

Sistem Pakar Diagnosis Hama Penyakit Tanaman Jeruk Keprak Borneo Prima (*Citrus Reticulata*) Dengan Fuzzy Tsukamoto

Wahyuni Eka Sari ^{1,*}, Annafi Franz ², Nikita Valentine ²

¹ Fakultas Teknologi Rekayasa Komputer; Politeknik Negeri Samarinda; Jl. Ciptomangunkusumo Samarinda, Kalimantan Timur, (0541) 260588; e-mail: wahyunisari52@gmail.com

² Fakultas Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak; Politeknik Pertanian Negeri Samarinda; Jl. Samratulangi Samarinda, Kalimantan Timur, (0541) 260421; e-mail: annafifranz@politanisamarinda.ac.id, nikitavalentine@gmail.com

* Korespondensi: e-mail: wahyunisari52@gmail.com

Submitted: **05/09/2022**; Revised: **10/09/2022**; Accepted: **19/09/2022**; Published: **22/09/2022**

Abstract

Borneo Prima Citrus is a monoculture commodity that is susceptible to pests or diseases. The role of an expert is constrained by the fact that expert knowledge is not well documented, the detection process is still manual and expensive, and the distance between agricultural extension workers and plantation sites is far. This problem can be solved by an expert system. The Fuzzy-Tsukamoto method is suitable for solving citrus disease diagnosis problems which have many rules with several symptoms that can represent several diseases. Fuzzy Tsukamoto applies monotonous reasoning to each rule. In the Tsukamoto method the system consists of several rules. Because it uses the basic concept of monotonous reasoning, in Fuzzy-Tsukamoto's method, every consequence of the IF-THEN rule is represented by a fuzzy set on a monotonic membership function. There were 13 citrus trees indicated to be infected with the disease, which was observed from 500 trees. The accuracy of the results obtained between the expert system and expert knowledge is 84% of 13 diseases and 36 symptoms. The result shows that there are two diseases that are not suitable and 11 diseases according to experts.

Keywords: Borneo, Fuzzy, Kaltim, Orange, Tsukamoto

Abstrak

Jeruk Keprak Borneo Prima merupakan komoditas monokultur yang rentan mengalami gangguan hama atau penyakit. Peran seorang pakar terkendala pada tidak terdokumentasi pengetahuan pakar dengan baik, proses deteksi masih manual dan mahal, hingga jarak antara penyuluh pertanian dengan lokasi kebun yang jauh. Permasalahan ini dapat diatasi dengan sistem pakar. Metode fuzzy Tsukamoto cocok menyelesaikan permasalahan diagnosis penyakit tanaman jeruk yang memiliki banyak aturan dengan beberapa gejala dapat merepresentasikan beberapa penyakit. Fuzzy tsukamoto mengaplikasikan penalaran monoton pada setiap aturannya. Pada metode Tsukamoto sistem terdiri atas beberapa aturan. Karena menggunakan konsep dasar penalaran monoton, pada metode Tsukamoto, setiap konsekuensi pada aturan yang berbentuk IF-THEN direpresentasikan dengan suatu himpunan Fuzzy pada fungsi keanggotaan yang monoton. Terdapat 13 pohon jeruk keprak terindikasi terserang penyakit yang diamati dari 500 pohon. Keakuratan hasil yang diperoleh antara sistem pakar dengan pengetahuan pakar memberikan hasil yaitu 84% dari 13 penyakit dan 36 gejala. Hal ini menunjukkan bahwa ada dua penyakit yang tidak sesuai dengan pengetahuan pakar dan 11 penyakit sesuai pakar.

Kata kunci: Borneo, Fuzzy, Kaltim, Jeruk, Tsukamoto

1. Pendahuluan

Penanaman suatu komoditas pertanian secara luas dan monokultur seperti Jeruk Keprok Borneo Prima (*Citrus Reticulata*) berpeluang terjadinya gangguan suatu hama atau penyakit (Septirosya et al., 2017). Dalam mengatasi permasalahan ini peran seorang pakar sangat diandalkan untuk mendiagnosis dan menentukan jenis penyakit serta memberikan cara penanggulangan yang tepat untuk mendapatkan solusi terbaik. Namun, ilmu yang dimiliki ahli tanaman tidak terdokumentasi dengan baik, proses deteksi masih manual dan mahal, hingga jarak antara penyuluh pertanian dengan lokasi kebun yang jauh terkadang menjadi kendala bagi para petani ketika melakukan konsultasi. Permasalahan ini dapat diatasi dengan pemanfaatan teknologi sebagai pengganti seorang pakar yaitu sistem pakar.

