya pengetahuan (knowledge engineer) berupaya menerima pengetahuan yang kemudian akan dipindahkan ke dalam basis pengetahuan. Beberapa cara untuk mendapatkan pengetahuan adalah dari pakar, ditambah pengetahuan dari buku,

laporan, jurnal penelitian, basis data dan pengalaman pengguna.

2. Basis pengetahuan (Knowledge Base)

Basis pengetahuan terdiri dari pengetahuan-pengetahuan yang diperlukan dalam mencerna, merumuskan dan mencari solusi dari sebuah masalah. Basis pengetahuan melingkupi penjelasan dan aturan-aturan pemecahan sebuah inti bahasan masalah beserta atributnya yang membuat basis pengetahuan ini sangat penting dalam melakukan inferensi. Fakta dan aturan menjadi komponen utama dalam basis pengetahuan (Sutojo, T., 2011).

3. Mesin Inferensi

Dalam penyelesaian masalah, bagian ini terdiri dari penalaran dan mekanisme berfikir yang dipakai oleh pakar. Mesin inferensi memberikan metodologi berfikir tentang penjelasan yang terkandung dalam basis pengetahuan dan blackboard untuk memformulasikan kesimpulan dalam bentuk program komputer.

4. Blackboard

Blackboard adalah lingkungan dari sekelompok working memory. Mengabadikan peristiwa yang sedang terjadi serta dengan keputusan temporer juga merupakan kegunaan dari blackboard.

5. Antarmuka

Antarmuka berfungsi sebagai perantara komunikasi antara pengguna dengan sistem. Menurut Mcleod(1995), dalam antarmuka berlangsung percakapan antara user dengan program, sistem mendapatkan dan memberikan informasi dari dan kepada user.

6. Subsistem penjelasan

Pada bagian ini pengguna mendapatkan penjelasan bagaimana hasil diagnosis/keluaran didapatkan. Memberikan penjelasan kepada user tentang bagaimana proses penarikan konklusi terjadi dengan menunjukkan aturan yang dipakai merupakan tujuan dari fasilitas penjelasan.

7. Perbaikan pengetahuan

Pada bagian ini sistem menilai performa sistem pakar agar mengetahui apakah pengetahuan tersebut masih relevan digunakan untuk sekarang atau pun dimasa yang akan datang.

2.2 Algoritma Fuzzy

Logika Fuzzy dicetuskan oleh Dr. Lotfi Zadeh dari Universitas California pada tahun 1965. Teori himpunan fuzzy adalah fondasi dari Logika Fuzzy. Derajat keanggotaan mempunyai peran yang amat penting dalam teori himpunan fuzzy, derajat keanggotaan dipakai sebagai alat untuk menentukan posisi anggota pada sebuah himpunan. Ciri pokok dalam proses berfikir dengan logika fuzzy adalah derajat keanggotaan tersebut atau yang bisa disebut nilai keanggotaan (membership function) (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

Kotak hitam adalah logika fuzzy yang digunakan sebagai penyambung antara ruang masukan dan ruang keluaran. Metode yang dipakai dalam memproses data masukan untuk dikeluarkan ke sebuah bentuk informasi yang baik adalah isi dari kotak hitam tersebut. Pada Gambar 2 menunjukkan pemetaan sebuah masukan keluaran dalam bentuk pengetahuan yang baik.



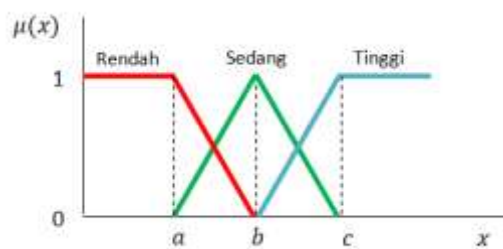
Gambar 2. Pemetaan Masukan-Keluaran

2.3 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menyatakan penempatan *point-point* masukan ke dalam derajat keanggotaan (membership function) yang mempunyai jarak antara 0 sampai 1. Pendekatan fungsi adalah salah satu dari beberapa cara yang mungkin dipakai agar memperoleh derajat keanggotaan. Ada beberapa fungsi yang dapat dimanfaatkan antara lain:

