

SISTEM PENDETEKSI SKALA KERUSAKAN HUTAN MENGGUNAKAN METODE FORWARD CHAINING DAN *CERTAINTY FACTOR*

Aji Riandi Kurniawan ^[1]; Syarifah Putri Agustini Alkadri ^[2]; Istikoma ^[3]

Teknik Informatika, Sistem Informasi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Muhammadiyah Pontianak

191220002@unmuhpnk.ac.id, agustini.putri@unmuhpnk.ac.id, istikoma@unmuhpnk.ac.id

INFO ARTIKEL	INTISARI
Diajukan : 26-10-2024	<i>Hutan merupakan suatu ekosistem yang kaya akan keanekaragaman hayati dan menjadi habitat bagi banyak makhluk hidup. Namun, kerusakan hutan akibat aktivitas manusia seperti kebakaran, penambangan, dan jenis – jenis aktivitas lainnya yang membuat kondisi hutan rusak menjadi perhatian serius. Hutan di Desa Sungai Besar, Kecamatan Matan Hilir Selatan, Kabupaten Ketapang, mengalami penurunan luasan yang signifikan akibat aktivitas manusia terhitung dari tahun 2021 hingga 2023. penelitian ini mengembangkan Sistem Pakar Pendeteksi Skala Kerusakan Hutan menggunakan metode Forward Chaining dan Certainty factor untuk membantu Lembaga Pengelola Hutan Desa Sungai Besar dalam menampilkan informasi kerusakan hutan berdasarkan gejala – gejala yang ditemukan. Metode Forward Chaining digunakan untuk pencarian data kerusakan, sementara Certainty factor digunakan untuk mencapai kepastian dalam diagnosis kerusakan terjadi pada hutan. Sistem ini memproses gejala kerusakan hutan dan menghasilkan diagnosis yang akurat dengan tingkat kepercayaan tertentu, sehingga hasil uji klinis menunjukkan akurasi sebesar 85,71%. Meskipun efisien dan cepat, sistem ini memerlukan basis data yang lengkap serta adaptasi terhadap perubahan kondisi lingkungan hutan.</i>
Diterima : 01-11-2024	
Diterbitkan: 15-12-2024	
Kata Kunci : <i>Sistem Pakar, Forward Chaining, Certainty factor, Kerusakan Hutan, Pendeteksi, Hasil.</i>	

I. PENDAHULUAN

Hutan merupakan bagian integral dari ekosistem yang mendukung kehidupan makhluk hidup dengan menyediakan keanekaragaman hayati dan sumber daya alam yang melimpah. Namun, aktivitas manusia yang tidak bertanggung jawab telah menyebabkan kerusakan hutan yang semakin mengkhawatirkan, dan hal ini juga akan mengancam terkait dengan ekosistem multifungsi didalam hutan (Dicelebica et al., 2022).

Hutan di Desa Sungai Besar, Kabupaten Ketapang, merupakan salah satu kawasan yang kini menghadapi ancaman kerusakan serius akibat berbagai aktivitas seperti kebakaran hutan, penambangan emas ilegal, dan pembalakan liar terhadap hutan. Berdasarkan data dari Balai Konservasi Sumber Daya Alam Kabupaten Ketapang menunjukkan penurunan luas tutupan hutan dari 85% pada tahun 2021 menjadi 50% pada tahun 2022, sehingga 75% mengalami deforestasi pada tahun 2023 (Hidayatullah et al., 2022).

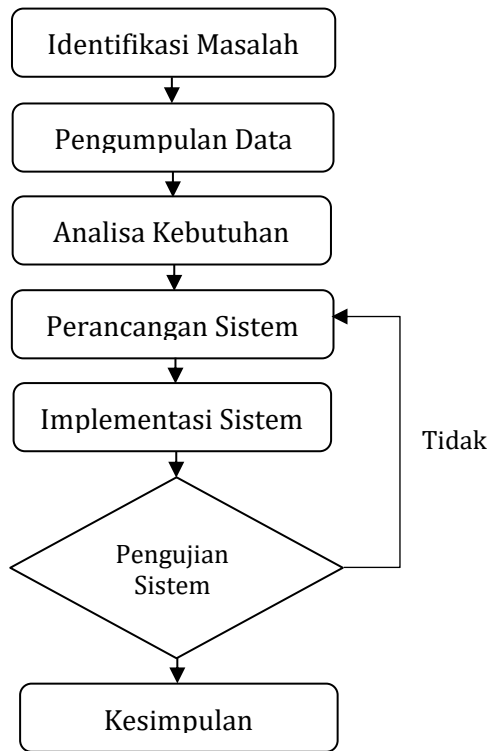
Penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem pendeteksi skala kerusakan hutan menggunakan metode *Forward Chaining* dan *certainty factor*. Metode *Forward Chaining* digunakan untuk mempermudah pencarian data

kerusakan berdasarkan observasi lapangan, sedangkan *certainty factor* digunakan untuk memastikan tingkat kepastian dari data yang diperoleh dari hasil penelitian di lapangan (Ramadhani et al., 2023).