Sistem pakar adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer yang dirancang untuk memodelkan kemampuan menyelesaikan masalah seperti layaknya seorang pakar. Sistem pakar merupakan salah satu cara untuk mendapatkan pemecahan masalah secara cepat dan mudah (Rofiqoh et al., 2020). Penelitian yang mengenai sistem pakar telah banyak dilakukan salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh (Salam, 2021) yang berjudul Sistem Pakar Diagnosa penyakit Kejiwaan Menggunakan Metode *Tsukamoto* dengan akurasi 80%. Pada pemeriksaan *skizofrenia*, psikiater tidak hanya memeriksa gejala yang tampak pada pasien yang menderita *skizofrenia* tetapi dilihat juga dari sisi penilaian status mental pasien. Selain itu penelitian mengenai diagnosis tanaman jagung yang dilakukan oleh (Widyanto et al., 2016) dengan menggunakan metode *Fuzzy Interference Tsukamoto*. Sistem pakar dengan metode *tsukamoto* dapat membantu untuk mengetahui jenis penyakit apa yang menyerang tanaman jagung serta bagaimana solusinya agar bisa segera ditangani. Dengan hasil akhir diperoleh menggunakan rata-rata terbobot dengan akurasi diatas 80%. Penelitian lain yang menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* yang dilakukan oleh (Hadi & Mahmudy, 2015) sistem pakar penilaian kinerja karyawan dengan akurasi 84%. Sistem yang dibuat menggunakan kuisisioner (*screening tools*) *ASD Assessment Scale* yang disesuaikan dengan pengetahuan pakar dan metode *Fuzzy Tsukamoto* yang diimplementasikan. Penelitian lain yang menerapkan metode fuzzy *Tsukamoto* untuk mengidentifikasi penyakit dan hama pada tanaman padi oleh (Damayanti et al., 2016) dan (Dewi et al., 2016). Penelitian tersebut bertujuan untuk menjadi wadah para petani dalam mendapatkan solusi mengenai pencegahan dan pengobatan akibat serangan hama dan penyakit. Metode fuzzy *Tsukamoto* juga banyak diterapkan pada diagnosis penyakit pada manusia seperti deteksi penyakit kelamin (Ferdiansyah & Hidayat, 2018) dengan akurasi 81%, deteksi penyakit mata (Putra Suwandi et al., 2019) dengan akurasi 85%, deteksi autism pada anak (Gardenia et al., 2015) dengan akurasi 73,33%, hingga penyakit liver/hati (Falatehan et al., 2018) dengan akurasi 96,87%.

Proses diagnosis penyakit tanaman jeruk menggunakan metode *fuzzy Tsukamoto* memiliki beberapa keuntungan. *Fuzzy tsukamoto* mengaplikasikan penalaran monoton pada setiap aturannya. Jika pada penalaran monoton, sistem hanya memiliki satu aturan, pada metode *Tsukamoto* sistem terdiri atas beberapa aturan. Karena menggunakan konsep dasar

penalaran monoton, pada metode *Tsukamoto*, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF-THEN* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *Fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. *Output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan apredikat (*fire strength*) (Putra Suwandi et al., 2019). Metode fuzzy *Tsukamoto* cocok menyelesaikan permasalahan diagnosis penyakit tanaman jeruk yang memiliki banyak aturan dengan beberapa gejala dapat merepresentasikan beberapa penyakit.

Jenis penyakit yang diteliti adalah penyakit Kanker batang/busuk pangkal batang, penyakit kulit diplodia, penyakit batang fusarium, penyakit kudis, embun Jelaga, buah pecah, buah mengapas, jamur upas, kumbang belalai, kutu daun, tungau, thrips, ulat peliang daun.

Buah jeruk adalah tumbuhan anggota marga *Citrus* dari suku *Rutaceae* (suku jeruk-jerukan) (Septirosya et al., 2017). Jeruk Keprok Borneo Prima mempunyai cita rasa manis, sedikit masam, segar dengan tingkat kemanisan 8,5-11,5° brix, Bentuk buah bulat agak pipih, Ukuran buah sedang – agak besar, Warna kulit buah kuning-oranye, Warna daging buah dan roduktivitasnya (umur 5-7 tahun) antara 20-40 kg/pohon/tahun. Area pengembangannya di dataran rendah beriklim basah.



Sumber: Hasil Penelitian (2022)

Gambar 1. Tanaman Buah Jeruk Keprok Borneo Prima

Metode *Tsukamoto* mengaplikasikan penalaran monoton pada setiap aturannya. Kalau pada penalaran monoton, sistem hanya memiliki satu aturan, pada metode *Tsukamoto*, sistem terdiri atas beberapa aturan. Karena menggunakan konsep dasar penalaran monoton, pada metode *Tsukamoto* (Shoniya & Jazuli, 2019). setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF-THEN* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *Fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. *Output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan apredikat (*fire strength*). Proses agregasi antar aturan dilakukan, dan hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan *defuzzy* dengan konsep rata-rata terbobot (Falatehan et al., 2018). Dalam proses inferensinya, metode Fuzzy *Tsukamoto* memiliki beberapa tahapan.