2.3.1 Representasi Kurva Bahu

Rerepresentasi kurva bahu adalah daerah yang terdapat pada antara sebuah variable, yang dinyatakan ke dalam suatu bentuk segitiga, pada sisi kiri dan kananya akan naik dan turun, namun dalam beberapa kasus salah satu sisi dari variable tersebut tidak terjadi perubahan. Bahu sebelah kiri beranjak dari 1 ke 0, begitu juga dengan bahu sebelah kanan beranjak dari 0 ke 1. Penggambaran kurva bahu dapat direpresentasikan pada gambar berikut:



Gambar 3. Representasi Kurva Bahu

2.4 Metode Tsukamoto

Berdasarkan Setiadi (2009), dalam metode Tsukamoto keterkaitan setiap *rule* berupa keterkaitan “sebab-akibat” atau keterkaitan “masukkan-keluaran” dimana memiliki arti yaitu antara nilai acuan dan hasil harus ada relasinya. Himpunan- himpunan fuzzy yang memiliki fungsi keanggotaan yang seragam digunakan untuk menyatakan aturan yang ada. Penegasan rata- rata terpusat atau metode defuzzifikasi rata rata terpusat (*center average defuzzifier*) digunakan dalam penetapan keluaran hasil yang tegas (*crisp solution*).

Empat tahapan digunakan dalam mendiagnosis penyakit leukimia memakai metode Tsukamoto (Agustin, 2015), antara lain:

1. Fuzzifikasi

Proses pengubahan nilai masukan tegas ke nilai fuzzy adalah tujuan dari fuzzifikasi. Nilai masukan fuzzy didapatkan dengan memasukkan nilai masukan tegas ke dalam fungsi pengaburan yang sudah dibuat dilakukan pada tahap fuzzifikasi.

2. Pembentukan Aturan Fuzzy

Pembentukan aturan fuzzy digunakan untuk mendapatkan hasil output yang tegas (*crisp solution*). Aturan fuzzy yang dipakai yaitu *rule* “if-then” dengan operator antar variabel input merupakan operator “and”. Antiseden merupakan pernyataan yang berada setelah “if”, sedangkan konsekuen adalah pernyataan setelah “else”, ditunjukkan pada Persamaan berikut:

3. Analisis Logika Fuzzy

Setiap aturan yang dibuat adalah harus memiliki sifat keterkaitan. Analisis logika fuzzy yang dipakai dalam bagian ini yaitu fungsi keterkaitan min, karena operator yang dipakai dalam *rule* “if-then” adalah operator “and”. Memilih nilai keanggotaan terkecil dari elemen yang ada pada himpunan fuzzy yang terkait

adalah tujuan dari fungsi implikasi min. Keluaran fungsi implikasi dari setiap aturan-aturan yang ada adalah α -predikat atau dapat direpresentasikan oleh α , ditunjukkan pada Persamaan berikut:

4. Defuzzifikasi

Proses pengubahan nilai output fuzzy menjadi nilai output yang tegas merupakan fungsi dari defuzzifikasi. Formula yang dipakai dalam bagian ini merupakan rata-rata terbobot, ditunjukkan pada Persamaan berikut.

2.5 Penyakit Leukimia

Istilah *leukemia* datang dari bahasa Yunani yang memiliki arti yaitu darah putih. *Leukemia* masuk ke dalam lingkup kategori jenis tumor cair (*liquid tumor*) (Morrison, Candis dan Hesdorffer, Charles S., 2012: 4). Penumpukan sel darah putih yang tidak normal dalam sumsum tulang merupakan salah satu tanda dari penyakit leukimia, hal ini dapat membuat gangguan pada sumsum tulang dan menjadikan peredaran sel darah putih meningkat. *Leukemia* digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu:

2.5.1 Leukimia Akut

Leukemia akut disebabkan pada saat pendewasaan sel terhambat yang mengakibatkan bertambahnya jumlah sel-sel yang tergolong masih amat muda (*blast*) pada sumsum tulang dan pada peredaran darah. Perkembangan penyakit yang amat pesat dan kurangnya sel darah dewasa untuk menghentikan peradangan dan atau untuk menangkal pendarahan dan anemia berat membuat penyakit leukimia jenis ini sangat mematikan. *Leukemia* akut dapat digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu *Acute Myeloblastic Leukemia* (AML) yang menargetkan sel myeloid dan *Acute Lymphoblastic Leukemia* (ALL) yang menargetkan sel limfoid (Morrison, Candis dan Hesdorffer, Charles S., 2012: 8-9).

