



Klasifikasi Tanaman Pinus Berbasis Forward Chaining Pada Sistem Pakar

1st Satria Imawan Adi Putra Pande¹, 2nd Putu Ony Andewi², 3th Gede Arya Ardivan Pratama Saputra³, 4th I Gd Ny Werdyana Guna Mertha⁴, 5th Agus Aan Jiwa Permana⁵

Teknik Informatika, Universitas Pendidikan Ganesha^{1,2,3,4,5}

e-mail: satria.imawan@undiksha.ac.id, ony@undiksha.ac.id, arya.ardivan@undiksha.ac.id, ny@undiksha.ac.id, agus.aan@undiksha.ac.id

Article Info

Article History:

Received: April 14,
2024 Revised: July 12,
2024 Accepted: August
02, 2024

Keywords:

Plant Classification,
Expert System,
Forward Chaining,
Prolog,
Artificial Intelligence.

ABSTRACT

This research explores the application of Artificial Intelligence (AI) technology in the taxonomic classification of pine plants. A forward-chaining expert system using the Prolog programming language is implemented to simplify the complex identification of pine plants. Pineaceae, the family of pine plants, plays a significant ecological and economic role, but the extensive species distribution poses challenges in forest management and sustainability. The research method involves problem analysis, data collection, CNF rule design, Prolog implementation, and evaluation. The results show that the system can classify pine plants with high accuracy. The conclusion of this research affirms the success of developing a forward-chaining expert system with Prolog in the taxonomic classification of pine plants.

Informasi Artikel

Kata Kunci:

Klasifikasi Tanaman,
Sistem Pakar,
Forward Chaining,
Prolog,
Kecerdasan Buatan.

ABSTRAK

Penelitian ini menggali penerapan teknologi Kecerdasan Buatan (AI) dalam klasifikasi taksonomi tanaman pinus. Sistem pakar berbasis forward chaining dengan menggunakan bahasa pemrograman Prolog diimplementasikan untuk menyederhanakan identifikasi tanaman pinus yang kompleks. Pineaceae, keluarga tanaman pinus, memiliki peran ekologis dan ekonomis signifikan, tetapi distribusi spesies yang luas menimbulkan tantangan dalam manajemen hutan dan keberlanjutan. Metode penelitian melibatkan analisis masalah, pengumpulan data, desain rule dalam CNF, implementasi Prolog, dan evaluasi. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem dapat mengklasifikasikan tanaman pinus dengan tingkat akurasi yang tinggi. Simpulan penelitian ini menegaskan keberhasilan pengembangan sistem pakar berbasis forward chaining dengan Prolog dalam klasifikasi taksonomi tanaman pinus.

Publishing Info

Copyright © 2021 The Author(s). Published by Jurnal Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Bali, Indonesia. This is an open access article licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

✉ **Corresponding Author:** (1) Satria Imawan Adi Putra Pande, etc (2) Fakultas Teknik dan Kejuruan, (3) Teknik Informatika, (4) Jln. Udayana No. 11, Singaraja, 81116, Indonesia, (5) Email: satria.imawan@undiksha.ac.id

1. Pendahuluan

Salah satu topik penelitian yang menarik dalam dunia ilmu pengetahuan dan teknologi yang terus berkembang adalah penggunaan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*). Penyebutan kecerdasan buatan mengingatkan kita pada superkomputer, komputer dengan kemampuan pemrosesan yang luar biasa, termasuk perilaku adaptif seperti penyertaan sensor dan kemampuan lainnya yang mungkin memiliki kognisi dan kemampuan fungsional seperti manusia (Chen dkk., 2020). Beberapa contoh penerapan *Artificial Intelligence* (AI) dalam berbagai aspek kehidupan yaitu pengenalan gambar, penerjemah bahasa otomatis, sistem pakar, dan lain sebagainya. Dalam penerapannya, sistem pakar menjadi salah satu contoh yang menonjol dalam penggunaan teknologi AI. Sistem pakar merupakan suatu aplikasi komputerisasi yang berusaha meniru proses penalaran dari seorang ahli dalam memecahkan masalah spesifik dan membuat suatu keputusan atau kesimpulan karena pengetahuannya disimpan didalam basis pengetahuan untuk diproses pemecahan masalah (Muafi dkk., 2020). Implementasi sistem pakar dilakukan untuk meniru kemampuan penalaran dan pengambilan keputusan manusia dalam suatu domain tertentu. Sistem ini menggunakan pengetahuan pakar dan aturan-aturan yang telah ditetapkan untuk memberikan solusi atau rekomendasi dalam penyelesaian masalah kompleks di bidang spesifik.