1. Fuzzifikasi. Fuzzifikasi merupakan proses awal untuk mengubah masukan dari pengguna yang mempunyai nilai tegas atau crisp menjadi himpunan fuzzy. Selanjutnya pada proses fuzzifikasi ditentukan derajat keanggotaannya di dalam himpunan fuzzy.
2. Pembentukan Rules IF-Then. Proses untuk membentuk Rule yang akan digunakan dalam bentuk IF – THEN yang tersimpan dalam basis keanggotaan fuzzy.
3. Mesin Inferensi. Proses untuk mengubah masukan fuzzy menjadi keluaran fuzzy dengan cara fuzzifikasi tiap Rule (IF-THEN Rules) yang telah ditetapkan. Menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai alpha-predikat tiap- tiap Rule. Kemudian masing-masing nilai alpha- predikat digunakan untuk menghitung output masing-masing Rule (nilai z).
4. Defuzzifikasi. Mengubah keluaran fuzzy yang diperoleh dari mesin inferensi menjadi nilai tegas atau crisp. Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan persamaan rata-rata pembobotan menggunakan metode rata-rata Weight Average.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, 5 hama dan 8 penyakit akan dianalisis serta 36 gejala. Alternatif pengendalian terhadap hama dan penyakit sebanyak 13 rekomendasi pengendalian. Pada Tabel 1 dijelaskan daftar penyakit dan hama tanaman jeruk.

Tabel 1. Daftar Penyakit dan Hama Tanaman Jeruk

Kode Penyakit	Nama Penyakit
P1	Kanker Batang/Pangkal Batang (<i>Phytophthora palmivora</i>)
P2	Penyakit Kulit Diplodia (<i>botrydiplodia theobromae</i>)
P3	Penyakit Batang Fusarium
P4	Penyakit Kudis (<i>Spaceloma Fawcett</i>)
P5	Embun Jelaga (<i>Capnodium Citri</i>)
P6	Buah Pecah
P7	Buah Mengapas
P8	Jamur Upas
P9	Kumbang belalai (<i>Maeuterpes dentipes.</i>)
P10	Kutu daun (<i>Toxoptera citridus aurantii, Aphis gossypii.</i>)
P11	Tungau (<i>Tenuipalpus sp., Eriophyes sheldoni Tetranychus sp.</i>)
P12	Thrips (<i>Scirtotrips citri.</i>)
P13	Ulat peliang daun (<i>Phyllocnistis citrella.</i>)

Sumber: Hasil Penelitian (2022)

Pada Tabel 2 dijelaskan kode gejala dan daftar nama gejala pada tanaman jeruk sebagai berikut.

Tabel 2. Daftar Gejala Tanaman Jeruk

Kode Gejala	Nama Gejala
G1	Bercak basah berwarna gelap pada kulit batang
G2	Kulit mengering dan mengelupas
G3	Kulit batang menjadi cekung
G4	Daun tersisa pada bagian puncak
G5	Bercak bagian luar berwarna kuning seperti matang
G6	Daun muncul garis coklat sejajar dengan tulang daun dari ujung
G7	Daun menguning kemudian berubah coklat, menggulung lalu mengering
G8	Daun menguning dan kering
G9	Daun bercak berwarna coklat muda dengan pinggiran bercak

Kode Gejala	Nama Gejala
	berwarna kuning
G10	Batang atau cabang menjadi kering
G11	Daun bagian tulang berwarna hijau tetapi daging daun menguning
G12	Daging daun menjadi hijau muda dan kuning
G13	Menguning pada bagian tulang daun
G14	Mengeluarkan lendir cair
G15	Jaringan kulit menjadi layu
G16	Pada daun tampak adanya bintil kecil berwarna kuning atau orange
G17	Pucat dan mengempis
G18	daun menggulung dan membekas sampai daun dewasa.
G19	bercak keperak-perakan atau coklat pada buah dan bercak kuning atau coklat pada
G20	Helai daun menebal, tepi daun menggulung ke atas, bekas luka berwarna coklat keabu-abuan kadang-kadang disertai nekrosis
G21	Alur melingkar transparan atau keperakan, tunas/daun muda mengerut, menggulung, rontok
G22	Daun menjadi gugur
G23	Retakan melintang pada batang dan keluarnya gom
G24	Terasa hambar dan cairan buahnya sedikit
G25	Muncul lapisan tipis berwarna hitam
G26	Berubah warna menjadi kehitaman
G27	Terdapat celah-celah kecil pada permukaan kulit
G28	Daging buah menjadi terbelah
G29	Daun terserang akan berkerut dan gugur
G30	Kayu berubah warna menjadi hijau hingga hitam
G31	Daun di ujung tunas menjadi hitam, kering dan gugur
G32	ranting muda kadang-kadang mati.
G33	Daun tanaman tampak layu
G34	Buah yang terserang berukuran kecil dan terlambat matang
G35	Kulit disekitar buah terbelah menjadi berwarna kekuningan
G36	Batang kering dan sulit dikelupas

Sumber: Hasil Penelitian (2022)

Pada Tabel 3 menyajikan data terkait jenis tindakan dalam pengendalian hama dan penyakit pada tanaman jeruk.