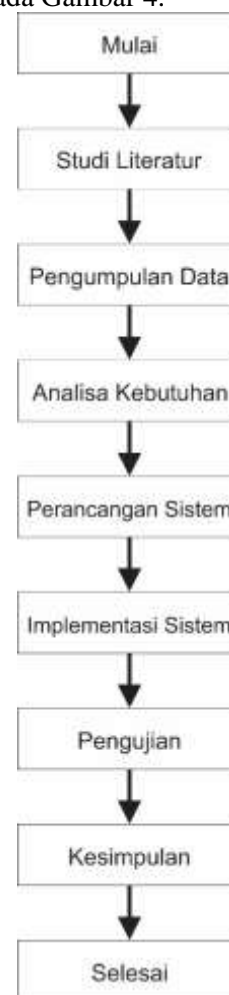
2.5.2 Leukimia Kronis

Leukemia kronis disebabkan karena sel darah putih dewasa tetap hidup pada siklus kematian yang semestinya (*apoptosis*) menyebabkan terus teragregasi dalam peredaran darah dan sumsum tulang sehingga mengakibatkan memadatnya sumsum pada tulang belakang sehingga siklus regenerasi sel-sel lain yang sedang berkembang secara normal terganggu. Perkembangan

penyakit yang cenderung lambat membuat penyakit leukimia jenis ini sulit untuk dideteksi secara dini. Tidak jarang pasien baru terdiagnosa penyakit ini setelah menjalankan pemeriksaan penyakit lain atau saat menjalani pemeriksaan fisik rutin. Beberapa gejala yang sering muncul pada penyakit leukimia jenis ini adalah pembengkakan dan sering mengalami infeksi, hal ini disebabkan oleh sel apoptosis tersebut terakumulasi dalam limfa. *Leukemia* kronis dapat digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu *Chronic Myeloblastic Leukemia* (CML) yang menargetkan sel myeloid dan *Chronic Lymphoblastic Leukemia* (CLL) yang menargetkan sel limfoid (Morrison, Candis dan Hesdorffer, Charles S., 2012: 9).

3. METODOLOGI

Metodologi pada penelitian ini menggunakan beberapa tahap agar proses yang dilalui menjadi lebih teratur, seperti yang digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram Alir Metode Penelitian

3.1 Pengumpulan Data

Rencana pengambilan data didapat dari penelitian yang sudah ada yang didapat dari Rumah Sakit Umum Daerah dr. Saiful Anwar Malang, yang berlokasi di Jl. Jaksa Agung Suprpto No. 2 Malang. Objek atau variabel pada tugas akhir ini adalah jenis penyakit leukemia berdasarkan gejalanya.

Pemungkutan data yang dipakai pada penelitian kali ini menggunakan dua cara yakni pemungkutan data primer dan pemungkutan data sekunder. Untuk data sekunder merupakan data yang diambil dari riset / penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya atau dari data yang sudah ada dari sumber lain dan data primer merupakan data yang diambil secara *direct* dari responden / narasumber. Pada penelitian kali ini beberapa data yang diperlukan antara lain:

1. Data tentang penyakit leukemia. Sumber data ini bisa diperoleh dengan metode wawancara dan melihat jurnal kedokteran.
2. Data untuk kasus penyakit leukemia dengan melihat hasil laboratoriumnya yang diperoleh dari rekam medik RSUD dr. Saiful Anwar Malang.

4. PERANCANGAN

4.1 Perancangan Sistem

Sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit leukemia adalah sistem yang dibuat pada penelitian kali ini. Metode Fuzzy Tsukamoto merupakan metode yang digunakan dalam membuat sistem ini yang mempunyai rancangan untuk penarikan kesimpulan berdasarkan data aturan hasil lab yang sudah terdokumentasikan pada tabel basis pengetahuan. Tahapan sistem yang terjadi yaitu menerima masukkan berupa hasil lab penyakit leukemia yang sudah dilakukan oleh pengguna. Kemudian sistem memproses nilai tersebut, melakukan inferensi *fuzzy* dan akhirnya melakukan perhitungan yang *crisp* melalui defuzzifikasi. Selain memberikan hasil akhir berupa diagnosis penyakit apa yang diderita pasien, sistem ini juga memberikan saran solusi kepada pasien untuk melakukan penanganan terhadap penyakit berdasarkan masukan hasil lab darah yang dimasukkan oleh pasien.

