

SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT PADA RUMPUT LAUT DENGAN METODE CERTAINTY FACTOR

I Putu Dilyan Prastyo Carascaya, Franki Yusuf Bisilisin

Teknik Informatika Strata Satu, Stikom Uyelindo Kupang

Jl. Perintis Kemerdekaan 1, Kayu Putih, Kec. Oebobo, Kota Kupang, Nusa Tenggara Tim. 85228

putucarascaya23@gmail.com

ABSTRAK

Rumput laut adalah salah satu tumbuhan laut yang memiliki kandungan gizi yang tinggi. Namun, produktivitasnya sering menurun akibat serangan berbagai jenis penyakit. Untuk membantu pembudidaya dalam mendiagnosa penyakit pada tanaman rumput laut, penelitian ini merancang dan membangun sebuah sistem pakar berbasis *website* menggunakan metode *Certainty Factor* (CF). Metode CF bekerja dengan menghitung nilai kepastian dari diagnosa berdasarkan gejala yang dimasukkan oleh pengguna, melalui penggabungan nilai *Measure of Belief* (MB) dan *Measure of Disbelief* (MD) yang diperoleh dari pengetahuan pakar. Sistem ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP dan MySQL sebagai *database* servernya. Evaluasi sistem dilakukan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Berdasarkan hasil pengujian, sistem menunjukkan tingkat kesalahan yaitu 27%, yang mengindikasikan bahwa kinerja sistem berada dalam kategori yang cukup baik.

Kata kunci : Rumput Laut, Penyakit, Sistem Pakar, *Certainty Factor*

1. PENDAHULUAN

Rumput laut hijau (*Eucheuma cottoni*) adalah salah satu tumbuhan laut yang tergolong dalam makroalga benthik yang banyak hidup melekat di dasar perairan. Rumput laut memiliki kandungan gizi yang tinggi seperti karbohidrat, vitamin, lemak, dan mineral yang sangat potensial dikembangkan dalam berbagai bidang industri [1]. Namun akhir-akhir ini, produksi rumput laut di Kabupaten Kupang sendiri mengalami penurunan yang drastis, dengan jumlah produksi di tahun 2019 mencapai 1.277.765.000 kg, sempat mengalami peningkatan di tahun 2020 mencapai 1.879.249.000 kg, dan mengalami penurunan di tahun 2021 dan 2022 dengan jumlah produksi 1.166.885.552 kg dan 1.175.123.880 kg [5]. Salah satu faktor utama yang menyebabkan penurunan produksi rumput laut adalah serangan penyakit pada tanaman rumput laut seperti penyakit jamur yang menyebabkan pembusukan atau kerontokan pada daun dan *thallus*, penyakit busuk merah yang menyebabkan bilahnya hancur seluruhnya, penyakit *ice-ice* yang menyebabkan stresnya rumput laut. Banyaknya jenis penyakit yang dapat menyerang rumput laut serta sulitnya proses deteksi karena adanya kemiripan gejala yang ditimbulkan membuat para pembudidaya rumput laut sulit menentukan metode pengendalian yang tepat untuk mengatasi penyakit tersebut. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem kepakaran untuk memudahkan pembudidaya dalam mendiagnosa penyakit pada rumput laut.

Certainty Factor (CF) merupakan metode yang mendefinisikan ukuran kepastian terhadap fakta atau aturan untuk menggambarkan keyakinan seorang pakar terhadap masalah yang sedang dihadapi. Shortliffe Buchanan memperkenalkan *Certainty Factor* dalam pembuatan MYCIN pada tahun 1975 untuk mengatasi pemikiran ketidakpastian seorang ahli atau pakar [8]. *Certainty Factor* menyatakan presentase

kepercayaan dalam sebuah kejadian (fakta dan hipotesa) berdasarkan bukti dan penilaian seorang pakar dengan menggunakan konsep *believe* (keyakinan) dan *disbelieve* (ketidakyakinan). Cara kerja dari metode *Certainty Factor* adalah dengan melibatkan perhitungan skor keyakinan berdasarkan bukti untuk mendukung atau menentang suatu pernyataan. Metode *Certainty Factor* dipilih karena metode ini cocok dalam proses penentuan identifikasi penyakit, dan hasil dari penerapan metode ini adalah persentase hasil uji.

Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan, akan dibuat sebuah sistem yang dapat mendeteksi penyakit pada tanaman rumput laut menggunakan metode *Certainty Factor*. Harapannya, dapat membantu pembudidaya mendiagnosa lebih awal penyakit pada tanaman rumput laut berdasarkan gejala yang ada, sehingga dapat menghindari potensi gagal panen.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Dody yang berjudul “Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Hama dan Penyakit Pada Tanaman Budidaya Rumput Laut Jenis *Euchaheuma Cottoni* Menggunakan Metode *Forward Chaining*” menyatakan bahwa Indonesia merupakan negara maritim dimana lebih dari 70% wilayah Indonesia adalah laut dan lingkungan yang potensial salah satunya adalah daerah pesisir tempat budidaya rumput laut. Pada penelitian ini, dirancang aplikasi sistem pakar berbasis *website* menggunakan basis aturan (*rule based*) dengan metode inferensi *forward chaining* yang dimaksudkan untuk membantu para petani dalam mendiagnosa penyakit rumput laut [2].