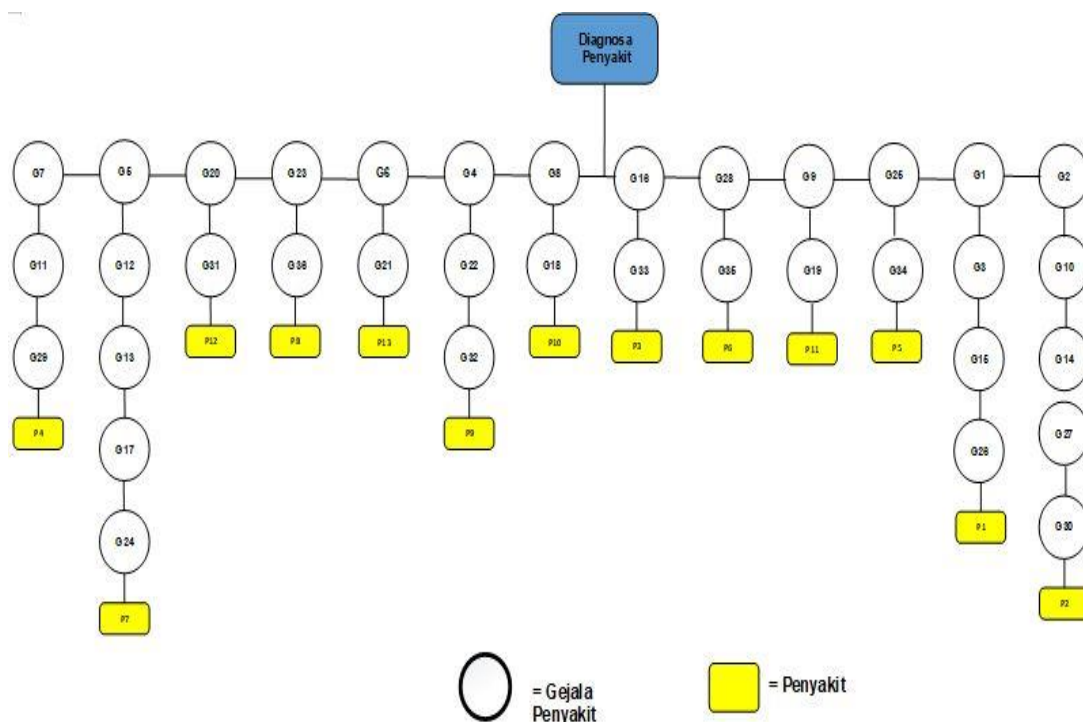
Tabel 3. Tindakan pengendalian hama dan penyakit

Pengendalian	Jenis Tindakan
A1	Pengolahan dan pengairan yang baik, sterilisasi tanah pada waktu penanaman, buat tinggi tempelan minimum 20 cm dari permukaan tanah.
A2	Pemotongan cabang terinfeksi, bekas potongan diberi karbolineum atau fungisida Cu. dan fungisida Benomyl 2 kali dalam setahun.
A3	Dengan <i>Fungisida Benomyl (Benlate) atau Caprafol</i> .
A4	Pemangkasan teratur. Kemudian gunakan <i>Fungisida Dithiocarbamate /Benomyl (Benlate)</i> .
A5	Gunakan fungisida <i>Pyrazophos (Afugan)</i> dan <i>Bupirimate (Nimrot 25 EC)</i> .
A6	Hindari kerusakan mekanis, celupkan buah ke dalam air panas/ <i>fungisida benomyl</i> , pelilinan buah dan pemangkasan bagian bawah pohon
A7	Dengan <i>Fungisida Benomyl (Benlate) atau Caprafol</i> .
A8	kulit yang terinfeksi dikelupas dan dioles fungisida carbolineum. Kemudian potong cabang yang terinfeksi.
A9	Perbaiki sanitasi kebun, kurangi kelembaban perakaran. Penyemprotan menggunakan insektisida <i>Carbaryl (Sevin 85 S)</i> dan <i>Diazinon (Basudin 60 EC, 10 G)</i> .
A10	Menggunakan insektisida dgn bahan aktif <i>Methidathion (Supracide 40 EC)</i> , <i>Dimethoate (Perfecthion, Rogor 40 EC, Cygon)</i> , <i>Diazinon (Basudin 60 EC)</i> , <i>Phosphamidon (Dimecron 50 SCW)</i> , <i>Malathion</i>

	(Gisonthion 50 EC).
A11	Semprotkan insektisida <i>Propargite (Omite)</i> , <i>Cyhexation (Plictran)</i> , <i>Dicofol (Kelthane)</i> , <i>Oxythioquinox (Morestan 25 WP, Dicarbam 50 WP)</i> .
A12	Menjaga agar tajuk tanaman tidak terlalu rapat dan sinar matahari masuk ke bagian tajuk, hindari memakai mulsa jerami. Kemudian gunakan insektisida berbahan aktif <i>Difocol (Kelthane)</i> atau <i>Z-Propargite (Omite)</i> pada masa bertunas.
A13	Semprotkan insektisida dgn bahan aktif <i>Methidathion (Supracide 40 EC, Basudin 60 EC)</i> , <i>Malathion (Gisonthion 50 EC, 50 WP)</i> , <i>Diazinon (Basazinon 45/30 EC)</i> . Kemudian daun dipetik dan ditanam dalam tanah atau dibakar.