Sistem ini dirancang sebagai sistem pakar yang mengadopsi pengetahuan dari para ahli kehutanan, sehingga dapat memberikan informasi yang akurat dan membantu lembaga Pengelola Hutan Desa Sungai Besar dalam pengambilan keputusan terkait upaya mitigasi kerusakan hutan. Sistem berbasis komputer ini diharapkan tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu, tetapi juga sebagai medium penyebaran pengetahuan yang sebelumnya hanya dimiliki oleh pakar itu sendiri (Fersi et al., 2022). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pelestarian hutan Desa Sungai Besar dan kawasan sekitarnya.

II. BAHAN DAN METODE

Pembahasan bahan dan metode ialah alur kerangka kerja yang dilakukan dalam sebuah penelitian. Pada kerangka kerja penelitian, dapat dilihat pada Gambar 3.1 Metodologi Penelitian.



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

2.1 Identifikasi Masalah

Untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan hutan di desa Sungai Besar, kabupaten Ketapang, penelitian ini menggunakan metode observasi dan wawancara dengan Lembaga Pengelola Hutan Desa dan Badan Konservasi Sumber Daya Alam Kabupaten Ketapang. Untuk hasil dapat dilihat pada Tabel 1. Masalah Umum Kerusakan Hutan Skala Besar.

Tabel 3.1 Masalah Umum Kerusakan Hutan Skala Besar

No.	Masalah Umum	Kriteria
1.	Hutan Masih Ada	Hutan yang masih ada dimaksudkan pada tutupan hutan lindung dan produksi tergolong masih memiliki tingkat penghijauan dengan presentasi keanekaragaman hayati hutan masih lengkap dan satwa masih terjaga.
2.	Hutan Terdegradasi	Keadaan hutan ini ialah penurunan tingkat keanekaragaman flora dan faunanya yang di sebabkan oleh luasan tutupan di kawasan hutan dari tutupan lindung seluruh nya ,

3.	Hutan Mengalami Perubahan Iklim	Hutan yang mengalami perubahan iklim ialah hutan yang terkena dampak dari beberapa aktivitas negatif dari dalam hutan, akibatnya adalah dari peningkatan suhu, perubahan curah hujan, serta frekuensi intensitas cuaca ekstrem.
4.	Fragmentasi Habitat	Fragmentasi habitat adalah jenis kerusakan dimana habitat alami yang besar dan berkelanjutan terpecah menjadi bagian – bagian yang lebih kecil dan terisolasi satu sama lain.
5.	Hutan Terdeforestasi	Untuk hutan yang mengalami deforestasi ialah tutupan hutan mengalami penurunan hutan skala besar, serta sehingga kehidupan habitat alam dari berbagai jenis flora dan fauna punah.

Sumber : Data Pengelola Hutan Desa Sungai Besar Ketapang

Penjelasan diatas memberikan Gambaran umum mengenai kondisi dan jenis kerusakan yang di temukan di Desa Sungai Besar, Kabupaten Ketapang.

2.2 Pengumpulan Data

Langkah yang dilakukan dalam mengumpulkan data adalah :

A. Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan sebuah proses dilakukannya oleh peneliti dalam memperelajari teori serta mengevaluasi literatur relevan sesuai dengan topik penelitian yang ditentukan oleh peneliti.

B. Wawancara

Untuk metode wawancara dilakukan pencarian data ini peneliti mewawancarai ahli pakar Bapak Ujang Usep Irawan, S.Hut., M.Si. seorang pakar dibidang Silvilkultur Kehutanan dan spesialis dibidang restorasi hutan, rehabilitas hutan, ekologi hutan dan pemantauan kesehatan hutan.

C. Observasi

Metode observasi adalah tindakan pengamatan langsung lapangan yang dilaksanakan di hutan desa Sungai Besar, kabupaten Ketapang untuk

mengetahui dan mempelajari studi kasus terkait apa saja gejala – gejala awal terjadinya kerusakan hutan.

D. Dokumentasi

Metode dokumentasi pada penelitian ini menggunakan pengambilan foto dokumentasi dengan handphone sebagai medianya fotonya dan buku tulis sebagai catatan di saat penelitian ini berlangsung berada di lokasi hutan desa Sungai Besar, Kabupaten Ketapang.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Basis Pengetahuan (*Knowledge Base*)

Basis pengetahuan pada kerusakan hutan ialah untuk menyimpan data kerusakan hutan memanfaatkan data gejala, jenis kerusakan, faktor penyebab, dan solusi yang diperoleh dari pakar sebagai basis pengetahuan. Ada pun data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel.4.2 Data Kerusakan.

Tabel 4.2 Pemberian Kode Jenis Kerusakan dan Solusi

Kode	Kerusakan
K1	Hutan Masih Ada
K2	Hutan Terdegradasi
K3	Hutan Perubahan Iklim
K4	Hutan Fragmentasi Habitat
K5	Hutan Terdeforestasi

Tabel diatas adalah hasil temuan jenis kerusakan hutan yang di temukan di Desa Sungai Besar, Kabupaten Ketapang, terdapat 5 jenis kerusakan dan 17 gejala ditemukan.