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Nur Chaerunnisa yang berjudul “Diagnosa Penyakit Tanaman Rumput Laut Menggunakan Metode

Certainty Factor Berbasis Web (Studi Kasus di Desa Wanabaru Kab. Pangkep)” menyatakan bahwa keanekaragaman rumput laut menjadi kekayaan perairan yang sangat melimpah dan terbesar di Indonesia. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibangun sebuah sistem pakar yang menerapkan algoritma *Certainty Factor* untuk mendiagnosa penyakit tanaman rumput laut dengan nilai rata-rata yang didapatkan yakni penyakit *ice-ice* sebesar 76,5% [3].

2.2. Rumput Laut

Rumput laut (*Eucheuma spinosum*) merupakan bagian terbesar dari tumbuhan laut. Rumput laut dalam bahasa ilmiah dikenal dengan istilah alga yang banyak hidup melekat di dasar perairan. Rumput laut memiliki kandungan gizi yang tinggi seperti karbohidrat, vitamin, lemak, mineral dan lain-lain yang sangat potensial dikembangkan dalam berbagai bidang industri [10].

2.3. Kecerdasan Buatan

Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) merupakan kawasan penelitian, aplikasi dan instruksi yang terkait dengan pemrograman komputer untuk melakukan sesuatu hal yang dalam pandangan manusia adalah cerdas [11].

2.4. Sistem Pakar

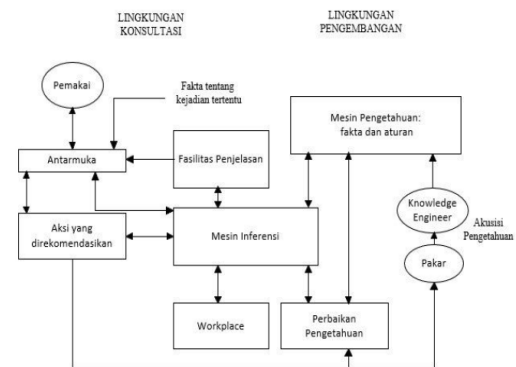
Sistem pakar adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan pakar (ahli) kedalam komputer yang dirancang untuk memodelkan kemampuan dan menyelesaikan masalah. Sistem pakar pada dasarnya tidak digunakan oleh komputer melainkan digunakan oleh orang yang bukan pakar dalam menyelesaikan permasalahannya, sebaliknya seorang pakar yang menggunakan sistem pakar adalah dijadikan sebagai *knowledge assistant* [6].

Ada 4 komponen yang membentuk suatu sistem pakar, yaitu:

- Basis Pengetahuan (*Knowledge Base*)**
Jika proses akuisisi data telah selesai dilakukan, maka data-data tersebut harus direpresentasikan menjadi basis pengetahuan dan basis aturan yang selanjutnya dikumpulkan, dikodekan dan digambarkan dalam bentuk rancangan lain menjadi bentuk yang sistematis.
- Basis Data (*Data Base*)**
Basis data adalah himpunan kelompok data (arsip) yang saling berhubungan yang diorganisasi sedemikian rupa agar kelak dapat dimanfaatkan kembali dengan cepat dan mudah.
- Antar Muka Pemakai (*User Interface*)**
Antar muka pemakai memberikan fasilitas komunikasi antara pemakai dan sistem, memberikan berbagai keterangan yang bertujuan untuk membantu mengarahkan alur penelusuran masalah sampai ditemukan Solusi.

d. Mesin Inferensi (*Inference Engine*)

Mekanisme inferensi adalah bagian dari sistem pakar yang melakukan penalaran atau pelacakan dengan menggunakan isi daftar aturan berdasarkan urutan dan pola tertentu.



Gambar 2. Struktur Sistem Pakar

Komponen yang terdapat dalam struktur sistem pakar ini adalah antara lain:

- Basis Pengetahuan (*Knowledge Base*)**
Berisi pengetahuan untuk pemahaman, formulasi dan penyelesaian masalah berdasarkan fakta dan aturan yang ada. Pada struktur ini, sistem menyimpan pengetahuan dari pakar berupa *rule* atau aturan (*if <kondisi> then <aksi>* atau dapat juga disebut *condition-action rules*).
- Mesin Inferensi (*Inference Engine*)**
Merupakan otak dari sistem pakar atau disebut juga dengan *control structure* (struktur kontrol) atau *rule interpreter* yang mengandung mekanisme pola pikir dan penalaran yang digunakan oleh pakar dalam menyelesaikan suatu masalah dengan mencocokkan bagian kondisi dari *rule* yang tersimpan di dalam *knowledge base* dengan data yang tersimpan di *working memory*.
- Working Memory**
Menyimpan fakta yang dihasilkan oleh *inference engine* dengan penambahan parameter berupa derajat kepercayaan atau dapat juga dikatakan sebagai *global database* dari fakta yang digunakan oleh *rule-rule* yang ada.
- Explanation Facility**
Menyediakan kebenaran dari solusi yang dihasilkan kepada *user* (*reasoning chain*).
- Knowledge Acquisition Facility**
Meliputi proses pengumpulan, pemindahan dan perubahan dari kemampuan pemecahan masalah seorang pakar atau sumber pengetahuan terdokumentasi ke program komputer, yang bertujuan untuk memperbaiki atau mengembangkan basis pengetahuan.
- User Interface**
Mekanisme untuk memberi kesempatan kepada user dan sistem pakar untuk berkomunikasi, dimana antar muka menerima informasi dari pemakai dan mengubahnya ke dalam bentuk yang dapat diterima oleh sistem.

2.5. Certainty Factor

Certainty Factor merupakan suatu metode faktor kepastian untuk membuktikan ketidakpercayaan pemikiran ahli pakar, dimana pakar membutuhkan faktor kepastian dalam menggambarkan tingkat kepercayaan, biasanya hasil dari metode *Certainty Factor* berupa persentase hasil uji. *Certainty Factor* merupakan bagian dari *Certainty Theory*, yang pertama kali diperkenalkan oleh Shortliffe Buchanan dalam pembuatan MYCIN (adalah aplikasi sistem pakar awal yang dirancang untuk mengidentifikasi bakteri yang menyebabkan infeksi berat) mencatat bahwa dokter sering kali menganalisa informasi yang ada dengan ungkapan seperti misalnya: mungkin, kemungkinan besar, hampir pasti. Untuk mengakomodasi hal ini tim MYCIN menggunakan *Certainty Factor* (CF) guna menggambarkan tingkat kepercayaan pakar terhadap masalah yang sedang dihadapi. CF atau faktor kepastian juga berguna untuk mengatasi ketidakpastian dalam menentukan penyakit yang mempunyai gejala (*evidence*) yang sama. Dalam CF dikenalkan konsep *Measures of Belief* (MB) atau ukuran kepercayaan dan *Measures of Disbelief* (MD) atau ukuran ketidakpercayaan.

Dalam memberikan ukuran MB, MD dan CF, tim MYCIN mempunyai parameter untuk menunjukkan ukuran kepercayaan. Aturan nilai-nilai kepercayaan dan nilai interpretasi untuk MB dan MD yang diberikan oleh MYCIN dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Aturan Nilai Kepercayaan

Kepercayaan	CF
Tidak Pasti	-1,0 sampai -0,79
Hampir Tidak Pasti	-0,8 sampai -0,59
Kemungkinan Tidak	-0,6 sampai -0,39
Mungkin Tidak	-0,4 sampai -0,19
Tidak Tahu	-0,2 sampai 0,2
Mungkin	0,4 sampai 0,59
Kemungkinan Besar	0,6 sampai 0,79
Hampir Pasti	0,8 sampai 0,89
Pasti	0,9 sampai 1,0

Tabel 2. Nilai Interpretasi untuk MB dan MD

Kepercayaan	MB/MD
Tidak Tahu	0 – 0,29
Mungkin	0,3 – 0,49
Kemungkinan Besar	0,5 – 0,69
Hampir Pasti	0,7 – 0,89
Pasti	0,9 – 1,0

Dalam mengekspresikan derajat keyakinan, digunakan suatu nilai yang disebut *Certainty Factor* (CF) untuk mengasumsikan derajat keyakinan seseorang pakar terhadap suatu data. Berikut adalah formulasi dasar dari *Certainty Factor*:

$$CF[H, E] = MB[H, E] - MD[H, E] \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

CF = *Certainty Factor* (faktor kepastian) dalam hipotesis H yang dipengaruhi oleh fakta E

MB = *Measure of Belief* (tingkat keyakinan), adalah ukuran kenaikan dari kepercayaan hipotesis H dipengaruhi oleh fakta E

MD = *Measure of disbelief* (tingkat tidak keyakinan), adalah keyakinan dari ketidakpercayaan hipotesis dipengaruhi fakta E

E = *evidence* (peristiwa atau fakta)

H = *Hipotesis* (dugaan)

