



Pendeteksi Hama pada Tanaman Padi Menggunakan Metode *Fuzzy Tsukamoto*

Wandi Anggara^a, Siska Anraeni^b, Sugiarti^c

Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

^aWandi.anggara@umi.ac.id; ^bsiska.anraeni@umi.ac.id; ^csugiarti.sugiarti@umi.ac.id

Received: xx xx xxxx | Revised: xx xx xxxx | Accepted: xx xx xxxx | Published: xx xx xxxx

Abstrak

Perubahan teknologi saat ini berkembang sangat pesat disetiap tahunnya. Dengan adanya teknologi informasi menjadikan manusia dapat dengan mudah untuk menggali informasi melalui dunia internet. Pertanian memegang peran kunci dalam perekonomian Indonesia di salah satu komoditas utama yaitu tanaman padi, menjadikannya pokok bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Meskipun produksi padi melimpah tetapi para petani sering menghadapi ancaman serius dari hama pada tanaman padi yang dapat menyebabkan kerugian signifikan. Deteksi hama merupakan proses analisa hama yang akan diamati. Sedangkan hama tanaman padi tersebut diantaranya wereng coklat, penggerek batang, wereng hijau, belalang sangit, kepinding tanah, ulat grayak. Petani dapat mengidentifikasi jenis hama dan gejala dengan lebih akurat, yang pada gilirannya memungkinkan petani untuk mengambil tindakan yang sesuai dan efisien untuk melindungi tanaman padi mereka. Sehingga peneliti mengusulkan metode Fuzzy Tsukamoto dalam pendeteksi hama pada tanaman padi. Penelitian ini menerapkan metode Fuzzy Tsukamoto untuk mendeteksi hama pada tanaman padi dengan terdapat 19 jenis hama dan 78 jenis gejala yang terpadat pada tanaman padi. Pendeteksi hama ini diharapkan dapat membantu petani padi. Hal ini meliputi serangan burung, serangan serangga, gangguan cuaca, penyakit tanaman, dan masalah lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mencapai tingkat akurasi sebesar 90%, memberikan kemampuan kepada petani untuk mengidentifikasi dan mengatasi hama burung dengan lebih efisien.

Kata Kunci : Padi, Tanaman, Fuzzy Tsukamoto, Petani

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris yang menghasilkan sumber daya alam dan lahan pangan yang melimpah memegang peran kunci dalam produksi padi, menduduki peringkat ketiga terbesar di dunia pada tahun 2020[1]. Sektor pertanian memiliki dampak sosial yang signifikan, dengan hampir 32% dari total penduduk Indonesia, yaitu sekitar 39.68 juta jiwa, bekerja di sektor ini. Data tambahan dari tahun 2016-2020 mengenai nilai tambah pertanian per tenaga kerja di beberapa provinsi mencerminkan kontribusi ekonomi sektor pertanian di wilayah-wilayah tersebut, menyoroti peran vital pertanian dalam pembangunan ekonomi dan ketahanan pangan nasional[2].

Badan Pusat Statistik tahun 2021 mengungkapkan peran signifikan Provinsi Sulawesi Selatan dalam sektor pertanian Indonesia[3]. Meskipun berada di peringkat keempat dalam produksi padi, provinsi ini memiliki nilai tambah pertanian per tenaga kerja yang tinggi, yang mengalami peningkatan sebesar 5.425,79 rupiah per tenaga kerja dalam dua tahun terakhir[4]. Hal ini menunjukkan kontribusi penting Sulawesi Selatan dalam perekonomian nasional. Meskipun hasil pertanian tahunan terus meningkat, sebagian besar lahan sawah masih dikelola oleh masyarakat lokal, dan kurangnya bantuan dari Badan Usaha Milik Negara (BUMN) mungkin membatasi potensi pertumbuhan lebih lanjut. Dalam konteks ini, meningkatkan akses dan dukungan untuk petani lokal dapat menjadi strategi yang efektif untuk memaksimalkan potensi pertanian provinsi ini, yang akan mendukung pertumbuhan ekonomi dan ketahanan pangan nasional.

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman yang menjadi makanan pokok lebih dari setengah penduduk dunia karena mengandung nutrisi yang diperlukan tubuh[5]. Di Desa Bontomanai kecamatan Rilau Ale Kabupaten Bontol, Sulawesi Selatan, panen biasanya terjadi sebanyak 2 kali dalam setahun. Setiap hari, para petani memantau lahan agar terhindar dari hama[6]. Hama merupakan salah satu musuh utama bagi petani yang dapat menurunkan produksi tanaman. Meningkatnya populasi burung menyebabkan menurunnya hasil panen, hama menyerang saat menjelang panen[7]. Menyerang tanaman padi secara bersamaan sehingga mengurangi hasil panen hingga 50%.

pertanian yang krusial di Indonesia, namun menghadapi ancaman serius dari berbagai jenis hama dan penyakit yang dapat menyebabkan gagal panen[8]. Para petani sering kali memiliki keterbatasan pengetahuan dalam mengidentifikasi dan mengatasi permasalahan ini. Pendekatan logika fuzzy dengan menggunakan 5 parameter, yaitu α , β_1 , γ , β_2 dan max. Penggunaan metode fuzzy possibility bertujuan menurunkan tingkat keabuan pixel yang memiliki nilai keabuan di antara β_1 dan β_2 [9].

Metode Fuzzy Tsukamoto dan metode Sugeno telah menjadi solusi yang efektif untuk mendeteksi dan mengelola hama pada tanaman padi, serta memberikan rekomendasi penanganan yang tepat[10]. Penelitian ini mencatat penurunan produksi padi sebagai dampak dari serangan hama, yang menunjukkan urgensi perluasan metode identifikasi dan solusi akurat[11]. Permasalahan yang muncul adanya ancaman hama burung terhadap tanaman padi di Desa Bontomanai Kc.Rilau Alee. Hama burung dapat menyebabkan kerugian yang signifikan bagi para petani, terutama saat tanaman padi mendekati masa panen. Serangan burung yang bersamaan dapat mengurangi hasil panen hingga 50%. Hal ini menjadi permasalahan serius karena dapat mengganggu ketahanan pangan dan pendapatan petani, serta berdampak negatif pada ekonomi pertanian di daerah tersebut.