Dalam ilmu botani, klasifikasi tanaman adalah komponen penting yang membantu pelestarian dan pengembangan spesies tanaman. Penelitian ini berfokus pada penerapan sistem pakar berbasis taksonomi untuk klasifikasi tanaman pinus, yang merupakan salah satu genus tanaman yang memiliki peran ekologis dan ekonomis yang signifikan dengan menggunakan pendekatan taksonomi yang terstruktur dan sistematis. Proses klasifikasi makhluk hidup atau taksonomi dimulai dengan mengelompokkan beberapa individu yang memiliki persamaan ciri ke dalam satu kelompok. Kelompok-kelompok yang terbentuk dari hasil pengklasifikasian makhluk hidup tersebut disebut takson. Takson pada tingkat yang lebih rendah memiliki persamaan sifat dan ciri yang lebih banyak, sedangkan takson pada tingkat yang lebih tinggi memiliki persamaan sifat dan ciri yang lebih sedikit (A.Desiani, 2016). Takson diambil dari nama kelompok klasifikasi (jamak-taksa). Ilmu yang mempelajari tata cara pengelompokan disebut taksonomi. Taksonomi termasuk dalam cabang biologi yang menelaah penamaan, perincian, dan pengelompokan makhluk hidup dengan persamaan dan perbedaan sifatnya. Taksonomi memberikan dasar untuk mengatur dan memahami keanekaragaman hayati, termasuk pada tanaman pinus.

Tanaman pinus merupakan salah satu jenis tumbuhan yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak digunakan dalam berbagai industri. Pohon pinus termasuk dalam famili *Pinaceae* memiliki sebaran yang luas mulai dari bumi belahan utara hingga selatan dan mencakup hampir 120 spesies (Vera Melinda, 2022). Pohon ini mampu tumbuh di berbagai jenis tanah dan iklim, sehingga mampu menjadi penopang keanekaragaman hayati di berbagai wilayah. Selain itu, pohon pinus juga berperan dalam siklus air dan menjaga kualitas tanah. Penyebaran yang luas dari berbagai spesies pinus menimbulkan tantangan, terutama dalam keberlanjutan dan manajemen hutan. Pengelolaan yang tidak tepat dapat mengakibatkan masalah, seperti kebakaran hutan dan perubahan ekosistem yang merugikan.

Dalam hal ini, masalah yang dihadapi dalam klasifikasi tanaman pinus yaitu pada kompleksitas variasi morfologi dan genetik di antara spesies yang berbeda. Identifikasi manual pada jumlah spesies yang besar sangat rumit dilakukan dan akan memakan waktu yang banyak. Dengan demikian, diperlukan adanya implementasi sistem pakar untuk

menyederhanakan dan mempercepat proses identifikasi tanaman pinus melalui pendekatan yang sistematis dan efisien.

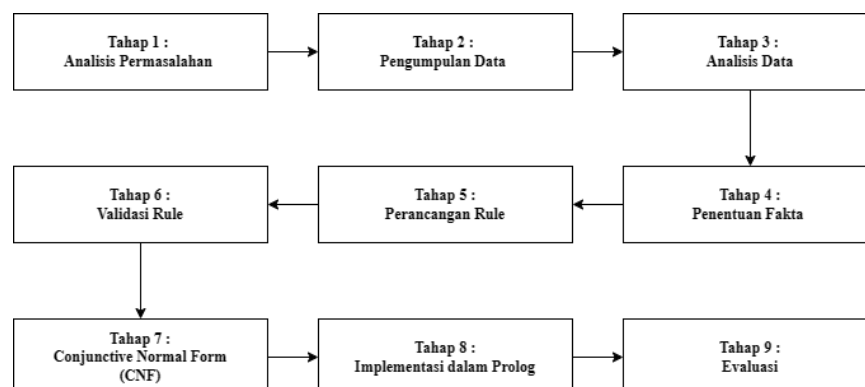
Peneliti ingin mengimplementasikan sistem pakar untuk klasifikasi taksonomi tanaman pinus menggunakan inferensi *forward chaining* berbasis prolog yang mengarah pada pemanfaatan kecerdasan buatan untuk mengatasi kompleksitas mengidentifikasi tanaman pinus. Cara kerja dari metode *forward chaining* ini dimulai dengan memasukkan sekumpulan fakta yang diketahui ke dalam memori kerja (*working memory*) yang berupa fungsi-fungsi untuk menjalankan *forward chaining* itu sendiri, kemudian menurunkan fakta baru berdasarkan aturan yang premisnya cocok dengan fakta yang diketahui untuk menghasilkan suatu kesimpulan (Kusbiyanto dkk., 2017).