Untuk mengkombinasikan dua atau lebih aturan, sistem berbasis pengetahuan dengan beberapa aturan, masing-masing darinya menghasilkan kesimpulan yang sama tetapi faktor ketidakpastiannya berbeda, maka setiap aturan dapat ditampilkan sebagai potongan bukti yang mendukung kesimpulan bersama. Untuk menghitung CF (keyakinan) dari kesimpulan diperlukan bukti pengkombinasian sebagai berikut:

$$CF(R1, R2) = CF(R1) + [CF(R2)] \times [1 - CF(R1)] \dots \dots \dots (2)$$

Jika kita hanya menambahkan CF R1 dan R2, kepastian kombinasinya akan lebih dari 1. Memodifikasikan jumlah kepastian melalui penambahan dengan faktor kepastian kedua dan mengalikannya (1 dikurangi faktor kepastian pertama). Jadi, semakin besar CF pertama semakin kecil kepastian penambahan kedua. Tetapi faktor tambahan selalu menambahkan beberapa kepastian. Untuk aturan ketiga dan seterusnya yang ditambahkan, dapat digunakan aturan sebagai berikut:

$$CF(Hasil\ 1, R3) = CF(Hasil\ 1) + [CF(R3)] [1 - CF(Hasil\ 1)] \dots \dots \dots (3)$$

$$CF(Hasil\ 2, R4) = CF(Hasil\ 2) + [CF(R4)] [1 - CF(Hasil\ 2)] \dots \dots \dots (4)$$

$$CF(Hasil\ 3, R5) = CF(Hasil\ 3) + [CF(R5)] [1 - CF(Hasil\ 3)] \dots \dots \dots (5)$$



Gambar 3. Flowchart Proses Metode *Certainty Factor*

2.6. MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan ukuran kesalahan relatif. MAPE biasanya lebih berarti dibandingkan *Mean Absolute Deviation* (MAD) karena MAPE menyatakan presentase kesalahan hasil peramalan terhadap permintaan aktual selama periode tertentu yang akan memberikan informasi persentase kesalahan terlalu tinggi atau terlalu rendah. Secara matematis, MAPE dinyatakan pada persamaan sebagai berikut [9]:

$$MAPE = \left(\frac{100}{n}\right) \sum \left| X_t - \frac{F_t}{X_t} \right| \dots \dots \dots (6)$$

Dimana:

X_t = Nilai riil pada periode ke t

F_t = Nilai peramalan pada periode ke t

n = Jumlah periode peramalan

3. METODE PENELITIAN

Berikut ini merupakan tahapan prosedur penelitian:

3.1. Pengumpulan Data

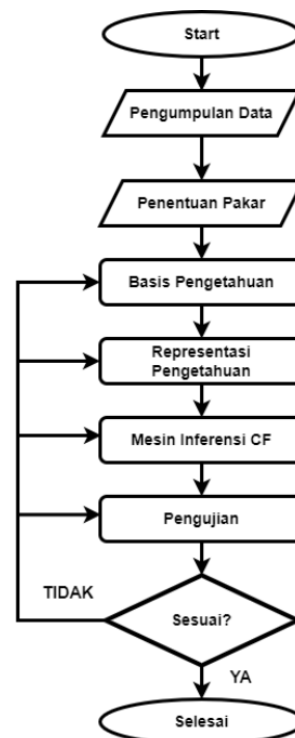
Pengumpulan data dilakukan dengan metode wawancara secara langsung kepada Ibu Noviana M. Bait, S.Pi, M.Si selaku Kepala Bidang Perikanan Budidaya di Dinas Perikanan Kab. Kupang.

3.2. Penentuan Pakar

Pakar dalam penelitian ini yaitu Ibu Noviana M. Bait, S.Pi, M.Si selaku Kepala Bidang Perikanan Budidaya di Dinas Perikanan Kab. Kupang.

3.3. Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan ini berisikan kumpulan fakta-fakta berupa data penyakit pada tanaman rumput laut.



Gambar 4. Flowchart Prosedur Penelitian

Tabel 3. Kode Hama dan Penyakit

Kode Hama dan Penyakit	Nama Hama dan Penyakit
K01	Bulu Babi (<i>Tripneustus sp.</i>)
K02	Ikan Baronang (<i>Siganus spp.</i>)
K03	Siput Laut (<i>Littorina sp.</i>)
K04	Penyu Hijau (<i>Chelonia midas</i>)
K05	Ice-Ice
K06	Lumut Kutu
K07	Pucuk Putih (<i>Bleaching</i>)
K08	Teritip
K09	Jamur
K10	Alga Ganggang Coklat (<i>Ectocarpus sp.</i>)
K11	Busuk Merah (<i>Pythium porphyrae</i>)

Tabel 4. Kode Gejala

Kode Gejala	Nama Gejala	Bobot
G01	Lambat pertumbuhan/kerdil	0,8
G02	Bintik-bintik putih atau bercak-bercak merah	0,7
G03	Berubah menjadi kuning pucat dan berangsur-angsur putih	0,6
G04	<i>Thallus</i> mudah rapuh dan putus	0,6
G05	Lembek dan berbau busuk	0,8
G06	Jaringan memutih	0,5
G07	Jaringan mengeras	0,6
G08	<i>Thallus</i> berwarna putih	0,6
G09	Busuk pada bagian ujung <i>thallus</i>	0,6
G10	Bekas potongan pada percabangan dan ujung <i>thallus</i>	0,6
G11	Bekas potongan kecil pada ujung <i>thallus</i>	0,9
G12	Warna tidak cerah pada batang	0,6
G13	Gelembung berwarna cokelat tua, lembek dan mengkerut	0,6
G14	Timbulnya getah berupa bulat-bulatan pada bagian tangkai	0,7
G15	Permukaan <i>thallus</i> kasar karena kehilangan getah/lendir	0,6