Berdasarkan permasalahan diatas penulis mengusulkan solusi yang dapat diusulkan adalah mengembangkan sistem pendeteksian hama pada tanaman padi, seperti yang dicontohkan dalam judul penelitian "Pendeteksi Hama Pada Tanaman Padi Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto." Penggunaan teknologi dan pendekatan ilmiah seperti ini dapat membantu para petani mengidentifikasi dan mengatasi hama burung dengan lebih efisien. Dengan metode pendeteksian yang tepat, petani dapat mengambil langkah- langkah pencegahan atau pengusiran yang diperlukan untuk melindungi tanaman padi mereka[12]. Selain itu, pendidikan dan pelatihan kepada petani mengenai taktik-taktik pencegahan dan manajemen hama burung dapat meningkatkan kesadaran dan pemahaman mereka dalam menghadapi permasalahan ini. Ini akan membantu meningkatkan hasil panen, mengurangi kerugian, dan mendukung ketahanan pangan di daerah tersebut. Pada penelitian ini yang menjadi rumusan masalah adalah bagaimana mengimplementasikan metode Fuzzy Tsukamoto pada sistem untuk mendeteksi dan mengatasi hama pada tanaman padi dengan efektif dalam lingkungan pertanian dan apa dampak penggunaan metode Fuzzy Tsukamoto dalam pengelolaan hama pada tanaman padi terhadap produktivitas pertanian dan pendapatan petani. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi efektivitas metode Fuzzy Tsukamoto dalam mendeteksi hama pada tanaman padi dan merancang strategi penanggulangan yang tepat berdasarkan hasil pendeteksian. Selain itu hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas pertanian dan pendapatan petani dengan mengurangi kerugian yang diakibatkan oleh serangan hama. Penelitian ini akan berfokus pada lingkungan pertanian di daerah tertentu yakni Desa Bontomanai Kc.Rilau Alee sebagai studi kasus, dengan mempertimbangkan variabel- variabel lingkungan lokal yang mempengaruhi serangan hama.

Metode

Metodologi yang dilakukan pada penelitian yang berupa bentuk kerangka kerja, yang tersusun dari mendefinisikan masalah, analisa masalah, menentukan tujuan, mempelajari literatur, pengambilan data, analisa data, perancangan Fuzzy, dan Pengujian hasil. Dari beberapa kerangka kerja semoga bisa menyelesaikan penelitian ini dengan sebaik mungkin sebagai pedoman penelitian. Adapun bentuk kerangka kerja penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut.

A. Mengidentifikasi Ruang Lingkup Masalah

Mengidentifikasi ruang lingkup dalam konteks pendeteksian hama pada tanaman padi menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto merupakan langkah penting dalam merancang penelitian. Melibatkan definisi masalah dengan merinci jenis hama yang akan dideteksi dan dampaknya pada tanaman padi, serta mengklarifikasi mengapa pendeteksian hama tersebut menjadi esensial. Dengan mengklarifikasi ruang lingkup, penelitian pendeteksian hama pada tanaman padi menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto dapat dilakukan dengan fokus dan terarah.

B. Analisa Masalah

Melakukan identifikasi pada tanaman padi diperlukan dasar pengetahuan, dalam hal ini perlu melibatkan gejala-gejala yang menyebabkan terjadinya hama padi. Hama padi sendiri biasanya masih diidentifikasi secara manual oleh petani tanpa bantuan aplikasi komputer. Basis-basis pengetahuan yang didapat oleh

para ahli tanaman padi tersebut dalam hal ini sangat dibutuhkan oleh para petani dalam mengidentifikasi hama padi.

C. Menentukan Tujuan

Menentukan tujuan penelitian adalah langkah penting untuk mengklarifikasi apa yang ingin dicapai melalui penelitian tersebut. Tujuan penelitian harus jelas, terukur, dan sesuai dengan permasalahan yang diidentifikasi. Dalam konteks penelitian yang Anda sebutkan, tujuan dapat berfokus pada pencapaian akurasi dalam mengidentifikasi penyakit tanaman padi dengan menggunakan metode tertentu.

D. Mempelajari literatur yang Berkaitan dengan Judul

Mempelajari literatur terkait adalah proses untuk memahami penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan dalam bidang yang sama atau terkait dengan topik penelitian. Ini membantu peneliti untuk mengidentifikasi pengetahuan yang sudah ada, kerangka kerja yang digunakan, dan temuan-temuan sebelumnya. Tinjauan pustaka membantu peneliti untuk membangun dasar teoretis dan konteks.

E. Mengumpulkan Data-Data yang dibutuhkan

Proses pengumpulan data dalam penelitian ini melibatkan identifikasi dan dokumentasi sebanyak 19 jenis hama yang berpotensi menginfeksi tanaman padi serta 78 jenis gejala yang terkait. Data ini dikumpulkan dari berbagai sumber, termasuk pengamatan lapangan di berbagai lokasi pertanian, wawancara dengan para petani dan ahli pertanian, serta literatur terkait yang mencakup penelitian sebelumnya. Data-data ini diharapkan akan menjadi dasar untuk mengembangkan model identifikasi hama pada tanaman padi menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto dan teknologi komputer vision dalam penelitian ini. Dalam penelitian Anda, pengumpulan data mungkin melibatkan observasi langsung tentang penyakit tanaman padi, studi literatur, dan interaksi dengan pakar dalam bidang tersebut. Pengumpulan data harus dilakukan dengan cermat dan sesuai dengan metode yang telah dirancang.