Sumber: Hasil Penelitian (2022)

Pada penelitian ini, dibuat pohon keputusan gejala dan penyakit agar memudahkan proses inferensi. Pohon keputusan berfungsi sebagai peta jalan setiap hama dan penyakit yang dialami oleh tanaman jeruk. Setiap penyakit memiliki jumlah gejala yang bervariasi. Hal ini memungkinkan satu gejala dapat mengindikasikan 2 atau lebih jenis serangan penyakit atau hama. Pohon keputusan ini dapat memudahkan pakar dalam merepresentasikan pengetahuannya. Pohon Keputusan penyakit jeruk keprok borneo prima dapat dilihat pada Gambar 2.



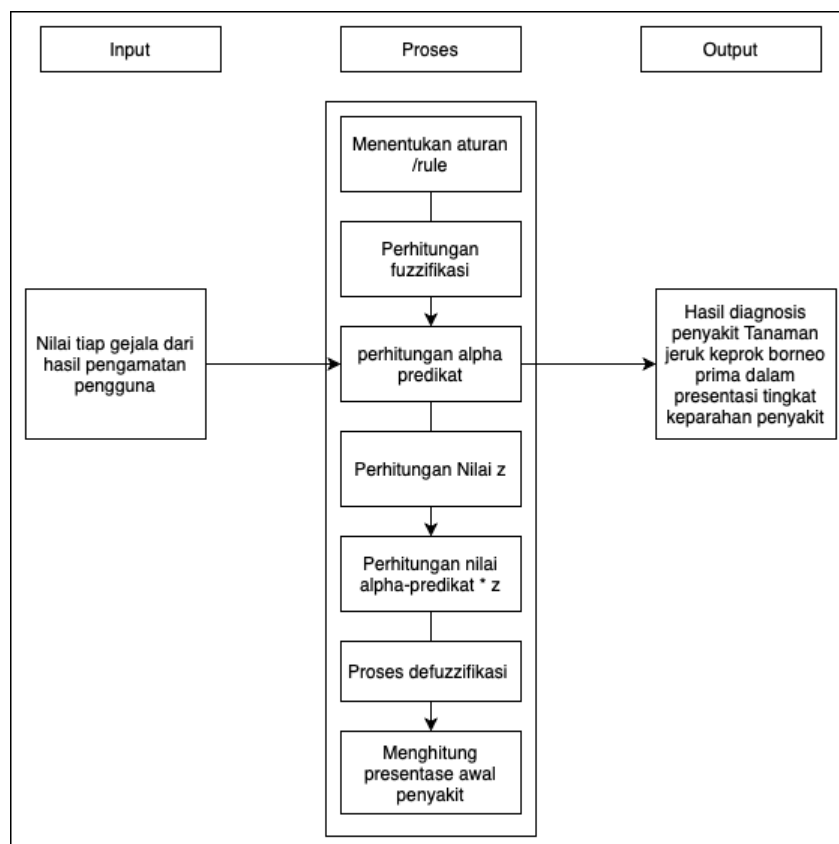
Sumber: Hasil Penelitian (2022)

Gambar 2. Pohon keputusan hama dan penyakit tanaman jeruk

Tahapan-tahapan dari metode fuzzy tsukamoto yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari enam proses utama. Langkah pertama adalah proses fuzzifikasi, kemudian menghitung alpha predikat dengan fungsi implikasi MIN, dilanjutkan dengan menghitung nilai z atau konsekuen tiap rule, melakukan defuzzifikasi, hingga menentukan presentase penyakit pada proses terakhir. Masukan (*input*) data berupa data tingkat keparahan gejala, sedangkan

keluaran (output) berupa hasil diagnosis penyakit tanaman jeruk keprok borneo prima dengan tingkat presentase keparahan penyakit. Berikut ini pada Gambar 3 dijelaskan diagram blok sistem pakar diagnosis penyakit tanaman jeruk keprok borneo prima.

Pada Gambar 3, nilai input merupakan data mentah dari pengguna kemudian diterjemahkan oleh sistem menggunakan metode fuzzy Tsukamoto. Sistem dibangun dengan Bahasa pemrograman HTML, CSS, Javascript, PHP dan MySQL. Terdapat 5 Tabel pada Basis Data MySQL antara lain tabel penyakit, tabel gejala, tabel pengendalian, tabel proses, dan tabel pengguna. Proses diagnosis dengan metode fuzzy Tsukamoto disimpan pada tabel proses. Sehingga pengguna dapat melihat dan menyimpan hasil konsultasi. Hal ini berfungsi sebagai pemberitahuan kepada pengguna tentang tingkat keparahan pohon terhadap serangan hama atau penyakit.