Kode Gejala	Nama Gejala	Bobot
G16	Terkelupas dan patah pada ujung <i>thallus</i>	0,8
G17	<i>Thallus</i> membusuk dan rontok	0,6
G18	<i>Thallus</i> berwarna kuning dan rusak	0,5
G19	Timbulnya lumut di sekitar <i>thallus</i>	0,5
G20	Perubahan warna	0,5
G21	Benjolan pada ujung/batang <i>thallus</i>	0,5

Tabel 5. Keputusan Pakar

No	Kode Gejala	Kode Penyakit										
		K01	K02	K03	K04	K05	K06	K07	K08	K09	K10	K11
1	G01					✓		✓			✓	✓
2	G02			✓		✓						✓
3	G03					✓						
4	G04		✓		✓							✓
5	G05			✓		✓	✓	✓				
6	G06							✓				
7	G07					✓		✓				
8	G08						✓	✓				
9	G09					✓			✓			
10	G10	✓	✓									
11	G11		✓	✓	✓				✓			
12	G12					✓		✓			✓	
13	G13	✓		✓								
14	G14			✓			✓		✓			
15	G15					✓		✓				
16	G16	✓	✓		✓		✓					✓
17	G17						✓					
18	G18	✓										
19	G19								✓			
20	G20									✓		✓
21	G21										✓	

3.4. Mesin Inferensi CF

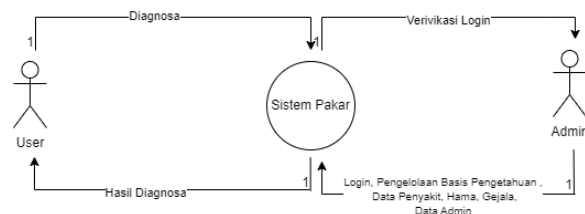
Penelitian ini menggunakan mesin inferensi *Certainty Factor*, dimana Langkah pertamanya adalah pengumpulan data penyakit dan gejala-gejala pada tanaman rumput laut, dilanjutkan dengan pemodelan pengetahuan dalam bentuk aturan-aturan berbasis pengetahuan menggunakan fungsi AND yang dapat dipahami oleh sistem pakar. Kemudian dilanjutkan dengan penggunaan teori *Certainty Factor* untuk mengintegrasikan bukti dari pakar dengan tingkat keyakinan yang bervariasi, menggabungkan bukti-bukti yang berkaitan secara konsisten, selanjutnya menggunakan algoritma *Certainty Factor* pada persamaan (1) untuk menghitung nilai keyakinan terhadap masing-masing penyakit berdasarkan tingkat kepercayaan terhadap gejala-gejala yang diamati.

3.5. Pengujian

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah metrik evaluasi yang umum digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan relatif dari suatu model peramalan. Pada tahapan ini, pengujian dilakukan oleh menggunakan persamaan (6) untuk menghitung dan mengevaluasi seberapa akurat sistem tersebut dalam melakukan diagnosis terhadap penyakit yang dialami oleh tanaman rumput laut.

3.6. Use Case Diagram

Menurut Anjani, *Use Case Diagram* adalah teknik untuk memodelkan fungsional sistem, *use case* mendeskripsikan interaksi tipikal antara para pengguna sistem dengan sistem itu sendiri.



Gambar 5. Use Case Diagram

Dari *use case diagram* diatas, dapat digambarkan sebuah sistem pakar yang terkait dengan diagnosa hama dan penyakit. Sistem ini memiliki beberapa komponen utama:

- User*, pengguna sistem dapat melakukan login untuk mengakses sistem.
- Verifikasi Login, proses verifikasi untuk memastikan bahwa pengguna memiliki hak akses untuk menggunakan sistem.
- Admin, pengelola sistem yang bertanggung jawab untuk mengelola basis pengetahuan, data penyakit, hama, gejala, dan data admin.

- d. Pengelolaan Basis Pengetahuan, komponen ini berisi basis pengetahuan yang digunakan untuk mendiagnosa penyakit dan hama.
- e. Data Penyakit, Hama, Gejala, komponen ini berisi data tentang penyakit, hama, dan gejala yang digunakan untuk mendiagnosa.
- f. Diagnosa, proses diagnosa yang menggunakan basis pengetahuan dan data penyakit, hama, gejala untuk mendiagnosa penyakit dan hama.
- g. Hasil Diagnosa, hasil dari proses diagnosa yang menunjukkan diagnosis penyakit dan hama.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Sistem

Sistem pakar diagnosa penyakit pada tanaman rumput laut menggunakan metode *certainty factor* berbasis *website* dirancang untuk menghasilkan sebuah sistem yang mampu menyediakan layanan untuk membantu Dinas Perikanan Kabupaten Kupang dalam mengontrol jenis penyakit pada tanaman rumput laut melalui perbandingan hasil antara pakar dan aplikasi. *Website* ini dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP dan MySQL sebagai database servernya.