F. Menganalisa Data-Data yang Telah Ada

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) adalah suatu sistem informasi berbasis komputer yang menghasilkan berbagai alternatif keputusan untuk membantu manajemen dalam menangani berbagai permasalahan yang terstruktur ataupun tidak terstruktur dengan menggunakan data dan model [13]. Konsep logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Professor Lotti A. Zadeh dari Universitas California tahun 1965. Logika fuzzy merupakan generalisasi dari logika klasik (*Crisp Set*) yang hanya memiliki dua nilai keanggotaan yaitu 0 dan 1 [14]. Dalam logika fuzzy nilai kebenaran suatu pernyataan berkisar dari sepenuhnya benar sampai dengan sepenuhnya salah. Himpunan fuzzy merupakan suatu group yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy. Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A[x]$, memiliki dua kemungkinan, yaitu : Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan atau Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Pada metode Tsukamoto, setiap aturan direpresentasikan menggunakan himpunan-himpunan fuzzy, dengan fungsi keanggotaan yang monoton [15]. Untuk menentukan nilai output crisp/hasil yang tegas (Z) dicari dengan cara mengubah input (berupa himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy) menjadi suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy [16]. Cara ini disebut metode defuzzifikasi (penegasan).

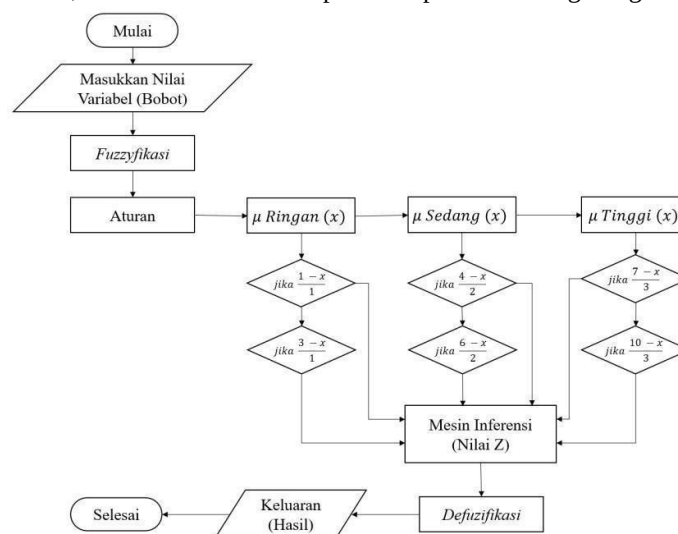
Didalam melakukan perancangan logika fuzzy ada beberapa tahapan yang harus dilalui, diantaranya adalah:

1. Pendefinisian variabel Fuzzy
2. Pendefinisian himpunan Fuzzy dan variabel Fuzzy yang telah didefinisikan dan membutuhkan beberapa atribut.
3. Mengidentifikasi fungsi keanggotaan, proses ini menghitung fungsi derajat keanggotaan (μ), data yang akan dihitung fungsi keanggotaannya adalah berdasarkan atribut yang ada pada masing-masing variabel Fuzzy.
4. Menentukan himpunan Fuzzy adalah mengelompokkan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (Linguistik Variabel), yang dinyatakan dengan fungsi.

Perancangan

A. Flowchart Fuzzy Tsukamoto

Pendeteksi hama pada tanaman padi menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto dalam memanfaatkan logika fuzzy untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan jenis hama berdasarkan gejala yang diperlihatkan oleh tanaman. Proses fuzzifikasi mengubah data observasi menjadi nilai fuzzy, memungkinkan sistem untuk menangani ketidakpastian dan nuansa dalam data gejala. Aturan fuzzy yang telah ditetapkan berdasarkan pengetahuan ahli digunakan untuk menentukan hubungan antara gejala dan jenis hama, dan melalui inferensi Tsukamoto, sistem menghasilkan output fuzzy yang menggambarkan situasi hama yang ada. Defuzzifikasi kemudian mengkonversi output fuzzy ini menjadi nilai nyata yang merepresentasikan tingkat serangan hama, memungkinkan petani untuk mengambil tindakan yang tepat berdasarkan tingkat keparahan. Metode ini meningkatkan akurasi deteksi hama dan membantu dalam pengambilan keputusan terkait pengendalian hama, memaksimalkan hasil produksi padi dan mengurangi kerusakan tanaman.



Gambar 1. Flowchart Fuzzy Tsukamoto

Flowchart perhitungan di atas dari metode fuzzy tsukamoto dengan keanggotaan (μ Ringan, μ Sedang, dan μ Tinggi). Berikut penjelasan langkah-langkah dasar dalam proses logika fuzzy yang menggambarkan prosedur inferensi fuzzy Tsukamoto, yang dimulai dengan proses inisiasi melalui 'Mulai'. Selanjutnya, nilai variabel masukan (bobot) diinputkan, yang kemudian menjalani proses 'Fuzzifikasi' untuk mengkonversi nilai-nilai crisp menjadi nilai fuzzy berdasarkan fungsi keanggotaan terdefinisi, yaitu μ Ringan (x), μ Sedang (x), dan μ Tinggi (x). Setelah itu, 'Aturan' yang telah ditentukan diterapkan untuk mengekstrak nilai output fuzzy, yang kemudian diproses oleh 'Mesin Inferensi' untuk menghasilkan nilai Z (output inferensi). Tahap berikutnya adalah 'Defuzzifikasi', di mana nilai fuzzy dikonversi kembali menjadi nilai crisp, menghasilkan 'Keluaran (Hasil)' yang dapat diinterpretasikan dan digunakan dalam pengambilan keputusan.