Konsep pembuatan sistem ini direpresentasikan ke dalam arsitektur sistem pakar yang diperlihatkan oleh Gambar 5.

Gambar 5. Flowchart Inferensi Fuzzy Tsukamoto

4.1.1 Menentukan Himpunan Fuzzy

Tabel 1. Himpunan Fuzzy

4.1.1.1.a.i.1.a. Himpunan *fuzzy* variable Hemoglobin

Gambar 6. Himpunan Variabel Hemoglobin

4.1.1.1.a.i.1.b. Himpunan *fuzzy* variable Eritrosit

Gambar 7. Himpunan Variabel Eritrosit

4.1.1.1.a.i.1.c. Himpunan *fuzzy* variable Leukosit

Gambar 8. Himpunan Variabel Leukosit

4.1.1.1.a.i.1.d. Himpunan *fuzzy* variable Hematokrit

Gambar 9. Himpunan Variabel Hematokrit

4.1.1.1.a.i.1.e. Himpunan *fuzzy* variable Trombosit

Gambar 9. Himpunan Variabel Trombosit

4.1.1.1.a.i.1.f. Himpunan *fuzzy* variable Eosinofil

Gambar 10. Himpunan Variabel Eosinofil

4.1.1.1.a.i.1.g. Himpunan *fuzzy* variable Basofil

Gambar 11. Himpunan Variabel Basofil

4.1.1.1.a.i.1.h. Himpunan *fuzzy* variable Neutrofil

Gambar 12. Himpunan Variabel Neurofil

4.1.1.1.a.i.1.i. Himpunan *fuzzy* variable Limfosit

Gambar 13. Himpunan Variabel Limfosit

4.1.1.1.a.i.1.j. Himpunan *fuzzy* variable Monosit

Gambar 14. Himpunan Variabel Monosit

4.1.1.1.a.i.1.k. Himpunan *fuzzy* variable Diagnosis

Gambar 15. Himpunan Variabel Diagnosis

5. IMPLEMENTASI

Antar muka sistem diagnosis penyakit leukimia diperlukan dalam proses komunikasi antara user dan sistem. Antar muka yang akan diberikan penjelasan pada bagian ini yaitu penerapan halaman beranda sistem, penerapan halaman leukimia, penerapan halaman facts, penerapan halaman diagnose, dan penerapan halaman hospital.

A. Tampilah Halaman Beranda Sistem

Halaman beranda adalah tampilan inisial sistem saat pertama kali dijalankan dan sebelum user memulai proses diagnosis penyakit leukimia. 4 tombol menu yang dapat ditemukan pada halaman beranda ini yaitu tombol menu halaman leukimia, tombol menu halaman *facts*, tombol menu implementasi halaman *diagnose*, dan tombol menu implementasi halaman *hospital*. Gambar 16 merupakan implementasi dari beranda sistem.

**Gambar 16.** Implementasi Halaman Beranda Sistem

B. Tampilan Halaman Leukimia

Implementasi halaman leukimia mencakup penjelasan mengenai penyakit leukimia dan disertakan foto leukimia. Gambar 17 merupakan implementasi dari halaman leukimia.

**Gambar 17.** Implementasi Halaman Leukimia

C. Implementasi Halaman Facts

Halaman *facts* berisi fakta-fakta mengenai penyakit leukimia yang disertakan gambar untuk memperindah halaman. Gambar 18 merupakan implementasi dari halaman *facts*.

**Gambar 18.** Implementasi Halaman *Facts*

D. Implementasi Halaman Diagnose

Halaman diagnose berisi 10 *input text* yang harus pengguna *input*-kan sesuai dengan hasil tes darah yang telah pengguna lakukan. Tombol *diagnose* berguna untuk melakukan proses perhitungan dari data yang telah diinputkan oleh user. Dibawah tombol *diagnose* menampilkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sistem

setelah pengguna mengisikan *input text* yang disediakan, serta memberikan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan menggunakan metode fuzzy tsukamoto. Gambar 19 merupakan implementasi dari halaman *diagnose*.