Adapun kode gejala pada sistem pendeteksi kerusakan hutan ini gejala tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Kode Gejala Kerusakan Hutan

Kode	Gejala
G1	Tutupan hutan masih ada
G2	Kondisi tanah memiliki daya serap
G3	Suhu didalam hutan masi terjaga
G4	Satwa dan tumbuhan endemik terjaga
G5	Lahan gambut mengalami kekeringan
G6	Gambut tidak menampung air
G7	Pembukaan jalan
G8	Penebangan hutan liar
G9	Terganggunya siklus air
G10	Alih fungsi lahan
G11	Pemburuan satwa dilindungi
G12	Pembukaan lahan sawit
G13	Pembukaan transmigrasi penduduk
G14	Pembuangan limbah melalui sungai

G15	Adanya penambangan emas
G16	Pembukaan proyek industri
G17	Terjadinya pembakaran hutan

Tabel diatas adalah informasi gejala – gejala yang mempengaruhi potensi tutupan hutan, menjadikanya variabel terjadinya kerusakan hutan di daerah tersebut.

Setelah menemukan gejala dan kerusakan, selanjutnya gejala dan kerusakan pada hutan, dibuat berupa hubungan atau keterkaitan dengan gejala kerusakan yang ditemukan. Basis pengetahuan tersebut dapat dilihat pada tabel. 4.4 Tabel Keputusan sebagai berikut.

Tabel 4.4 Tabel Keputusan

Kode Kerusakan					
Kode Gejala	K1	K2	K3	K4	K5
G01	✓	✓	✓	✓	✓
G02	✓	✓		✓	
G03	✓				
G04	✓				
G05		✓		✓	
G06		✓		✓	
G07				✓	
G08			✓	✓	✓
G09		✓			
G10			✓	✓	✓
G11		✓			
G12			✓		✓
G13					✓
G14			✓		
G15			✓	✓	
G16					✓
G17				✓	✓

Tabel diatas adalah gejala – gejala yang menyebabkan 5 jenis kerusakan yang terdapat di hutan Desa Sungai Besar dan menjadikan indikator pendukung kerusakan.

B. Memory Kerja (*Working Memory*)

Working memory merupakan sebuah data diagnosa untuk membuat bobot angka *certainty factor* yang berisikan tingkat suatu kepercayaan (*measure of increased belief* atau MB) dan tingkat tidakpercayaan (*measure of increased disbelief* atau MD) (Permana et al., 2015)

Adapun nilai kepercayaan yang dilakukan dari hasil wawancara dapat dilihat pada tabel 4.6 Nilai Keyakinan MB/MD.

Tabel 4.6 Nilai Keyakinan MB/MD

Kode Kerusakan	Kode Gejala	Nilai	
		MB	MD
K1	G01	1	0.8
	G02	0.8	0.6
	G03	0.8	0.4
	G54	1	0.8
K2	G02	0.8	0.6
	G05	0.6	8
	G06	0.4	0.6
	G09	0.4	0.6
K3	G11	0.4	0.2
	G08	1	0.4
	G10	1	0.8
	G12	1	0.8
K4	G14	0.6	0.4
	G15	1	0.6
	G07	0.8	0.4
	G08	1	0.4
K5	G10	1	0.8
	G12	1	0.8
	G13	0.4	0.8
	G16	0.2	0.6
K5	G17	1	0.8
	G17	1	0.8

Tabel diatas adalah nilai untuk menentukan nilai MB yang diperoleh dari wawancara ahli pakar, dan nilai MB diperoleh dari hasil wawancara dengan pengguna untuk menentukan nilai tingkat keyakinan dan kecocokan antar gejala dan kerusakan.

C. Fasilitas Penjelas (Explanation Facility)

Explanation Facility berisikan sebuah data solusi yang nantinya akan memberikan solusi dari permasalahan kerusakan hutan. Adapaun data analisa pada kerusakan didapat dari data gejala kerusakan dari hutan tersebut, dapat dilihat pada tabel 4.7 Tabel Solusi.

Tabel 4.7 Data Solusi

Kode	Solusi
K1	Hutan yang masih ada (85%): Monitoring menyeluruh untuk melestarikan keanekaragaman hayati, dan flora fauna.
K2	Hutan terdegradasi: Rehabilitasi lahan, pengawasan hukum, konservasi, pengelolaan berkelanjutan, dan edukasi masyarakat.
K3	Fragmentasi habitat: Pelestarian, restorasi hutan, pengelolaan

	kerusakan, dan kolaborasi dengan masyarakat lokal.
K4	Perubahan iklim: Pengendalian aktivitas hutan, penghentian deforestasi, reboisasi, konservasi, dan pengelolaan lahan.
K5	Deforestasi: Reboisasi, rehabilitasi kerusakan, edukasi masyarakat, dan monitoring untuk meningkatkan pengendalian hutan.

Tabel diatas adalah penjelasan solusi jika hutan tersebut terindikasi mengalami kerusakan di Desa Sungai Besar, serta dilakukan tindakan intensif pencegahan kerusakan hutan.