Pemodelan

A. Hasil Akurasi Perhitungan manual dengan Logika Fuzzy Tsukamoto

1. Pengolahan Data Hama Tanaman Padi

Identifikasi hama tanaman padi dalam hal ini menganalisa pengelolaan datanya dengan menggunakan metode Tsukamoto. Dimana kategori hama tanaman padi dapat dilihat tabel dibawah ini[10].

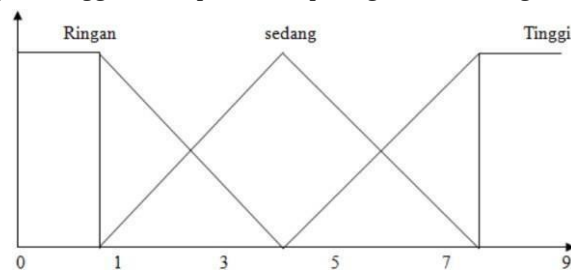
Tabel 1. Kategori Hama Padi

Kode Hama	Nama Hama Tanaman Padi
H01	Hama Penggerek Batang Padi Kuning (Scirpophaga incertulas Walkers)
H02	Hama Putih Palsu / Pelipat Daun (Cnaphalocrossos medinalis)
H03	Hama Wereng Batang Coklat (Nilaparvata lugrns Stal)

H04	Hama Wereng Hijau (<i>Nephotettix Virescens</i> Distant)
H05	Hama Wereng Punggung Putih (<i>Sogatella Furcifera</i> Horvarth)
H06	Hama Putih / Penggulung Daun (<i>Nymphula depunctalis</i> Guenee)
H07	Hama Ulat Grayak (<i>Spodoptera mauritia</i> Boisd, <i>Mymthimna separate</i> Walker)
H08	Hama Walang Sangit (<i>Leptocoris oratorius</i>)
H09	Hama Ganjur (<i>Orselia Oryzae</i> Wood- Mason)
H10	Hama Belalang Kembara (<i>Locusta migratoria</i>)
H11	Hama Kepinding Tanah (<i>Scotinophora coarctata</i> Fabricus)
H12	Hama Lalat Bibit (<i>Atherigona exigua</i> Stein)
H13	Hama Uret / Lundi (<i>Phyllophaga Holotrichia helera</i> Brsk, <i>Leucophalis</i> sp, <i>Heteronychus</i> sp)
H14	Hama Anjing Tanah / orong –orong (<i>Gryllotalpa hirsute</i> Burm)
H15	Hama Kepik Biji / hitam (<i>Paraeucametus Pallicornis</i>)
H16	Hama Tikus (<i>Rattus argentiver</i> , <i>Muridae</i>)
H17	Hama Siput murbei / keong mas (<i>Pomacea caniculata</i> Lamarck)
H18	Hama Babi hutan / Celeng (<i>Sus scrofa vittatus</i>)
H19	Hama Burung (<i>Lachura spp. Ploceus</i> sp)

Dalam tahapan-tahapan dalam menganalisa identifikasi hama tanaman padi dengan metode Tsukamoto adalah sebagai berikut :

Dalam grafik derajat keanggotaan dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Fungsi Derajat Keanggotaan

2. Dalam proses inferensi terdapat aturan-aturan untuk mengontrol inputan yang berupa *variabel Linguistik*. Metode inferensi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode max-min inferensia. Langkah-langkah untuk mencari nilai *miu* (μ).
3. *Rules Base Pertama Pengetahuan Gejala Hama Tanaman Padi*

Tabel 2. Kategori Rule Basa Pengetahuan Hama Padi

Kode	Gejala	Nilai Bobot
G01	Daun pucuk tanaman layu	4
G02	Daun berwarna putih tinggal lapisan epidermis nya.	2
G03	Batang mudah dicabut	8
G04	Daun mengering	5
G05	Seluruh batang kering	5
G06	Pucuk daun berwarna coklat dan mudah dicabut (sundep)	6
G07	Adanya warna putih pada daun di pertanaman	1
G08	Daun terlipat tubular	2
G09	Ujung daun adakalanya diikat ke bagian basal daun	1
G10	Larva memakan jaringan hijau daun dari dalam lipatan daun	8
G11	Bagian bawah daun berwarna putih	1
G12	Malai mudah dicabut	5
G13	Pada pangkal batang terdapat bekas gerakan larva(ulat) penggerek batang	8
G14	Daun berwarna kekuningan	4
G15	Batang tanaman berwarna kuning	4
G16	Seluruh tanaman mengering bagaikan terbakar.	8
G17	Tanaman mengalami kerdil rumput atau hampa	8
G18	Tanaman menguning dan cepat sekali mengering	8