Sumber: Hasil Pengolahan Data (2022)

Gambar 3. Diagram blok sistem pakar diagnosis penyakit tanaman jeruk keprok borneo prima

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, dilakukan pengamatan terhadap 500 pohon jeruk. Sampel yang digunakan adalah 13 pohon jeruk dengan kondisi gejala penyakit yang berbeda. Berikut ini proses perhitungan salah satu pohon dengan 4 gejala yang terindikasi terserang penyakit (P1) Kanker Batang/Pangkal Batang (*Phytophthora palmivora*). Daftar gejala dan nilai masukan gejala dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Daftar Gejala Penyakit P1

Kode	Gejala	Tingkatan	Keterangan
G1	Bercak basah berwarna gelap pada kulit batang	12	Sangat Tinggi
G3	Kulit batang menjadi cekung	12	Sangat Tinggi
G15	Jaringan kulit menjadi layu	16	Sangat Tinggi
G26	Berubah warna menjadi kehitaman	3	Sangat rendah

Sumber: Hasil Penelitian (2022)

Setelah mengetahui gejala apa saja yang dipilih oleh user maka sistem dapat melanjutkan ke proses perhitungan menggunakan metode *Fuzzy Inference Tsukamoto*. Nilai masukkan gejala selanjutnya nilai dikali dengan bobot yang ada pada *rule* penyakit. Untuk aturan input dan bobot setiap masukan ditunjukkan pada Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Aturan masuk (Input) dan Bobot

Input User	Bobot
Sangat Tinggi	1
Tinggi	0,8
Sedang	0,6
Rendah	0,4
Sangat Rendah	0,2
Tidak	0

Sumber: Hasil Penelitian (2022)

Kemudian untuk perhitungan *input user* setiap gejala penyakit ditunjukkan pada Tabel 6. Proses selanjutnya yaitu fuzzifikasi. Pada proses ini terdapat model membership *function* antara lain tinggi, sangat tinggi dan sangat rendah. Model membership function yang digunakan adalah triangular dengan 5 membership yaitu Sangat Tinggi, Tinggi, Sedang, Rendah, Sangat Rendah.

Tabel 6. Perhitungan input pengguna dan proses inferensi

Gejala	Bobot gejala (α) * nilai input (z)
Bercak basah berwarna gelap pada kulit batang	12*1=12
Kulit batang menjadi cekung	12*1=12
Jaringan kulit menjadi layu	16*1=16
Berubah warna menjadi kehitaman	3*0,2=0,6
Total nilai $\Sigma(\alpha * z)$	40,6

Sumber: Hasil Penelitian (2020)

Berdasarkan Tabel 6, setelah mendapatkan nilai total dari perkalian bobot gejala dan nilai masukan dari user, maka Langkah selanjutnya adalah proses defuzzifikasi. Pada proses defuzzifikasi, nilai total perkalian bobot gejala dan nilai masukan dibagi dengan total nilai bobot sehingga diperoleh nilai defuzzifikasi adalah 12,69. Nilai defuzzifikasi tersebut dibagi dengan jumlah variable keanggotaan agar diperoleh nilai presentase awal tingkat keparahan suatu penyakit.

$$\begin{aligned}
 \text{Presentase Awal (\%)} &= \frac{z}{\text{Jumlah variabel keanggotaan}} \times 100\% \\
 &= \frac{12,69}{16} \times 100\% \\
 &= 79,30\%
 \end{aligned}$$

Agar diperoleh nilai persentase akhir yang tepat, dicari jumlah masukkan yang cocok dari gejala user dibandingkan dengan gejala yang ada di penyakit Kanker batang/busuk pangkal batang (*phytophthora spp*). Sehingga jumlah gejala dibagi jumlah aturan gejala dikali dengan presentase awal.

$$\begin{aligned} \text{Presentase Akhir (\%)} &= \frac{\text{Jumlah gejala}}{\text{Jumlah rule gejala}} \times \text{presentase awal} \\ &= \frac{4}{4} \times 79,30\% \\ &= 79,30\% \end{aligned}$$

Perhitungan persentase akhir digunakan agar nilai menjadi lebih tepat. Pada pemilihan gejala, semakin terpenuhi aturan maka hasil akan semakin tepat. Pada contoh kasus diatas, hasil dari perhitungan cocok dengan gejala penyakit (P1) Kanker batang/busuk pangkal batang (*phytophthora spp*).

3.1. Hasil Pengujian Aplikasi

Hasil implementasi sistem pakar diagnosis penyakit tanaman jeruk keprok borneo prima diterapkan pada aplikasi berbasis web. Terdapat 2 pengguna yaitu admin dan pengguna umum. Admin dapat mengakses menu input data gejala, data penyakit, dan data penanggulangan penyakit tanaman, sedangkan pengguna umum dapat mengakses menu daftar gejala, daftar penyakit, daftar penanggulangan penyakit, dan dapat melakukan konsultasi dari gejala yang ada.