Selanjutnya, dilakukan pengujian menggunakan rumus *certainty factor* pada persamaan (1). Terdapat 4 gejala yang diajukan oleh pakar, sebagaimana yang diakuisisi dan direpresentasikan dari pengetahuan pakar pada tabel 9 sebagai berikut:

- a. Bekas potongan pada percabangan dan ujung thallus (P1 & P2)
- b. Bekas potongan kecil pada ujung thallus (P2, P3, P4 & P8)
- c. Lambat pertumbuhan/kerdil (P5, P7 & P11)
- d. Bintik-bintik putih atau bercak-bercak merah (P3, P5 & P11)

Didapatkan delapan penyakit yang berhubungan dengan gejala berdasarkan pilihan yang diajukan oleh pakar yaitu Bulu Babi, Ikan Baronang, Siput Laut, Penyuh Hijau, *Ice-ice*, Pucuk Putih, Teritip dan Busuk Merah. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan pada masing-masing gejala yang berhubungan dengan masing-masing penyakit.

Langkah pertama yaitu menghitung nilai CF untuk mendapatkan nilai kepastian berdasarkan masing-masing gejala yang dipilih dengan menggunakan persamaan (1).

- a. Perhitungan Pada Penyakit Bulu Babi (P1)
CF (Pakar) 1. (Bekas potongan pada percabangan dan ujung thallus)

$$CF[H,E] = MB[H,E] - MD[H,E]$$

$$= 0.6 - 0.4$$

$$= 0.2$$
- b. Perhitungan Pada Penyakit Ikan Baronang (P2)
CF (Pakar) 1. (Bekas potongan pada percabangan dan ujung thallus)

$$CF[H,E] = MB[H,E] - MD[H,E]$$

$$= 0.6 - 0.4$$

$$= 0.2$$

CF (Pakar) 2. (Bekas potongan kecil pada ujung thallus)

$$CF[H,E] = MB[H,E] - MD[H,E]$$

$$= 0.9 - 0.1$$

$$= 0.8$$

Jika terdapat 2 atau lebih aturan, maka langkah selanjutnya mengkombinasikan aturan tersebut menggunakan persamaan (2). Perhitungan CF Kombinasi dari aturan sebagai berikut:

$$CF(R1,R2) = CF(R1) + [CF(R2)] \times [1 - CF(R1)]$$

$$= 0.2 + (0.8 \times (1 - 0.2))$$

$$= 0.2 + (0.8 \times 0.8)$$

$$= 0.2 + 0.64$$

$$= 0.84$$

- c. Perhitungan Pada Penyakit Siput Laut (P3)

CF (Pakar) 1. (Bekas potongan kecil pada ujung thallus)

$$CF[H,E] = MB[H,E] - MD[H,E]$$

$$= 0.9 - 0.1$$

$$= 0.8$$

CF (Pakar) 2. (Bintik-bintik putih atau bercak-bercak merah)

$$CF[H,E] = MB[H,E] - MD[H,E]$$

$$= 0.7 - 0.3$$

$$= 0.4$$

Jika terdapat 2 atau lebih aturan, maka langkah selanjutnya mengkombinasikan aturan tersebut menggunakan persamaan (2). Perhitungan CF Kombinasi dari aturan sebagai berikut:

$$CF(R1,R2) = CF(R1) + [CF(R2)] \times [1 - CF(R1)]$$

$$= 0.8 + (0.4 \times (1 - 0.8))$$

$$= 0.8 + (0.4 \times 0.2)$$

$$= 0.8 + 0.08$$

$$= 0.88$$

- d. Perhitungan Pada Penyakit Penyuh Hijau (P4)

CF (Pakar) 1. (Bekas potongan kecil pada ujung thallus)

$$CF[H,E] = MB[H,E] - MD[H,E]$$

$$= 0.9 - 0.1$$

$$= 0.8$$

- e. Perhitungan Pada Penyakit *Ice-ice* (P5)

CF (Pakar) 1. (Lambat pertumbuhan/kerdil)

$$CF[H,E] = MB[H,E] - MD[H,E]$$

$$= 0.8 - 0.2$$

$$= 0.6$$

CF (Pakar) 2. (Bintik-bintik putih atau bercak-bercak merah)

$$CF[H,E] = MB[H,E] - MD[H,E]$$

$$= 0.7 - 0.3$$

$$= 0.4$$

Jika terdapat 2 atau lebih aturan, maka langkah selanjutnya mengkombinasikan aturan tersebut menggunakan persamaan (2). Perhitungan CF Kombinasi dari aturan sebagai berikut:

$$CF(R1,R2) = CF(R1) + [CF(R2)] \times [1 - CF(R1)]$$

$$= 0.6 + (0.4 \times (1 - 0.6))$$

$$= 0.6 + (0.4 \times 0.6)$$

$$= 0.6 + 0.24$$

$$= \mathbf{0.84}$$

- f. Perhitungan Pada Penyakit Pucuk Putih (P7)
CF (Pakar) 1. (Lambat pertumbuhan/kerdil)
 $CF[H,E] = MB[H,E] - MD[H,E]$