G19	Terdapat nimfa muda yang berwarna putih yang lama kelamaan menjadi hijau	2
G20	Daun padi berwarna kuning sampai kuning oranye	1
G21	Penurunan jumlah anakan	1
G22	Pertumbuhan tanaman terhambat dan memendek	4
G23	Terdapat tempat bekas hisapan akan tumbuh cendawan jelaga	4
G24	Daun tanaman kering dan mati	4
G25	Pucuk daun berwarna kuning hingga kuning kecoklatan	2
G26	Malai yang dihasilkan sedikit	1
G27	Daun terpotong seperti digunting	3
G28	Daun berwarna putih kering dan pucuk daun terlihat bekas potongan	1
G29	Daun terpotong dilipat menyerupai tabung	2
G30	Gulungan daun yang berisi larva akan mengapung di atas permukaan air pada siang hari dan makan pada malam hari.	4
G31	Daun bergulung diisi air untuk bernafas	1
G32	terdapat garis-garis putih transparan sepanjang 15 – 20 cm	1
G33	Daun bendera (daun yang tegak lurus ke atas) ikut rusak.	6
G34	Daun tanaman rusak	8
G35	Terdapat telur-telur ulat grayak/ulat tentara pada tanaman	6
G36	Daun berlubang dimakan ulat mulai dari tepi daun sampai hanya meninggalkan tulang daun dan batang	8
G37	Bulir padi rusak	8
G38	Gabah kecil dan menciut	8
G39	Malai tegak	8
G40	Gabah cacat atau spotty grains	8
G41	Bulir padi hampa dan berwarna hitam	8
G42	Buah padi berbintik-bintik hitam(bercak coklat)	8
G43	Daun menggulung seperti daun bawang	2
G44	Gabah berserakan	8
G45	Pertumbuhan padi menjadi tidak normal	1
G46	Anakan tidak menghasilkan malai	8
G47	Daun berbentuk tidak beraturan	5
G48	Tanaman hanya tinggal tulang-tulang daun	6
G49	Adanya lubang - lubang pada daun sampai habis tidak tersisa	5
G50	Warna cokelat disekitar bagian pelepah dan batang	2
G51	Tanaman berwarna kuning, kering dan membusuk	8
G52	Daun menjadi kering dan menggulung secara membujur	2
G53	Mulai pendek	1
G54	Gabah hampa	7
G55	Bercak – bercak kuning yang dapat dilihat disepanjang tepi daun yang baru muncul	2
G56	Terdapat larva lalat pada tanaman	5
G57	Daun mengalami perubahan bentuk	2
G58	Anakan menjadi berkurang	4
G59	Terdapat larva lalat pada tanaman	8
G60	Tanaman layu seperti kekurangan air	1
G61	Akar rusak dan bagian pangkal tanaman yang berada di bawah tanah	8
G62	Bulir padi berwarna cokelat kehitaman	5
G63	Bulir padi mudah hancur dan apabila dimasak terasa pahit	9
G64	Terdapat potongan batang membentuk serong	8
G65	Tanaman roboh atau rebah	7
G66	Dippinggir petakan hanya tersisa 1-2 baris tanaman	8
G67	Terdapat tikus, liang tikus, kotoran tikus dan jejak tikus	8
G68	Ada potongan-potongan padi bekas dirusak tikus	8
G69	Akar tanaman rusak	9
G70	Bibit yang hilang di penanaman	10

G71	Terdapat Bekas potongan daun dan batang yang terlihat mengambang	4
G72	Terdapat telur keong berwarna merah pada batang	6
G73	Adanya bekas kubangan dalam lumpur pada area tanaman padi	6
G74	Rusaknya tanaman padi	8
G75	Adanya bekas jejak kaki babi hutan	8
G76	Adanya sarang yang terbuat dari rumput – rumputan, alang- alang, kayu-kayu tanaman kecil atau rotan di area sekitar penanaman tanaman padi	4
G77	Terdapat burung di area tanaman	5
G78	Tangkai malai patah	8

4. Melakukan Inputan Nilai Derajat Keanggotaan

Dari penalaran *fuzzy* secara *linguistik* yang dideskripsikan secara numerik dapat dilihat pada tabel berikut[17] :

Tabel 3. Penalaran *Fuzzy* Secara Linguistik

No	Penalaran Fuzzy Linguistik	Nilai Numerik
1.	Gejala hama terlihat sangat ringan sekali	1
2.	Gejala hama terlihat sangat ringan	2
3.	Gejala hama terlihat ringan	3
4.	Gejala hama terlihat sangat sedang sekali	4
5.	Gejala hama terlihat sangat sedang	5
6.	Gejala hama terlihat sedang	6
7.	Gejala hama terlihat sedikit tinggi	7
8.	Gejala hama terlihat tinggi	8
9.	Gejala hama terlihat sangat tinggi	9
10.	Gejala hama terlihat sangat tinggi sekali	10

5. Perhitungan Cari *Miu* (μ)

Dalam perhitungan mencari *miu* (μ) setiap gejala yang dialami petani adalah sebagai berikut:

0; Jika $x \leq 1$

$$\mu \text{ Ringan } (x) = \frac{3-x}{3-2}; \quad \text{Jika } 1 < x \leq 3$$

0; Jika $x > 3$

0; Jika $x \leq 4$

$$\mu \text{ Sedang } (x) = \frac{6-x}{6-4}; \quad \text{Jika } 4 < x \leq 6$$

0; Jika $x > 6$

0; Jika $x \leq 7$

$$\mu \text{ Tinggi } (x) = \frac{10-x}{10-7}; \quad \text{Jika } 7 < x \leq 10$$

0; Jika $x > 10$

a) G01 daun menguning dan cepat mengering = 4

$$\mu \text{ Ringan } (x) = \frac{1-x}{1} = \frac{1-4}{1} = 0;$$

$$\mu \text{ Sedang } (x) = \frac{4-x}{2} = \frac{4-4}{2} = 0;$$

$$\mu \text{ Tinggi } (x) = \frac{x-7}{3} = \frac{10-7}{3} = 0;$$

b) G70 bibit yang hilang di penanaman = 10

$$\mu \text{ Ringan } (x) = \frac{1-x}{1} = \frac{1-4}{1} = 0;$$

$$\mu \text{ Sedang } (x) = \frac{4-x}{2} = \frac{4-4}{2} = 0;$$

$$\mu \text{ Tinggi } (x) = \frac{x-7}{3} = \frac{10-7}{3} = 0;$$

Dan seterusnya sampai dengan jumlah gejala hama tanaman padi.

Tabel 4 menjelaskan setiap nilai dari kode gejala diberikan nilai bobot yang sesuai dari pakar. Setiap nilai *Miu* (μ) dapat di cari nilainya mulai dari μ Ringan, μ Sedang dan μ Tinggi.