Gambar 19. Implementasi Halaman *Diagnose*

E. Tampilan Halaman Hospital

Halaman *hospital* ini berguna untuk membantu pengguna dalam mencari rumah sakit yang mampu menangani penyakit leukimia yang berada disekitar malang. Halaman *hospital* ini berisi nama-nama rumah sakit yang mampu menangani penyakit leukimia yang berada disekitar malang disertakan foto, alamat dan nomor telepon rumah sakit. Gambar 20 merupakan implementasi dari halaman *hospital*.



Gambar 20. Implementasi Halaman *Hospital*

6. PENGUJIAN DAN ANALISIS

6.1 Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi adalah pengujian yang digunakan agar mampu memahami kinerja sistem dalam memberikan keluaran hasil diagnosis penyakit dengan masukan berupa hasil tes lab yang dimasukkan oleh user. 30 data hasil diagnosis pakar digunakan sebagai dasar perbandingan pada pengujian penelitian ini. Diagnosis yang diberikan oleh pakar kemudian dibandingkan dengan hasil keluaran diagnosis sistem merupakan pengujian yang dilalui. Hasil pengujian akurasi sistem memiliki kesamaan diagnosis dengan diagnosis dari pakar sebesar 90%.

6.2 Pengujian Akurasi

Berpatokan data diagnosis yang diperoleh dari pakar berkenaan dengan kasus penyakit leukimia yang menjadi data uji, maka nilai akurasi yang diperoleh adalah 90% dengan penggunaan metode *Fuzzy Tsukamoto* yang menjadi metode dasar penelitian ini. Nilai 90% didapatkan melalui perbandingan data benar dengan jumlah 27 dari 30 data uji, 3 data salah dari 30 data uji disebabkan oleh perbedaan hasil diagnosis antara diagnosis sistem dan diagnosis pakar. Tabel analisa pengujian akurasi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Tabel Pengujian Akurasi

Jumlah Data Testing	Jumlah Hasil Data Testing Akurat	Jumlah Hasil Data Testing tidak Akurat	Akurasi Akhir
30 Data Uji	27 Data Uji	3 Data Uji	90%

7. PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian “Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Leukimia dengan Metode Fuzzy Tsukamoto”, maka adapun kesimpulan-kesimpulan yang dapat diambil yaitu:

4.1.1.1.a.i.1. Penelitian mengenai aplikasi sistem *fuzzy* pada diagnosis penyakit leukimia dimulai dengan memecah data yang didapat dari Rumah Sakit Umum Daerah dr. Saiful Anwar Malang menjadi 2 yaitu, data

latih dan data uji. Dari 100 data yang didapatkan, 100 data tersebut dijadikan data latih dan akan diambil 30 secara acak dari 100 data tersebut untuk digunakan menjadi data uji. Penelitian ini menggunakan 10 variabel masukkan antara lain, Hemoglobin, Eritrosit, Leukosit, Hematokrit, Trombosit, Eosinofil, Basofil, Neutrofil, Limfosit, Monosit. Keluaran yang dihasilkan dari penelitian ini adalah jenis penyakit leukimia yaitu, AML, ALL, CML, dan CLL. Dari 100 data uji diapatkan 88 *rule fuzzy* yang unik.

4.1.1.1.a.i.2. Model *fuzzy* yang dipakai yaitu model *fuzzy tsukamoto*. Model Fuzzy Tsukamoto bertujuan untuk mengubah himpunan Fuzzy ke dalam bentuk bilangan crips dengan menggunakan metode penghitungan rata-rata terbobot (Weighted Average) , dengan memakai pendekatan kurva bahu. Kemudian keluaran hasil diagnosis yang didapatkan dari sistem dengan metode fuzzy tsukamoto dibandingkan dengan hasil diagnosis yang telah dilakukan pakar. Hasil yang didapatkan dipakai untuk menghitung tingkat kepercayaan pada model *fuzzy tsukamoto*.