D. Perhitungan *Certainty factor*

Pada tahapan penelitian kerusakan hutan dengan berdasarkan gejala dan dihitung dengan metode *certainty factor* akan menghitung nilai pasti dari pakar dan nilai kepastian dari pengguna. Berikut perhitungan nilai CF gejala dengan perhitungan sebagai berikut :

$$CF_{\text{gejala}} [H,E] = CF_{\text{pakar}} [H,E] * CF_{\text{pengguna}} [H,E]$$

.....(3)

$$\begin{aligned} CF_{\text{gejala1}} &= 1 * 0.8 = 0.8 \\ CF_{\text{gejala2}} &= 0.8 * 0.6 = 0.48 \\ CF_{\text{gejala3}} &= 0.8 * 0.4 = 0.32 \\ CF_{\text{gejala4}} &= 1 * 0.8 = 0.8 \\ CF_{\text{gejala5}} &= 0.6 * 0.8 = 0.48 \\ CF_{\text{gejala6}} &= 0.4 * 0.6 = 0.24 \\ CF_{\text{gejala7}} &= 0.8 * 0.4 = 0.32 \\ CF_{\text{gejala8}} &= 1 * 0.4 = 0.4 \\ CF_{\text{gejala9}} &= 0.4 * 0.6 = 0.24 \\ CF_{\text{gejala10}} &= 1 * 0.8 = 0.8 \\ CF_{\text{gejala11}} &= 0.4 * 0.2 = 0.8 \\ CF_{\text{gejala12}} &= 1 * 0.8 = 0.8 \\ CF_{\text{gejala13}} &= 0.4 * 0.8 = 0.32 \\ CF_{\text{gejala14}} &= 0.6 * 0.4 = 0.24 \\ CF_{\text{gejala15}} &= 1 * 0.6 = 0.6 \\ CF_{\text{gejala16}} &= 0.2 * 0.6 = 0.12 \\ CF_{\text{gejala17}} &= 1 * 0.8 = 0.8 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan CFgejala maka selanjutnya mencari CF kombinasi dengan menggunakan persamaan dengan perhitungan berikut :

$$CF_{\text{combine}} = CF [H,E]_{\text{old}} + CF [H,E]_{\text{gejala}} * (1 - CF [H,E]_{\text{old}}) \dots (4)$$

Perhitungan Gejala Kerusakan 1 (K1 = Hutan Masih Ada)

Perhitungan CF_{combine} (nilai CF gejala1 dan nilai CF gejala 2)

$$CF [H,E]_{1,2} = CF [H,E]_1 + CF [H,E]_2 * (1 - CF [H,E]_{\text{old}})$$

$$CF [H,E]_{1,2} = 0.8 + 0.48 * (1 - 0.2)$$

$$CF [H,E]_{1,2} = 0.8 + 0.48 * 0.2$$

$CF [H,E]_{1,2} = 0.8 + 0.096$
 $CF [H,E]_{1,2} = 0.896old$
Perhitungan $CF_{combine}$ (nilai $CF_{combine old}$ nilai CF gejala 3)
 $CF [H,E]_{old3} = CF [H,E]_{old} + CF [H,E]_3 * (1 - CF [H,E]_{old})$
 $CF [H,E]_{old3} = 0.896 + 0.32 * (1 - 0.896)$
 $CF [H,E]_{old3} = 0.896 + 0.32 * 0.104$
 $CF [H,E]_{old3} = 0.896 + 0.03328$
 $CF [H,E]_{old3} = 0.92928 old2$
Perhitungan $CF_{combine}$ (nilai $CF_{combine old2}$ nilai CF gejala 4)
 $CF [H,E]_{old2,4} = CF [H,E]_{old2} + CF [H,E]_4 * (1 - CF [H,E]_{old2})$
 $CF [H,E]_{old2,4} = 0.92928 + 0.8 * (1 - 0.92928)$
 $CF [H,E]_{old2,4} = 0.92928 + 0.8 * 0.07072$
 $CF [H,E]_{old2,4} = 0.92928 + 0.056576$
 $CF [H,E]_{old2,4} = 0.985865 old3$
Hasil nilai *combine* pada kerusakan hutan 1 (K1 = Hutan Masih ada) sebesar 0.985865.

Perhitungan Gejala Kerusakan 2 (K2 = Hutan Terdegradasi)

Perhitungan $CF_{combine}$ (nilai CF gejala 2 dan nilai CF gejala 5)
 $CF [H, E]_{2,5} = 0.48 + 0.48 * (1 - 0.48)$
 $CF [H, E]_{2,5} = 0.48 + 0.48 * 0.52$
 $CF [H, E]_{2,5} = 0.48 + 0.2496$
 $CF [H, E]_{2,5} = 0.7296old$
Perhitungan $CF_{Combine}$ (nilai CF_{old} dan Nilai Gejala 6)
 $CF [H, E]_{2,5} = 0.7296 + 0.24 * (1 - 0.7296)$
 $CF [H, E]_{2,5} = 0.7296 + 0.24 * 0.2704$
 $CF [H, E]_{2,5} = 0.7296 + 0.064896$
 $CF [H, E]_{2,5} = 0.794496 old2$
Perhitungan $CF_{Combine}$ (nilai CF_{old2} dan Nilai Gejala 9)
 $CF [H, E]_{old2,9} = 0.794496 + 0.24 * (1 - 0.794496)$
 $CF [H, E]_{old2,9} = 0.794496 + 0.24 * 0.205504$
 $CF [H, E]_{old2,9} = 0.794496 + 0.04932096$
 $CF [H, E]_{old2,9} = 0.84381696 old3$
Perhitungan $CF_{Combine}$ (nilai CF_{old3} dan Nilai Gejala 11)
 $CF [H, E]_{old3,11} = 0.84381696 + 0.8 * (1 - 0.84381696)$
 $CF [H, E]_{old3,11} = 0.84381696 + 0.8 * 0.15618304$
 $CF [H, E]_{old3,11} = 0.84381696 +$
 $CF [H, E]_{old3,11} = 0.124946432old4$
Hasil nilai *combine* pada kerusakan hutan 1 (K2 = Terdegradasi) sebesar 0.124946432.