Tabel 4. Perhitungan nilai Miu (μ)

Kode	Nilai	μ Ringan (x)	μ Sedang (x)	μ Tinggi (x)	Kategori	Nilai Rules
G01	4	0	0	1	Ringan	0
G02	2	1	1	0	Ringan	5
G03	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G04	5	0	0.5	0.6	Sedang	2.5
G05	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G06	6	0	1	0.3	Sedang	5
G07	1	0	0	0	Ringan	0
G08	2	1	1	0	Ringan	5
G09	1	0	0	0	Ringan	0
G10	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G11	1	0	0	0	Ringan	0
G12	5	0	0.5	0.6	Sedang	2.5
G13	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G14	4	0	0	1	Sedang	0
G15	4	0	0	1	Sedang	0
G16	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G17	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G18	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G19	2	1	1	0	Ringan	5
G20	1	0	0	0	Ringan	0
G21	1	0	0	0	Ringan	0
G22	4	0	0	1	Sedang	0
G23	4	0	0	1	Ringan	0
G24	4	0	0	1	Sedang	0
G25	2	1	1	0	Ringan	5
G26	1	0	0	0	Ringan	0
G27	3	0	0.5	0	Sedang	2.5
G28	1	0	0	0	Ringan	0
G29	2	1	1	0	Ringan	5
G30	4	0	0	1	Sedang	0
G31	1	0	0	0	Ringan	0
G32	1	0	0	0	Ringan	0
G33	6	0	1	0.3	Sedang	5
G34	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G35	6	0	1	0.3	Sedang	5
G36	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G37	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G38	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G39	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G40	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G41	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G42	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G43	2	1	1	0	Ringan	5
G44	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G45	1	0	0	0	Ringan	0
G46	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G47	5	0	0.5	0.6	Sedang	2.5
G48	6	0	1	0.3	Sedang	5
G49	5	0	0.5	0.6	Sedang	2.5
G50	2	1	1	0	Ringan	5
G51	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G52	2	1	1	0	Ringan	5
G53	1	0	0	0	Ringan	0

G54	7	0	0	0	Parah	0
G55	2	1	1	0	Ringan	5
G56	5	0	0.5	0.6	Sedang	2.5
G57	2	1	1	0	Ringan	5
G58	4	0	0	1	Sedang	0
G59	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G60	1	0	0	0	Ringan	0
G61	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G62	5	0	0.5	0.6	Sedang	2.5
G63	9	0	0	0.6	Parah	3
G64	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G65	7	0	0	0	Parah	0
G66	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G67	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G68	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G69	10	0	0	1	Parah	3
G70	9	0	0	0.6	Parah	3
G71	4	0	0	0.6	Sedang	0
G72	6	0	1	0.3	Sedang	5
G73	6	0	1	0.3	Sedang	5
G74	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G75	8	0	0	0.3	Parah	1.5
G76	4	0	0	1	Sedang	0
G77	5	0	0.5	0.6	Sedang	2.5
G78	8	0	0	0.3	Parah	1.5

6. Formatin of Rules

Tabel 5. Formatin of Rules

Antrian Ke-	Gejala (IF)	Hama (THEN)
1	G01 AND G03 AND G04 AND G05 AND G06 AND G12 AND G13	H01
2	G07 AND G08 AND G09 AND G10 AND G11	H02
3	G14 AND G15 AND G16 AND G17 AND G18	H03
4	G19 AND G20 AND G21 AND G22 AND G23 AND G24 AND G25 AND G26	H04
5	G14 AND G15 AND G16 AND G17	H05
6	G02 AND G27 AND G28 AND G29 AND G30 AND G31 AND G32 AND G33	H06
7	G34 AND G35 AND G36	H07
8	G37 AND G38 AND G39 AND G40 AND G41 AND G42	H08
9	G43 AND G45 AND G46	H09
10	G47 AND G48 AND G49	H10
11	G22 AND G50 AND G51 AND G52 AND G53 AND G53	H11
12	G55 AND G56 AND G57 AND G58 AND G59	H12
13	G55 AND G56 AND G57 AND G58 AND G59	H13
14	G60 AND G14 AND G24	H14
15	G62 AND G63	H15
16	G64 AND G65 AND G66 AND G67 AND G68	H16
17	G21 AND G69 AND G70 AND G71 AND G72	H17
18	G73 AND G74 AND G75 AND G76	H18
19	G54 AND G44 AND G77 AND G78	H19

Keterangan :

WA = (Weighted Avarage)

Nilai rata-rata_n = Nilai

predikat aturan ke-n

z_n = Indeks nilai *input* (*kostanta*) ke-n

$$WA = \frac{a_1 z_1 + a_2 z_2 \dots + a_n z_n}{a_1 + a_2 \dots + a_n}$$

[R₁] G01 AND G03 AND G04 AND G05 AND G06 AND G12 AND G13

$$\alpha - \text{predikat} = \mu_{Ringan} \cap \mu_{Tinggi} \cap \mu_{Sedang} \cap \mu_{Tinggi} \cap$$

$$\mu_{Sedang} \cap \mu_{Sedang}$$

$$\cap \mu_{Tinggi}$$

$$= \min (\mu_{Ringan}[0], \mu_{Tinggi}[0], \mu_{Sedang}[0], \mu_{Tinggi}[0],$$

$$\mu_{Sedang}[0],$$

$$\mu_{Sedang}[0], \mu_{Tinggi}[0])$$

$$= \min (0;1.5;2.5;1.5;5;2.5;1.5)$$

$$= 0$$

$$(5 - z) / 2 = 0$$

$$Z = 0 - 5$$

$$Z = 5$$

a) Hama Penggerek Batang Padi Kuning (*Scirpophaga incertulas Walkers*)

$$Z = \frac{0x5+1.5x5+2.5x5+1.5x5+5x5+2.5x5+1.5x5}{0+1.5+2.5+1.5+5+2.5+1.5}$$

$$Z = \frac{0+0.75+12.5+7.5+25+12.5+7.5}{14.5}$$

$$Z = \frac{14.5}{2.9}$$

$$Z = 5$$

b) Hama Putih Palsu / Pelipat Daun (*Cnaphalocrossos medinalis*)

$$Z = \frac{6.5}{1.3}$$

$$Z = 5$$

c) Hama Putih / Penggulung Daun (*Nymphula depunctalis Guenee*)

$$Z = \frac{17.5}{3.5}$$

$$Z = 5$$

Dan seterusnya sampai dengan jumlah gejala hama tanaman padi.