Sumber: Hasil Pengolahan Data (2022)

Gambar 4. Tampilan Halaman Utama Aplikasi

Pada Gambar 4, admin mengakses informasi terkait tanaman jeruk keprok borneo. Halaman utama akan tertampil jika admin berhasil login. Aplikasi web yang dibangun terdapat beberapa halaman atau fitur yaitu mengelola data gejala, mengelola data penyakit, mengelola konsultasi, mengelola penganggungan penyakit, dan petunjuk penggunaan aplikasi. Halaman konsultasi merupakan halaman yang menjadi pokok dari program karena dihalaman inilah *user* melakukan konsultasi sehingga *user* mengetahui penyakit apa yang menyerang tanaman jeruk *user*, halaman konsultasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Sumber: Hasil Pengolahan Data (2022)

Gambar 5. Halaman Konsultasi Hama dan Penyakit

Pada Gambar 5, pengguna dapat memilih gejala yang terjadi pada tanaman buah jeruk keprok borneo prima. Setelah pengguna umum menginputkan data gejala dengan memilih tingkatan gejala, maka pengguna dapat memproses inputan. Sehingga akan muncul beberapa penyakit yang terindikasi menyerang tanaman jeruk. Halaman hasil konsultasi dapat dilihat di Gambar 6.



Sumber: Hasil Pengolahan Data (2022)

Gambar 6. Halaman Hasil Konsultasi

3.2. Pembahasan

Metode fuzzy Tsukamoto yang telah berhasil diterapkan pada aplikasi berbasis web, kemudian dilakukan proses uji coba. Sebanyak 13 percobaan dilakukan pada penelitian ini. Data percobaan dilakukan di Jalan Jendral Ahmad Yani Kelurahan Teluk Pandan Kabupaten Kutai Timur selama 6 bulan (Juli – Desember 2020), bersama petani dengan luas tanah \pm 1,5 hektar, dengan kisaran jarak tanam kurang lebih 1 meter dengan jumlah pohon 500 pohon jeruk. Berikut ini hasil pengujian sistem dengan pakar berdasarkan inputan gejala.

Tabel 1. Pengujian Data Pada Sistem dan Pakar

Daftar gejala	Keterangan	Diagnosis sistem	Diagnosis Petani
Bercak basah berwarna gelap pada kulit batang	Tinggi		
Kulit batang menjadi cekung	Tinggi	Kanker batang/busuk pangkal	Kanker batang/busuk pangkal
Jaringan kulit menjadi layu	Sangat tinggi	batang (<i>phytophthora spp</i>)	batang (<i>phytophthora spp</i>)
Berubah warna menjadi kehitaman	Sangat rendah		
Kulit mengering dan mengelupas	Sangat rendah		
Batang atau cabang mengering	Sedang	Penyakit kulit diplodia (<i>botrydiplodia theobromae</i>)	Tidak sesuai
Mengeluarkan blendok cair	Sangat tinggi		
Terdapat celah-celah kecil pada permukaan kulit	Rendah		
Kayu berubah warna menjadi hijau hingga hitam	Rendah		
Pada daun tampak adanya bintil kecil berwarna kuning atau orange	Rendah	Penyakit batang fusarium	Tidak sesuai
Daun tanaman tampak layu	Sangat tinggi		
Daun menguning kemudian berubah menjadi coklat, menggulung lalu mengering	Sangat tinggi	Penyakit kudis (<i>Spaceloma Fawcett</i>)	Penyakit kudis (<i>Spaceloma Fawcett</i>)
Daun bagian tulang berwarna hijau tetapi daging daun menguning	Sedang		
Daun terserang akan berkerut dan gugur	Sangat tinggi		

Sumber: Hasil Penelitian (2022)

Pengujian pada Tabel 7, ditampilkan 4 proses diagnosis penyakit berdasarkan gejala. Sistem pengujianya disesuaikan oleh data lapangan yang telah di dapatkan dengan hasil diagnosis sebanyak 13 pengujian hama dan penyakit dengan hasil akurasi pengujian sebesar 84,61%. Terdapat 11 data yang sesuai dengan pakar, dan 2 data yang diproses sistem tidak sesuai dengan pakar. Perbedaan hasil pengujian antara sistem dengan pakar dapat disebabkan oleh kesalahan input dari pengguna sistem, kesalahan sistem, atau terdapat gejala yang mirip dengan bobot yang berbeda sehingga diagnosis pakar dengan sistem tidak sesuai.