Dengan inferensi *forward chaining*, sistem dapat secara otomatis menganalisis karakteristik morfologi dan genetik dari tanaman pinus berdasarkan taksonomi yang telah terdefinisi. Proses implementasi sistem pakar berbasis prolog karena prolog memiliki kemampuan deklaratif dan menyediakan kerangka kerja yang fleksibel. Prolog (*Programming in Logic*) dibangun atas dasar pemrograman alamiah dan logika yang didasarkan pada deklarasi fakta dan aturan (*rule*). Prolog merupakan bahasa deklaratif, artinya jika kita memberikan fakta dan aturan, prolog akan menyelesaikan secara deduktif, atau dari banyak fakta dan aturan kemudian diturunkan kesimpulan sebagai jawaban (Sucipto & Sridiyatmiko, 2019). Prolog dapat diperbarui dan dikembangkan dengan mudah sesuai perkembangan pengetahuan taksonomi tanaman pinus. Dalam prolog tidak terdapat prosedur, melainkan hanya tampilan data-data objek (fakta) yang diolah dengan relasi antar objek yang membentuk suatu aturan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem yang mampu mengklasifikasikan dengan tingkat akurasi yang tinggi berbagai spesies tanaman pinus, sehingga dapat bermanfaat bagi para peneliti, praktisi, dalang, dan orang-orang yang bekerja dengan tanaman pinus.

2. Metode

Dalam pembuatan sistem pakar untuk klasifikasi tanaman pinus berbasis taksonomi ini menggunakan metode *Forward Chaining* yang tahapan-tahapannya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



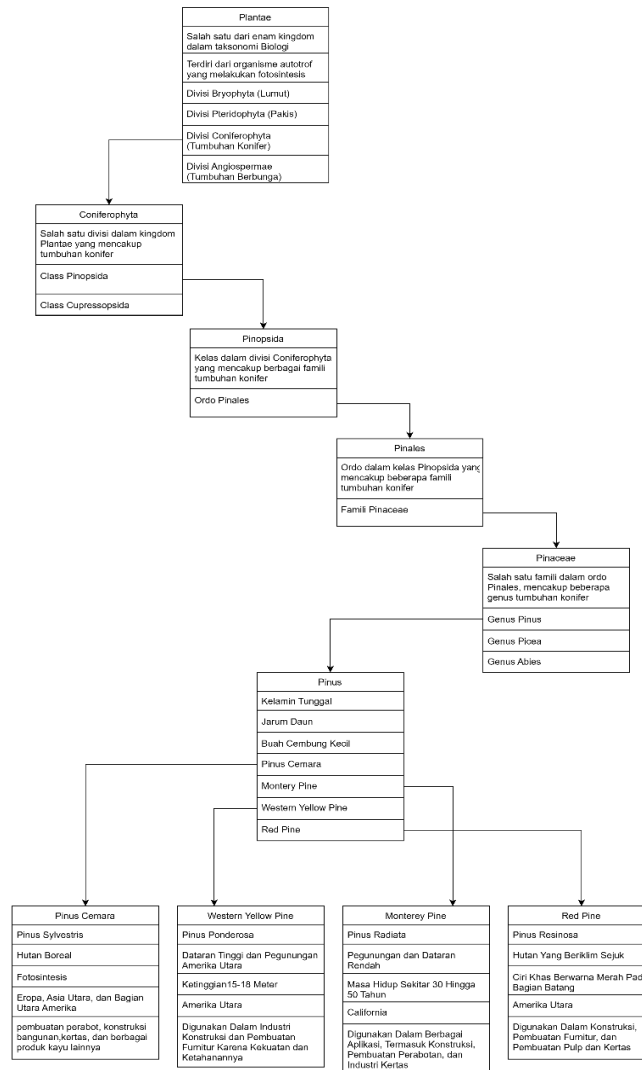
Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahapan 1: Analisis Permasalahan

Tanaman pinus merupakan salah sebuah genus pohon konifer yang memiliki peran ekologis dan ekonomis yang signifikan. Pohon ini mampu tumbuh di berbagai jenis tanah dan iklim, sehingga mampu menjadi penopang keanekaragaman hayati di berbagai wilayah. Tanaman pinus sendiri memiliki banyak spesies dan morfologi yang sulit untuk diidentifikasi secara manual. Seperti halnya dalam perbedaan ciri-ciri pada bentuk daun, klasifikasi, taksonomi, dan lain sebagainya yang sulit untuk diidentifikasi secara akurat oleh manusia.