Tabel 6. Perhitungan Nilai *Defuzzyfikasi*

Kode	Hasil Rule IF ++	Rule IF * nilai min α	Defuzzyfikasi
H01	2.9	14.5	5.0
H02	1.3	6.5	5.0
H03	0.9	4.5	5.0
H04	2	10	5.0
H05	0.6	3	5.0
H06	3.5	17.5	5.0
H07	1.6	8	5.0
H08	1.8	9	5.0
H09	1.3	6.5	5.0
H10	2	10	5.0
H11	2.3	11.5	5.0
H12	2.8	14	5.0
H13	2.8	14	5.0
H14	0	0	0.0
H15	1.1	5.5	5.0

H16	1.2	6	5.0
H17	1.9	9.5	5.0
H18	1.6	8	5.0
H19	1.1	5.5	5.0
			90.00

Pembahasan diatas, Tingkat keanggotaan untuk hama tanaman padi di jelaskan secara linguistik dan dikonversi ke nilai numerik dengan rentang 1-10, semakin besar nilai input maka semakin tinggi tingkat keseringan gejala hama tersebut. Mencari resiko terkecil dari setiap diagnosa, dengan rentang tingkat diagnosa hama yang yang terukur antara nilai 5-8, selebihnya adalah *NaN (Infinite Resurt)*.

Hasil dari proses defuzifikasi menunjukkan diagnosa hama pada tanaman padi, seperti H01=5, H02=5, H03=5, H04 =0, H05=5, H06=5, H0 =5, H08=5, H09=5, H10= 5, H11=5, H12=5, H13=5, H14=(NaN), H15=5, H16= 5, H17=5, H18=5, dan H19=5. Resiko tertinggi untuk mendiagnosa hama *NaN* pada tanaman padi adalah H14 = Hama Anjing Tanah /orong-orong (*Gryllotalpa hirsute Burm*). Dapat dilihat pada tabel 3. Sedangkan rata-rata mendapatkan 5 bobot dari Penalaran Fuzzy Secara Linguistik yang berapa pada nilai penalaran 5 yang berarti gejala hama terlihat sangat sedang.

$$z = 5 + 5 + 5 + 0 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 0 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5$$

$$= 90.00$$

Maka, tingkat akurasi pengujian data dalam prediksi hama tanaman padi mencapai total dari *Defuzifikasi* yaitu **90,00%**. Hal ini menunjukkan bahwa Metode *Fuzzy Tsukamoto* memiliki performa yang baik dalam mengenali dan mengklasifikasikan gejala-gejala yang muncul sebagai tanda keberadaan hama.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dijelaskan sebelumnya terkait Pendeteksi Hama Pada Tanaman Padi Menggunakan Metode *Fuzzy Tsukamoto*, dapat diambil beberapa kesimpulan penting:

1. Berdasarkan analisis tingkat keanggotaan dan proses defuzifikasi pada diagnosa hama tanaman padi, dapat disimpulkan bahwa nilai numerik semakin tinggi mencerminkan tingkat keseringan gejala hama lebih tinggi. Dengan rentang tingkat diagnosa antara 5-8, hasil defuzifikasi menunjukkan bahwa resiko tertinggi dalam mendiagnosa hama pada tanaman padi terdapat pada Hama Kepik Biji / hitam (*Paraeucametus Pallicornis*) dengan nilai defuzifikasi tertinggi, yaitu 5.06. Hal ini memberikan petunjuk pada petani untuk lebih memperhatikan dan mengatasi hama tersebut dalam upaya pengelolaan tanaman padi yang efektif.
2. Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto dalam pendeteksian hama pada tanaman padi efektif. Dengan mengidentifikasi 19 jenis hama dan 78 jenis gejala yang terkait dengan tanaman padi, sistem ini mencapai tingkat akurasi yang tinggi, yaitu sebesar 90.00%.. Hal ini memungkinkan petani untuk mengenali dan mengatasi hama, seperti serangan burung, dengan lebih efisien. Oleh karena itu, metode ini dapat menjadi alat berharga dalam mendukung pertanian berkelanjutan dan meningkatkan produktivitas tanaman padi.
3. Peningkatan Keberlanjutan Pertanian: Dengan pendekatan yang lebih akurat dalam mendeteksi dan mengatasi hama pada tanaman padi, penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap peningkatan keberlanjutan pertanian di Indonesia. Petani dapat mengambil tindakan yang lebih tepat waktu dan efisien, yang pada gilirannya dapat mengurangi kerugian akibat serangan hama dan meningkatkan hasil panen.

Daftar pustaka

- [1] A. Yusuf, S. N. Wulida, N. E. Khosyati, S. H. Andrian, and M. Biworo, "Felerchine Inovasi Mesin Sayur Portabel Bertenaga Surya Sebagai Teknologi Ketahanan Pangan Pasca Panen," *Jurnal Multidisiplin West Science*, vol. 3, no. 06, pp. 696–704, Jun. 2024, doi: 10.58812/jmws.v3i06.1218.
- [2] G. Prayitno, M. Reza Pahlevi, A. Pridayanti, and M. Wigayatri, "PEMETAAN POTENSI PERTANIAN DESA BRONGKAL KECAMATAN PAGELARAN BERBASIS PARTISIPATIF," *Geography*, vol. 8, no. 1, pp. 64–76, 2020, doi: doi.org/10.31764/geography.v8i1.2275.
- [3] N. W. Himari, S. I. Suwandi Dai, S. E. Saleh, and I. R. Santoso, "PENGARUH TENAGA KERJA DAN PENGELUARAN PEMERINTAH TERHADAP PRODUK DOMESTIK REGIONAL BRUTO

SEKTOR PERTANIAN DI KAWASAN TIMUR INDONESIA,” *IDEI: Jurnal Ekonomi & Bisnis*, vol. 5, no. 1, pp. 22–31, Jun. 2024, doi: 10.38076/ideijeb.v5i1.226.