4.1.1.1.a.i.3. Hasil akurasi yang didapatkan dari pengujian dengan metode defuzzikasi rata-rata terbobot (*weighted average*), yaitu 90% yang bermenunjukkan peluang untuk mendiagnosis jenis leukimis pada 1 pasien mempunyai kesempatan diagnosis tepat sebesar 0,9 dengan *error* 0,1. Dengan hasil yang memuaskan yaitu 90% dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem pakar *fuzzy tsukamoto* dengan metode pengujian yaitu defuzzifikasi *weighted average* cukup baik dipakai dalam mendiagnosis jenis penyakit leukimia.

7.2 Saran

Peneliti berharap hasil yang didapatkan dari penelitian kali ini dapat membantu dokter dalam mendiagnosis penyakit leukimia. Beberapa cara yang mungkin dapat dilakukan untuk meningkatkan tingkat kepercayaan metode fuzzy dalam sistem diagnosis penyakit leukimia adalah dengan menggunakan metode penegasan dan inferensi yang berbeda. Cara yang bisa dipakai dalam mendiagnosis penyakit leukimia agar memperoleh hasil yang lebih akurat dan maksimal yaitu:

1. Memperbanyak variabel masukkan, seperti aspirasi sumsum tulang belakang, tes pemindaian (USG, CT scan, dan MRI), lumalungsi, tes fungsi hati, biopsi limpa dan lain sebagainya agar mendapatkan keluaran yang lebih presisi.
2. Memperbanyak himpunan fuzzy dan menggunakan jenis inferensi yang berbeda.
3. Memakai model fuzzy yang lain, seperti metode mamdani, sugeno, neuro-fuzzy, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, V.R. 2015. Aplikasi Pengambilan Keputusan dengan Metode Tsukamoto pada Penentuan Tingkat Kepuasan Pelanggan (Studi Kasus di Toko Kencana Kediri). Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- C., Obi J. & A., Imianvan A. (2011). Interactive Neuro-Fuzzy Expert System for Diagnosis of Leukemia. Global Journal of Computer Science and Technology. Volume 11 Issue 12 Version 1.0. Hlm. 42-50.
- Dream. 2018. *Anak Denada Idap Leukimia, Ini Rincian Biaya Pengobatan Kanker*. Tersedia dari URL : HYPERLINK <http://www.dream.co.id/>.
- Faisal Yatim. 2012. *TALASEMIA, LEUKEMIA, DAN ANEMIA*. Versi online : IMU.
- Ghozali, M.F. 2016. Sistem Pakar Diagnosis Dini Penyakit Leukemia Dengan Metode Certainty Factor. Sidoarjo : Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- Kusrini. 2008. *Aplikasi Sistem Pakar*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Kusumadewi, S. 2003. Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya). Yogyakarta : Graha Ilmu
- Kusumadewi, S. dan Purnomo, H., 2010. Aplikasi Fuzzy logic untuk Pendukung Keputusan. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Maseleno, Andino. 2013. "The Fuzzy Dempster-Shafer Algorithm and its Application to Insect Disease Detection", Computer Science Program, Faculty of Science, Brunai Darussalam.
- Maulana, Y.A. 2016. Implementasi Fuzzy Tsukamoto Dalam Mendiagnosa Penyakit Diabetes Melitus. Semarang : Universitas Dian Nuswantoro Semarang.

- Masykur, Fauzan. 2012. Implementasi Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Diabetes Mellitus Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis Web. Ponorogo : Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
- Melisa. 2015. Perancangan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Leukimia dengan Metode Forward Chaining. Medan: SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER.
- Morrison, Candis & Hesdorffer, Charles S. (2012). Patients' Guide to Leukemia (Panduan untuk Penderita Leukemia). Penerjemah: Cisy Dewantara. Jakarta: PT Indeks
- Pratama, AnggaHardika. (2014). Aplikasi Sistem Pakar Untuk Identifikasi Hama Dan Penyakit Tanaman Tebu Dengan Metode Naïve Bayes Berbasis Web. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.
- T. Sutojo, Edy Mulyanto dan Vincent Suhartono, 2011, "Kecerdasan Buatan", Semarang: Andi Offset.
- World Health Organization. Cancer Today.* 2018. Tersedia dari: URL: HYPERLINK <http://www.gco.iarc.fr/today/>.
- Yayasan Onkologi Anak Indoensia. 2017. Kanker Pada Anak Di Indonesia. Tersedia dari URL : <http://www.yoaifoundation.org/childhood-cancer-4-fact-and-figures-lang-id.html>.