Perhitungan Gejala Kerusakan 3 (K3 = Hutan Mengalami Perubahan Iklim)

Perhitungan $CF_{combine}$ (nilai CF gejala 8 dan nilai CF gejala 10)
 $CF [H,E]_{8,10} = 0.4 + 0.8 * (1-0.4)$
 $CF [H,E]_{8,10} = 0.4 + 0.8 * 0.6$
 $CF [H,E]_{8,10} = 0.4 + 0.48$

$CF [H,E]_{8,10} = 0.88old$
Perhitungan $CF_{combine}$ (nilai CF gejala *old* dan nilai CF gejala 12)
 $CF [H,E]_{old,12} = 0.88 + 0.8 * (1 - 0.88)$
 $CF [H,E]_{old,12} = 0.88 + 0.8 * 0.12$
 $CF [H,E]_{old,12} = 0.88 + 0.096$
 $CF [H,E]_{old,12} = 0.976old2$
Perhitungan $CF_{combine}$ (nilai CF gejala *old2* dan nilai CF gejala 14)
 $CF [H,E]_{old2,12} = 0.976 + 0.24 * (1 - 0.976)$
 $CF [H,E]_{old2,12} = 0.976 + 0.24 * 0.024$
 $CF [H,E]_{old2,12} = 0.976 + 0.00576$
 $CF [H,E]_{old2,12} = 0.98176old3$
Perhitungan $CF_{combine}$ (nilai CF gejala *old3* dan nilai CF gejala 15)
 $CF [H,E]_{old3,15} = 0.98176 + 0.6 * (1 - 0.98176)$
 $CF [H,E]_{old3,15} = 0.98176 + 0.6 * 0.01824$
 $CF [H,E]_{old3,15} = 0.98176 + 0.010944$
 $CF [H,E]_{old3,15} = 0.992704 old4$

Hasil nilai *combine* pada kerusakan hutan 3 (K3 = Hutan mengalami perubahan iklim) sebesar 0.992704

Perhitungan Gejala Kerusakan 4 (K4 = Hutan Mengalami Fragmentasi Habitat)

Perhitungan $CF_{combine}$ (nilai CF gejala 7 dan nilai CF gejala 8)
 $CF [H,E]_{7,8} = 0.32 + 0.4 * (1 - 0.32)$
 $CF [H,E]_{7,8} = 0.32 + 0.4 * 0.68$
 $CF [H,E]_{7,8} = 0.32 + 0.272$
 $CF [H,E]_{7,8} = 0.592old$
Perhitungan $CF_{combine}$ (nilai CF gejala *old* dan nilai CF gejala 10)
 $CF [H,E]_{old,10} = 0.592 + 0.8 * (1 - 0.32)$
 $CF [H,E]_{old,10} = 0.592 + 0.8 * 0.68$
 $CF [H,E]_{old,10} = 0.592 + 0.544$
 $CF [H,E]_{old,10} = 1.136old2$
Perhitungan $CF_{combine}$ (nilai CF gejala *old2* dan nilai CF gejala 15)
 $CF [H,E]_{old2,15} = 1.136 + 0.6 * (1 - 1.136)$
 $CF [H,E]_{old2,15} = 1.136 + 0.6 * 0.136$
 $CF [H,E]_{old2,15} = 1.136 + 0.0816$
 $CF [H,E]_{old2,15} = 1.2176 old3$
Perhitungan $CF_{combine}$ (nilai CF gejala *old3* dan nilai CF gejala 17)
 $CF [H,E]_{old3,17} = 1.2176 + 0.12 * (1 - 1.2176)$
 $CF [H,E]_{old3,17} = 1.2176 + 0.12 * 0.2176$
 $CF [H,E]_{old3,17} = 1.2176 + 0.026112$
 $CF [H,E]_{old3,17} = 1.243712 old4$

Hasil nilai *combine* pada kerusakan hutan 4 (K4 = Hutan mengalami fragmentasi habitat) sebesar 1.243712 .

Perhitungan Gejala Kerusakan 5 (K5 = Hutan Mengalami Deforestasi)

Perhitungan $CF_{combine}$ (nilai CF gejala 10 dan nilai CF gejala 12)
 $CF [H,E]_{10,12} = 0.8 + 0.8 * (1 - 0.8)$