$$= 0.8 - 0.2$$

$$= \mathbf{0.6}$$

- g. Perhitungan Pada Penyakit Teritip (P8)
CF (Pakar) 1. (Bekas potongan kecil pada ujung thallus)

$$CF[H,E] = MB[H,E] - MD[H,E]$$

$$= 0.9 - 0.1$$

$$= \mathbf{0.8}$$

- h. Perhitungan Pada Penyakit Busuk Merah (P11)
CF (Pakar) 1. (Lambat pertumbuhan/kerdil)

$$CF[H,E] = MB[H,E] - MD[H,E]$$

$$= 0.8 - 0.2$$

$$= \mathbf{0.6}$$

CF (Pakar) 2. (Bintik-bintik putih atau bercak-bercak merah)

$$CF[H,E] = MB[H,E] - MD[H,E]$$

$$= 0.7 - 0.3$$

$$= \mathbf{0.4}$$

Jika terdapat 2 atau lebih aturan, maka langkah selanjutnya mengkombinasikan aturan tersebut menggunakan persamaan (2). Perhitungan CF Kombinasi dari aturan sebagai berikut:

$$CF(R1,R2) = CF(R1) + [CF(R2)] \times [1 - CF(R1)]$$

$$= 0.6 + (0.4 \times (1 - 0.6))$$

$$= 0.6 + (0.4 \times 0.4)$$

$$= 0.6 + 0.16$$

$$= \mathbf{0.76}$$

Dilihat dari hasil yang didapatkan dari perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan penyakit yang diderita oleh tanaman rumput laut adalah Siput Laut dengan nilai keyakinan **0.88**.

4.2. Halaman Utama User

Tampilan halaman utama *website* ini berisikan menu beranda, menu diagnosa, menu bantuan, dan menu *login*. Tampilan halaman *website* ini dapat diakses oleh admin dan juga pengunjung.

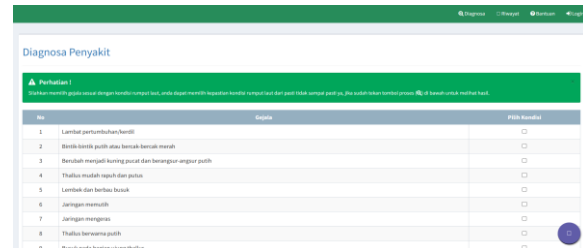


Gambar 12. Halaman Utama Website

4.3. Halaman Diagnosa

Pada halaman ini, akan ditampilkan semua jenis gejala pada tanaman rumput laut yang diakses oleh *user* untuk memilih gejala apa yang terjadi pada

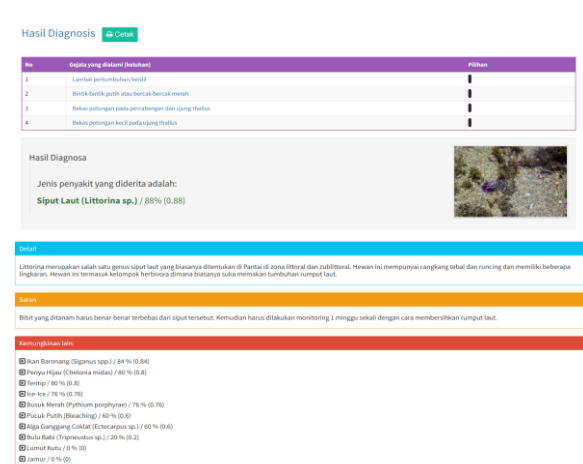
tanaman rumput laut. Pada halaman ini, pengunjung memilih gejala sesuai dengan gejala pada tanaman rumput laut, kemudian memilih tombol cek diagnosa pada bagian kanan bawah, maka aplikasi akan menampilkan jenis penyakit sesuai dengan gejala yang dipilih.



Gambar 13. Halaman Diagnosa Gejala

4.4. Halaman Tampilan Hasil Diagnosa

Pada halaman ini, sistem akan menampilkan gejala yang dipilih oleh *user*, hasil diagnosa penyakit dengan nilai persentase hasil perhitungan *certainty factor*, detail penyakit yang dialami, saran penyakit dan kemungkinan penyakit lain yang dialami oleh rumput laut.



Gambar 14. Halaman Hasil Diagnosa

4.5. Pengujian Sistem

Pengujian sistem adalah proses pengujian sistem secara menyeluruh untuk mengevaluasi kemampuan sistem. Hal ini bertujuan untuk menjamin kualitas sistem, mengurangi resiko kegagalan sistem, serta ketersediaan sistem bagi pengguna. Dalam pengujian ini, menggunakan *Mean Absolute Percentage error* (MAPE) dengan rumus pada persamaan (6) untuk menghitung persentase kesalahan dari sistem, yang memberikan informasi yang lebih detail tentang kinerja sistem dalam melakukan klasifikasi data. Dengan informasi tersebut, hasil prediksi sistem dapat dipahami secara lebih jelas.