[4] A. Helmy, S. Nujum, and A. Selong, “Analisis Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Upah Minimum dan Indeks Pembangunan Manusia terhadap Ketimpangan Pendapatan di Provinsi Sulawesi Selatan,” *SEIKO : Journal of Management & Business*, vol. 7, no. 1, pp. 2024–907, 2024, doi: <https://doi.org/10.37531/sejaman.v7i1.6514>.

[5] N. Umar, S. Asria, and Sakinah, “IMPLEMENTASI METODE FUZZY MAMDANI PADA SISTEM PAKAR UNTUK DIAGNOSIS PENYAKIT TANAMAN PADI,” *semanTIK*, vol. 6, no. 2, pp. 1–5, Jul. 2020, doi: 10.5281/zenodo.4395858.

[6] W. E. Sari, A. Franz, and N. Valentine, “Sistem Pakar Diagnosis Hama Penyakit Tanaman Jeruk Keprok Borneo Prima (Citrus Reticulata) Dengan Fuzzy Tsukamoto,” *Jurnal Kajian Ilmiah*, vol. 22, no. 3, pp. 279–292, Sep. 2022, [Online]. Available: <http://ejurnal.ubharajaya.ac.id/index.php/JKI>

[7] P. Sri Rahayu, “Identifikasi Penyakit dan Hama Pada Padi Menggunakan Metode Fuzzy Logic Tahani,” *IKRAM: Jurnal Ilmu Komputer Al Muslim*, vol. 1, no. 1, pp. 34–41, Oct. 2022.

[8] P. Sitompul, H. Okprana, A. Prasetio, and G. Artikel, “Identifikasi Penyakit Tanaman Padi Melalui Citra Daun Menggunakan DenseNet 201,” *JOMLAI: Journal of Machine Learning and Artificial Intelligence*, vol. 1, no. 2, pp. 2828–9099, Jun. 2022, doi: 10.55123/jomlai.v1i2.889.

[9] S. Sugiarti, “PENINGKATAN KUALITAS CITRA DENGAN METODE FUZZY POSSIBILITY DISTRIBUTION,” *ILKOM Jurnal Ilmiah*, vol. 10, no. 1, pp. 100–104, Apr. 2018, doi: 10.33096/ilkom.v10i1.226.100-104.

[10] D. Prisheila Dharmawan, S. Dwi Anggraeni, A. Fahmi Al-Hafidz, and A. Puspita Sari, “PERBANDINGAN PENERAPAN LOGIKA FUZZY METODE MAMDANI DAN METODE TSUKAMOTO PADA SISTEM DIAGNOSA PENYAKIT TANAMAN PADI,” *Seminar Nasional Informatika Bela Negara (SANTIKA)*, vol. 3, pp. 28–36, 2023.

[11] F. H. Tawarai, F. Fauziah, and A. Andrianingsih, “Web-Based Rice Disease Diagnosis Expert System Using Fuzzy Tsukamoto Method and K-Nearest Neighbor Algorithm,” *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, vol. 3, no. 2, pp. 153–160, Jul. 2021, doi: 10.47709/cnahpc.v3i2.980.

[12] A. Setiawan, S. N. Fauzia, K. Kusmaya, K. S. Haryana, I. Abadi, and E. Yulianto, “Expert System for Diagnosing Disease Symptoms of Rice Pests Using the Dempster Shafer Algorithm and Fuzzy Tsukamoto Algorithm,” *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi dan Komputer)*, vol. 11, no. 3, pp. 407–414, Dec. 2022, doi: 10.32736/sisfokom.v11i3.1425.

[13] F. N. Rezkyqah, S. Anraeni, and I. Irawati, “Penerapan Metode Visekriterijumsko Kompromisno Rangiranje (VIKOR) Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Penerima Bantuan Iuran (PBI) BPJS Kesehatan,” *Buletin Sistem Informasi dan Teknologi Islam*, vol. 2, no. 1, pp. 43–51, Feb. 2021, doi: 10.33096/busiti.v2i1.754.

[14] N. S. Pasaribu, J. T. Hardinata, and H. Qurniawan, “Application of The Fuzzy Tsukamoto Method in Determining Household Industry Products,” *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications (JAIEA)*, vol. 1, no. 1, pp. 71–75, Oct. 2021, doi: 10.59934/jaiea.v1i1.57.

[15] I. Irmayansyah and A. N. Rossdiana, “Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto untuk Prediksi Jumlah Produksi Tanaman Cabai,” *Teknois : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Sains*, vol. 11, no. 1, pp. 27–38, May 2021, doi: 10.36350/jbs.v11i1.98.

[16] R. Ilham and H. Fryonanda, “Perancangan Prediksi Produksi Teh Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Web,” *JITSI : Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, vol. 4, no. 1, pp. 16–22, Mar. 2023, doi: 10.30630/jitsi.4.1.120.

[17] S. Handayani, G. Widi Nurcahyo, and Sumijan, “Accuracy in Identifying Rice Plant Diseases Using Method Fuzzy,” *Jurnal Teknik Informatika C.I.T Medicom*, vol. 13, no. 1, pp. 36–45, Mar. 2021, doi: <https://doi.org/10.35335/cit.Vol13.2021.59.pp33-41>.