$CF[H,E]_{10,12} = 0.8 + 0.8 * 0.2$
 $CF[H,E]_{10,12} = 0.8 + 0.16$
 $CF[H,E]_{10,12} = 0.96old$
 Perhitungan $CF_{combine}$ (nilai CF gejala old dan nilai CF gejala 13)
 $CF[H,E]_{old,13} = 0.96 + 0.32 * (1 - 0.96)$
 $CF[H,E]_{old,13} = 0.96 + 0.32 * 0.04$
 $CF[H,E]_{old,13} = 0.96 + 0.0128$
 $CF[H,E]_{old,13} = 0.9728old2$
 Perhitungan $CF_{combine}$ (nilai CF gejala $old2$ dan nilai CF gejala 16)
 $CF[H,E]_{old2,16} = 0.9728 + 0.12 * (1 - 0.9728)$
 $CF[H,E]_{old2,16} = 0.9728 + 0.12 * 0.0272$
 $CF[H,E]_{old2,16} = 0.9728 + 0.003264$
 $CF[H,E]_{old2,16} = 0.976064old3$
 Perhitungan $CF_{combine}$ (nilai CF gejala $old3$ dan nilai CF gejala 17)
 $CF[H,E]_{old3,17} = 0.976064 + 0.8 * (1 - 0.976064)$
 $CF[H,E]_{old3,17} = 0.976064 + 0.8 * 0.023936$
 $CF[H,E]_{old3,17} = 0.976064 + 0.0191488$
 $CF[H,E]_{old3,17} = 0.9952128 old4$

Hasil nilai *combine* pada kerusakan hutan 5 (K5 = Hutan mengalami deforestasi) sebesar 0.9952128

Setelah dilakukan , selanjutnya setiap nilai CF akan dinormalisasi , dari nilai tersebut dalam menentukan nilai persentase untuk setiap kerusakan dengan rumus berikut :

Persentase (K)= $CF_k / (Total\ CF) \times 100\% \dots (6)$

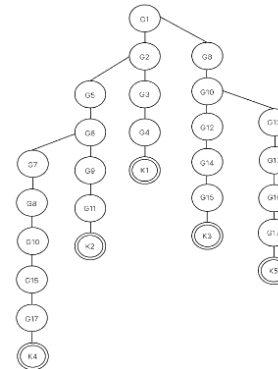
K1 : Hutan Masih Ada
 Persentase
 $K1 = 0.985865 / 4.342440232 \times 100\% = 22.70\%$
 K2 : Hutan Terdegradasi
 Persentase
 $K2 = 0.124946432 / 4.342440232 \times 100\% = 2.88\%$
 K3 : Hutan Mengalami Perubahan Iklim
 Persentase
 $K3 = 0.992704 / 4.342440232 \times 100\% = 22.85\%$
 K4 : Hutan Mengalami Fragmentasi Habitat
 Persentase
 $K4 = 1.243712 / 4.342440232 \times 100\% = 28.64\%$
 K5 : Hutan Terdeforestasi
 Persentase
 $K5 = 0.9952128 / 4.342440232 \times 100\% = 22.93\%$

Total Persentase Keseluruhan Kerusakan :
 $22.70\% + 2.88\% + 22.85\% + 28.64\% + 22.93\% = 100\%$

Dengan demikian, pada penelitian ini bahwa kerusakan "Hutan Mengalami Fragmentasi Habitat" memiliki nilai persentase tertinggi, yaitu 28.64 %, sedangkan "Hutan Terdegradasi" memiliki nilai persentase terendah yaitu 2.88%.

E. Mesin Inferensi (*Inference Engine*)

Pembuatan mesin inferensi digunakan dalam membantu menyederhanakan dalam proses akuisisi pengetahuan agar lebih mudah dalam bentuk kaidah. Untuk mesin inferensi forward chaining dapat dilihat pada gambar 4.1 Mesin Inferensi *Forward Chaining*.



Gambar 4.1 Mesin Inferensi *Forward Chaining*
 Sumber : Penerapan Metode *Certainty factor* pada Sistem Pakar Diagnosa Hama dan Penyakit pada Tanaman Tomat(Adellia et al., 2022).

Mesin inferensi dalam penelitian mendeteksi kerusakan hutan dengan metode forward chaining, ddibentuk dalam sebuah aturan produksi. Adapun aturan produksi tersebut dapat diihat pada tabel 4.8 Aturan Produksi *Forward Chaining*.

Tabel 4.8 Aturan Produksi *Forward Chaining*

No	Aturan Produksi
R1	IF G01 AND G02 AND G03 AND G04 THEN K1
R2	IF G02 AND G05 AND G06 AND G09 AND G11 THEN K2
R3	IF G08 AND G10 AND G12 AND G14 AND G15 THEN K3
R4	IF G7 AND G8 AND G10 AND 15 AND G17 THEN K4
R5	IF G10 AND G12 AND G13 AND G16 AND G17 THEN K5

Tabel diatas adalah penulisan kaidah aturan produksi agar setiap gejala dan kerusakan mempunyai kecocokan pada setiap temuan gejala dan kerusakan.

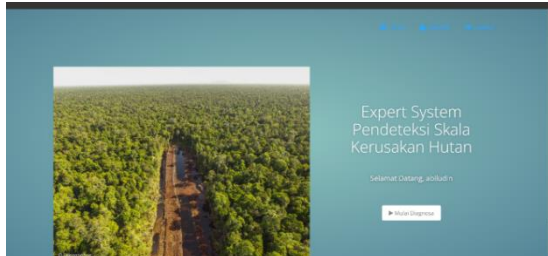
3.1 Implementasi Sistem

Pada pembahasan ini ialah implementasi sistem pendeteksi skala kerusakan hutan, implementasi ini dilakukan untuk menekankan pada fungsi dari metode yang digunakan pada sistem pendeteksi skala kerusakan hutan menggunakan

forward chaining dan *certainty factor* dalam membangun aplikasi tersebut.