Tabel 6. Pengujian Sistem

No	Rule	Hasil Pengujian		Penyakit
		Sistem	Pakar	
1	G10 AND G13 AND G16 AND G18	1	1	Bulu Babi
2	G04 AND G10 AND G11 AND G16	1	1	Ikan Baronang
3	G02 AND G05 AND G11 AND G13 AND G14	1	1	Siput Laut
4	G04 AND G11 AND G16	0	1	Penyu Hijau
5	G01 AND G02 AND G03 AND G05 AND G07 AND G09 AND G12 AND G15	1	1	Ice-ice
6	G05 AND G08 AND G14 AND G16 AND G17	1	1	Lumut Kutu
7	G01 AND G05 AND G06 AND G07 AND G08 AND G12 AND G15	1	1	Pucuk Putih
8	G09 AND G11 AND G14 AND G19	0	1	Teritip
9	G17 AND G20	1	1	Jamur
10	G01 AND G12 AND G21	0	1	Alga Ganggang Coklat
11	G01 AND G02 AND G04 AND G16 AND G17 AND G20	1	1	Busuk Merah

Hasil pengujian sistem yang ditampilkan pada Tabel 10 menunjukkan adanya kesalahan deteksi pada 3 jenis penyakit yaitu penyakit Penyu Hijau, Teritip dan Alga Ganggang Coklat. Untuk mengukur Tingkat kesalahan pada sistem ini, dilakukan pengujian menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai berikut:

$$Mape = \frac{3}{11} \times \left(\frac{0-1}{1} \right) \times 100\%$$

$$Mape = \frac{3}{11} \times 1 \times 100\%$$

$$Mape = 0.27 \times 100\%$$

$$Mape = 27\%$$

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan rumus *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pada persamaan (6), diperoleh tingkat kesalahan sebesar 27%. Tingkat kesalahan tersebut mengindikasikan bahwa kinerja sistem berada dalam kategori cukup baik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem ini dapat beroperasi sesuai yang diharapkan, menunjukkan keandalannya dalam menjalankan fungsi-fungsi yang telah dirancang.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pakar untuk mendiagnosa penyakit pada tanaman rumput laut dengan metode *certainty factor* berhasil diimplementasikan. Dari 11 jenis penyakit yang diuji, terdapat kesalahan pada 3 jenis penyakit, yaitu penyakit penyu hijau, teritip dan alga ganggang coklat. Untuk mengukur tingkat kesalahan, dilakukan pengujian menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), yang menunjukkan tingkat kesalahan sebesar 27%.

Adapun saran dalam penelitian ini adalah pengembangan lebih lanjut ke dalam sistem berbasis *android* dan menyediakan sistem secara *online*. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kemudahan aksesibilitas terhadap sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adellia, D., Siregar, A.C., Alkadri, S.P.A., 2022. Penerapan Metode *Certainty Factor* pada Sistem Pakar Diagnosa Hama dan Penyakit pada Tanaman Tomat.
- [2] Arfian, D.M. dan Rijati, N., 2017. Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Hama dan Penyakit pada Tanaman Budidaya Rumput Laut Jenis *Euchaheuma Cottoni* Menggunakan Metode *Forward Chaining*.
- [3] Chaerunnisa, N., Lestari, P., dan Darwis, H. 2021. Diagnosa Penyakit Tanaman Rumput Laut Menggunakan Metode *Certainty Factor* Berbasis Web (Studi Kasus di Desa Wanabaru Kab. Pangkep).
- [4] Chandra, S., Ytinus, Y., Sumijan, 2020. Sistem Pakar Menggunakan Metode *Certainty Factor* untuk Estetika Kulit Wanita dalam Menjaga Kesehatan.
- [5] Dinas Perikanan, 2023. Data Statistik Perikanan Budidaya Provinsi Nusa Tenggara Timur Tahun Anggaran 2019-2022.
- [6] Irawan, M. D., 2018. Rancang bangun sistem pakar mendiagnosa penyakit tanaman kelapa sawit menggunakan metode Bayes berbasis Android.
- [7] Kirana, C., Pradana, H.A. dan Sulaiman, R., 2019, *Intestine Disease Diagnosis System Using Certainty Factor Method*.
- [8] Kusumadewi, S., 2008, Buku *Penerapan Sistem Pakar dan Pengimplementasian*. Jakarta
- [9] Nasution, Hakim, Prasetyawan, 2008, Buku *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Yogyakarta: Graha Ilmu
- [10] Saputra, S. A. (2021). Karakteristik dan Kualitas Mutu Karaginan Rumput Laut di Indonesia (Skripsi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry)
- [11] Simon, H. A., 1969. Buku *The Sciences of the Artificial (1st ed.)*. Cambridge, MA: MIT Press.