Tabel 2. Pengujian Data Pada Hama dan Penyakit

No.	Penyakit	Perhitungan manual	Perhitungan sistem
1.	Kanker batang/busuk pangkal batang(<i>phytophthora spp</i>)	valid	valid
2.	Penyakit kulit diplodia (<i>botrydiplodia theobromae</i>)	valid	tidak valid
3.	Penyakit batang fusarium	valid	tidak valid
4.	Penyakuit kudis (<i>Spaceloma Fawcett</i>)	valid	valid
5.	Embun Jelaga (<i>Capnodium Citri</i>)	valid	valid
6.	Buah Pecah	valid	valid
7.	Buah Mengapas	valid	valid
8.	Jamur Upas	valid	valid
9.	Kumbang belalai (<i>Maeuterpes dentipes.</i>)	valid	valid
10.	Kutu daun (<i>Toxoptera citridus aurantii, Aphis gossypii.</i>)	valid	valid
11.	Tungau (<i>Tenuipalsus sp., Eriophyes sheldoni Tetranychus sp.</i>)	valid	valid
12.	Thrips (<i>Scirtotrips citri.</i>)	valid	valid
13.	Ulat peliang daun (<i>Phyllocnistis citrella.</i>)	valid	valid

Sumber: Hasil Penelitian (2022)

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dan pengujian sistem yang telah dilakukan dalam penelitian ini, diperoleh kesimpulan bahwa dalam pembuatan aplikasi sistem pakar dengan menggunakan metode fuzzy tsukamoto berbasis web ini telah berhasil mendiagnosis penyakit pada tanaman jeruk keprok borneo prima. Keakuratan hasil yang diperoleh antara sistem pakar dengan pengetahuan pakar memberikan hasil yang cukup baik yaitu 84% dari 13 penyakit dan 36 gejala. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat dua penyakit yang tidak sesuai dengan pengetahuan pakar dan 11 penyakit telah sesuai dengan pakar. Metode ini mudah dan ringan ketika diterapkan pada sistem, sehingga memberikan respon output yang cepat. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menerapkan metode penelurusan lain sehingga memberikan hasil yang lebih akurat.

Ucapan Terima Kasih (Opsional)

Terima kasih kepada Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Balitbangtan Kaltim dan Politeknik Negeri Samarinda atas kontribusi pendanaan dan data pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Damayanti, G. A., Harijanto, B., & ... (2016). Sistem Pakar Deteksi Hama Dan Penyakit Pada Tanaman Padi Varietas Ir64 Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Inference *Seminar Informatika* <http://jurnalti.polinema.ac.id/index.php/SIAP/article/download/24/23>
- Dewi, T., Masruhim, M. A., & Sulistiarini, R. (2016). Pengembangan Sistem Pakar Diagnosa Hama Dan Penyakit Tanaman Padi Menggunakan Metode Certainty Factor Berbantuan Metode. *Jurnal Karmapati*, 1(April), 5–24.
- 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 (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, 2(8), 2373–2381.
- Ferdiansyah, Y., & Hidayat, N. (2018). Implementasi Metode Fuzzy - Tsukamoto Untuk Diagnosis Penyakit Pada Kelamin Laki Laki. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(12), 7516–7520.
- Gardenia, M., Tursina, & Pratiwi, H. S. (2015). Sistem Pakar Deteksi Autisme Pada Anak Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi*, 2(1), 1–6. <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/justin/article/view/12210>
- Hadi, H. N., & Mahmudy, W. F. (2015). Penilaian Prestasi Kinerja Pegawai Menggunakan Fuzzy Tsukamoto. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(1), 41. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201521129>
- Herlawati, Handayanto, R. T., & Solikin. (2018). Neural network regression with support vector regression for land-use growth prediction. *Proceedings of the 3rd International Conference on Informatics and Computing, ICIC 2018*. <https://doi.org/10.1109/IAC.2018.8780475>
- Putra Suwandi, G., Hidayat, N., & Suprpto. (2019). Sistem Diagnosis Penyakit Mata Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(1), 582–586.
- Rofiqoh, S., Kurniadi, D., & Riasyah, A. (2020). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pada Tanaman Karet Menggunakan Metode Forward Chaining. *Rancang Bangun E-CRM Pada Pasar Murah Solo*, 1(1), 54–56.
- Salam, A. (2021). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Skizofrenia Dengan Forward Chaining Dan Bayesian Network. *JOINS (Journal of Information System)*, 6(1), 72–82. <https://doi.org/10.33633/joins.v6i1.4371>
- Septirosya, T., Poerwanto, R., & Qadir, A. (2017). Pertumbuhan dan Keragaan Tanaman Jeruk Keprok Borneo Prima pada Dosis Pupuk dan Bentuk Pangkas Berbeda. *Jurnal Agroteknologi*, 7(2), 1. <https://doi.org/10.24014/ja.v7i2.2579>

- Shoniya, A., & Jazuli, A. (2019). Penentuan Jumlah Produksi Pakaian Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto Studi Kasus Konveksi Nisa. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, 4(1), 54. <https://doi.org/10.29100/jipi.v4i1.1068>
- Widyanto, Y. R., Retno Tri Hayati Ririd, A., & Rahutomo, F. (2016). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Jagung menggunakan Metode Fuzzy Inference Tsukamoto (Studi Kasus di Dinas Pertanian Kota Blitar). *Seminar Informatika Aplikatif Polinema*, 1–5.