Tahapan 2: Pengumpulan Data

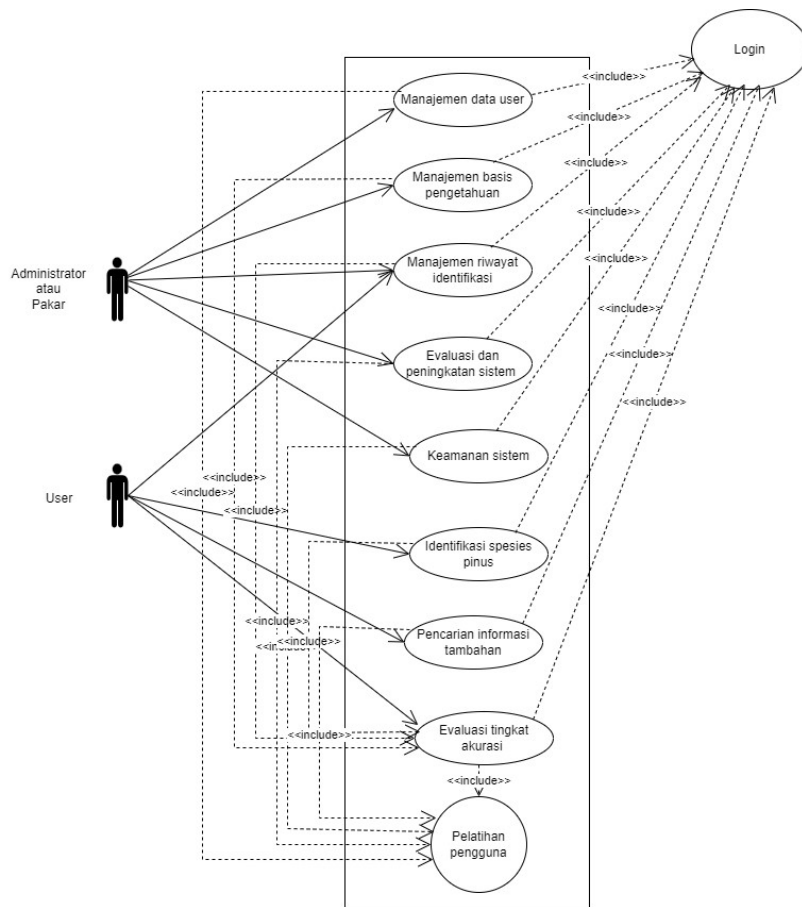
Pengumpulan data merupakan tahapan kritis dalam penelitian untuk mendukung proses analisis dan pengembangan sistem pakar berbasis Forward Chaining untuk klasifikasi tanaman Pinus. Berikut adalah penjelasan mengenai tahapan pengumpulan data dari taksonomi tumbuhan pinus :



Gambar 2. Taksonomi Tumbuhan Pinus

Perancangan Use Case

Pada perancangan *use case* diagram ini, ada dua *actor* yang berinteraksi dengan sistem pakar yakni *user* dan *administrator*. Pada bagian *user* ini, mereka dapat memanajemen riwayat identifikasi, mengidentifikasi spesies pinus, mencari informasi tambahan, dan mengevaluasi tingkat akurasi. Kemudian pada sisi *administrator* mereka dapat melakukan manajemen data user, memanajemen basis pengetahuan, memanajemen riwayat identifikasi, mengevaluasi dan peningkatan sistem, dan mereka juga bisa meningkatkan atau menjaga keamanan sistem.



Gambar 3. Use Case prototype

Tahapan 3: Analisis Data

Analisis data untuk klasifikasi tanaman pinus melibatkan pemahaman mendalam terhadap informasi yang telah dikumpulkan dari pakar sebelumnya dengan melihat pola-pola dan hubungan antar ciri morfologi untuk dapat mengidentifikasi perbedaan tanaman pinus. Analisis data untuk klasifikasi tanaman pinus berbasis forward chaining pada sistem pakar melibatkan beberapa langkah berikut:

1. Pengumpulan data
Data yang dikumpulkan untuk analisis data terdiri dari informasi tentang ciri-ciri morfologi tanaman pinus. Data ini dapat diperoleh dari berbagai sumber, seperti literatur, jurnal, atau hasil pengamatan langsung.
2. Pembentukan basis pengetahuan
Basis pengetahuan adalah kumpulan aturan yang digunakan untuk melakukan inferensi dalam sistem pakar. Basis pengetahuan untuk klasifikasi tanaman pinus berisi aturan-aturan yang menghubungkan antara ciri-ciri morfologi tanaman pinus dengan jenis tanaman pinus.
3. Pengujian basis pengetahuan
Pengujian basis pengetahuan dilakukan untuk memastikan bahwa basis pengetahuan tersebut dapat menghasilkan klasifikasi yang akurat.