1. Halaman Beranda User

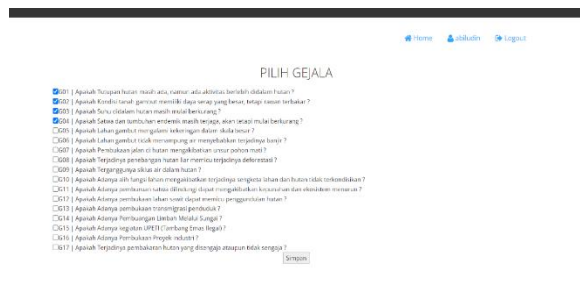
Pada gambar 5.11, merupakan tampilan beranda user. Halaman ini menandakan user sudah berhasil masuk kedalam sistem untuk mulai mendeteksi kerusakan pada hutan.



Gambar 5.11 Halaman Beranda User

2. Halaman Pilih Gejala

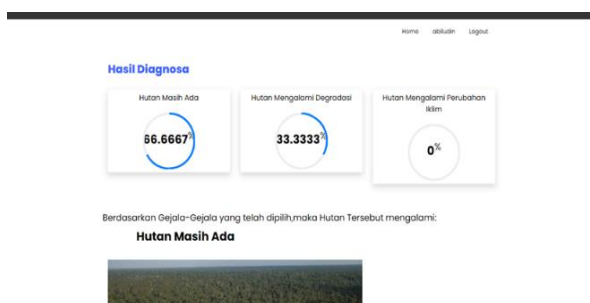
Pada gambar 5.12, ialah tampilan user untuk memilih gejala untuk mendeteksi agar gejala tersebut akan menampilkan hasil jenis kerusakan dan persentase kerusakan serta menyesuaikan data yang diberikan dari gejala dimasukan user.



Gambar 5.12 Halaan Pilih Gejala

3. Halaman Hasil Diagnosa

Pada gambar 5.13, menunjukkan hasil diagnosa yang diberikan oleh sistem kepada user pada saat memasuk detail jenis gejala yang ingin di diagnosa.



Gambar 5.13 Halaman Hasil Diagnosa

3.6 Pengujian Sistem

A. Hasil Akurasi Sistem

Pengujian akurasi pada sistem pakar aplikasi ini adalah dengan cara menghitung data uji pada setiap uji agar perbandingan dengan hasil sistem dan pakar. Untuk Hasil Pendeteksian Skala Kerusakan Hutan, dapat dilihat pada tabel 5.1 Tabel Hasil Pendeteksian.

Tabel 5.1 Tabel Hasil Pendeteksian

Daftar Uji	Gejala Fakta	Rekom. Sistem	Rekom. Pakar	Keterangan	Status
Uji 1	G1,G2, G3,G4	H1	H1	Hutan Masih Ada	Benar
Uji 2	G1,G5, G6,G7	H2	H2	Hutan Terdegradasi	Benar
Uji3	G1,G5, G7,G8	H4	H4	Hutan Fragmentasi Habitat	Benar
Uji 4	G1,G9,G 10, G11	H3	H3	Hutan Perubahan Iklim	Benar
Uji 5	G5,G12, G13	H5	H5	Hutan Terdeforestasi	Benar
Uji 6	G3,G5, G6, G13	H5	H5	Hutan Terdeforestasi	Benar
Uji 7	G1,G3	H1	H1	Hutan Masih Ada	Benar
Uji 8	G8,G9, G10	H3	H3	Hutan Perubahan Iklim	Benar
Uji 9	G5,G13	H5	H5	Hutan Terdeforestasi	Benar
Uji 10	G5,G9, G10	H3	H3	Hutan Perubahan Iklim	Benar
Uji 11	G11, G12, G15, G17	H3	H3	Hutan Perubahan Iklim	Benar
Uji 12	G12, G15, G17	H5	H5	Hutan Terdeforestasi	Benar
Uji 13	G14, G15 ,G17	H4	H3	Tidak Terdeteksi	Salah
Uji 14	G15 ,G16	H4	H5	Tidak Terdeteksi	Salah

Tabel diatas adalah hasil pengujian sistem diagnosa kerusakan pada hutan, dari hasil pengujian dengan *doubel blint tes* menunjukkan kecocokan pada 12 data dari 14 data uji yang berbeda, dengan perhitungan :

$$\text{Akurasi} = (\text{Data Benar})/(\text{Jumlah Data}) \times 100\% = 12/14 \times 100\% = 85.71\%$$

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pendeteksi kerusakan hutan dengan 14 data uji mencapai akurasi 85,71%. Sistem ini mengombinasikan metode *forward chaining* untuk menarik kesimpulan berdasarkan fakta kerusakan dan *certainty factor* untuk menghitung tingkat keyakinan gejala berdasarkan pakar.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pengujian yang dilakukan terhadap aplikasi sistem pakar pendeteksi skala kerusakan hutan, dapat disimpulkan penggunaan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor* efektif untuk mendeteksi dan mengidentifikasi kerusakan hutan, dengan sistem yang mampu menganalisa gejala – gejala kerusakan dan menghasilkan diagnosis yang tepat serta memiliki tingkat kepercayaan tertentu. Hasil dari uji klinis menggunakan Metode *Double Blind Test* menunjukkan bahwa sistem ini mencapai akurasi sebesar 85,71 %, yang menggambarkan sistem dapat memberikan diagnosis akurat, sementara nilai *Certainty Factor* memberikan gambaran mengenai tingkat keyakinan atas diagnosis berdasarkan gejala yang ada.

IV. REFERENSI

- T. F. Dicelebica, A. A. Akbar, and D. R. Jati, "Identifikasi dan Pencegahan Daerah Rawan Bencana Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut Di Kalimantan Barat," *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 20, no. 1, pp. 115-126, 2022, doi: 10.14710/jil.20.1.115-126.
- Maychel Yoas Pandapotan Sinaga, "Strategi Pemerintah Daerah Dalam Menanggulangi Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Kabupaten Ketapang Provinsi Kalimantan Barat," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951-952., vol. 3, no. 1, pp. 10-27, 2023, [Online]. Available: <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- H. Hidayatullah, B. S. Ginting, and A. Fauzi, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kelapa Sawit Dengan Metode *Certainty factor*," *Bull. Multi-Disciplinary Sci. Appl. Technol.*, vol. 1, no. 5, pp. 142-146, 2022.
- A. Ramadhani, E. Nurhasanah, N. Rahmania, and N. I. Mahabbah, "Penerapan Metode Forward Chaining Dalam Sistem Pakar Untuk Diagnosis Penyakit Pada Tanaman : Literature Review," vol. 1, no. 2, pp. 490-497, 2023.
- E. F. Fersi, S. P. A. Alkadri, and A. Abdullah, "Sistem Pakar Penyakit Pada Ikan Arwana Dengan Menggunakan Metode *Certainty factor* Berbasis Web," *Digit. Intell.*, vol. 2, no. 2, p. 59, 2022, doi: 10.29406/diligent.v2i1.2944.
- M. Yumarlin, "Implementasi Metode *Certainty factor* Dan Backward Chaining Untuk Penentuan Tanaman Herbal Sebagai Alternatif Pengobatan," *Semin. Nas. Disem. Has. Penelit. 2021 (deHAP 2021)*, pp. 346-353, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.janabadra.ac.id/index.php/PSN/article/view/1569>
- R. Saputra, "SISTEM PAKAR IDENTIFIKASI KAYU HASIL HUTAN DENGAN METODE FORWARD CHAINING," *Simtika*, vol. 4, no. 3, pp. 23-32, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.undhari.ac.id/index.php/simtika/article/view/554%0Ahttp://ejournal.undhari.ac.id/index.php/simtika/article/download/554/226>
- F. Mulyadi, "Sistem Pakar Dalam Diagnosa Penyakit Pada Tanaman," *J. Tika*, vol. 7, no. 1, pp. 39-47, 2022, doi: 10.51179/tika.v7i1.1084.
- M. Betha and A. Arifin, "Penerapan Sistem Pakar untuk Mendeteksi Dini Masalah Kesehatan Ibu Hamil: Systematic Literature Review," *J. Minfo Polgan*, vol. 12, no. 1, pp. 797-803, 2023, doi: 10.33395/jmp.v12i1.12497.
- F. Umar, H. Darwis, and P. Purnawansyah, "Fourier Descriptor on Lontara Scripts Handwriting Recognition," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 15, no. 1, pp. 193-200, 2023, doi: 10.33096/ilkom.v15i1.1040.193-200.
- A. M. M. Bosker Sinaga, P. M. Hasugian, "Sistem Pakar Mendiagnosa Kerusakansmartphone," *Jipn*, vol. 3, no. 1, 2018.
- S. A. Rilo and S. Hari, "Diagnosis Ispa Berbasis Web Dengan Metode Forward Chaining Dan *Certainty factor* Pada Web-Based Ispa Diagnosis With Forward Chaining and," vol. 15, pp. 48-56, 2023.
- E. Musyarofah, R. Mayasari, and A. S. Y. Irawan, "Implementasi Metode Forward Chaining dan *Certainty factor* Pada Sistem Pakar Diagnosa Osteoporosis," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 19, no. 02, pp. 101-112, 2020, doi: 10.31358/techne.v19i02.234.
- H. Nurfaizal, A. Efendi, and D. Eko Prasetyo, "Pelatihan Pembuatan Website Personal Sebagai Media Informasi dan Publikasi Domain Web (Hosting)," *APPA J. Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 110-115, 2023.
- Michelle Larassati Ayusmara Latukolan, Achmad Arwan, and Mahardeka Tri Ananta, "Pengembangan Sistem Pemetaan Otomatis Entity Relationship Diagram Ke Dalam Database," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 4, pp. 4058-4065, 2019, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- H. H. A. Rabbani, A. Jamaluddin, and A. Solehudin, "Sistem Pakar Diagnosa Awal Penyakit Jantung Menggunakan Metode Forward Chaining Dan *Certainty factor* Berbasis Website," *INFOTECH J.*, vol. 9, no. 2, pp. 442-451, 2023, doi: 10.31949/infotech.v9i2.6401.
- A. H. Permana, R. A. Asmara, and A. R. Tri, "Sistem Pakar Diagnosa Hama Dan Penyakit Pada Tanaman Apel Menggunakan Metode *Certainty factor*," *J. Inform. Polinema*, vol. 1, no. 3, p. 7, 2017, doi: 10.33795/jip.v1i3.106.