Pengujian dapat dilakukan dengan menggunakan data uji yang belum diketahui jenisnya.

Tahapan 4: Penentuan Fakta

Adapun fakta-fakta yang diperlukan untuk melakukan klasifikasi tanaman pinus dapat diperoleh dari berbagai sumber, antara lain:

1. Data primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari objek penelitian, yaitu tanaman pinus. Data primer dapat diperoleh melalui pengamatan langsung, wawancara, dan survei.
2. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari sumber lain, seperti literatur, jurnal, atau database.

Fakta-fakta yang diperoleh dari kedua sumber tersebut kemudian dianalisis untuk menentukan fakta-fakta yang relevan untuk dilakukan klasifikasi. Fakta-fakta yang relevan adalah fakta-fakta yang dapat digunakan untuk membedakan satu jenis tanaman pinus dengan jenis tanaman pinus lainnya.

Berikut adalah beberapa fakta yang dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi tanaman pinus:

1. Morfologi, yaitu ciri-ciri fisik tanaman pinus, seperti bentuk batang, daun, dan buah.
2. Ekologi, yaitu habitat dan kondisi lingkungan tempat tumbuh tanaman pinus.
3. Biologi, yaitu proses kehidupan tanaman pinus, seperti proses reproduksi dan pertumbuhan.

Tahapan 5: Perancangan Rule

Tahapan perancangan merupakan proses untuk memodelkan data yang dikumpulkan pada tahap identifikasi masalah dan akuisisi pengetahuan kebentuk yang mudah dimengerti. Perancangan pada penelitian ini terdiri dari perancangan representasi pengetahuan, Use Case, dan Diagram Activity (Hairani M. N., 2019).

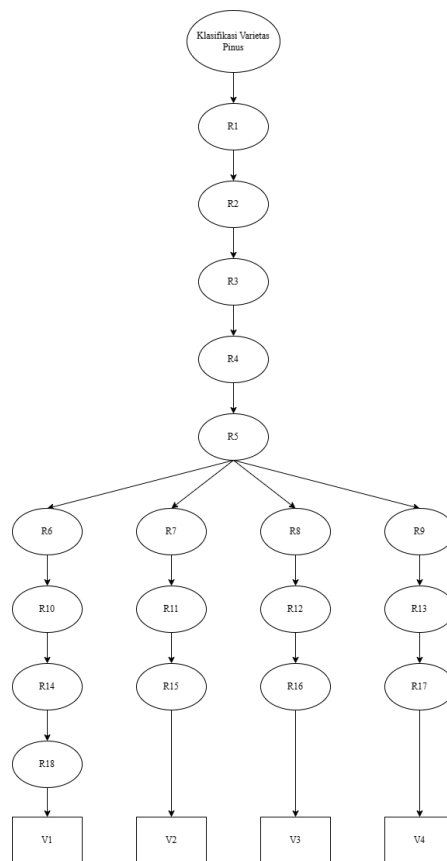
Tabel 1. Tabel Keterangan

Kode Gejala	Deskripsi
R1	Kindom plantae, memiliki daun, batang, akar
R2	Memiliki biji
R3	Berbiji tunggal, tumbuhan konifer (berbiji terbuka)
R4	Daun berbentuk jarum, biji cembung kecil
R5	Akar tunggang
R6	Tumbuh di hutan Boreal
R7	Tumbuh di dataran tinggi, pegunungan Amerika Utara
R8	Tumbuh di pegunungan, dataran rendah
R9	Tumbuh di hutan yang beriklim sejuk

R10	Berfotosintesis
R11	Memiliki ketinggian 15-18 meter
R12	Masa hidup sekitar 30-50 tahun
R13	Berwarna merah pada bagian batang
R14	Eropa, Asia Utara
R15	Amerika Utara
R16	California

Tabel 2. Tabel Keterangan Varietas Pinus

Kode	Varietas Pinus
V1	Pinus cemara
V2	Western yellow pine
V3	Monterey pine
V4	Red pine



Gambar 5. Pohon Keputusan

Tahapan 6: Validasi Rule

Berikut merupakan validasi rule berdasarkan tabel 1 dan tabel 2 serta pohon keputusan yang telah dibuat sebelumnya:

Tabel 3. Tabel Keputusan

Kode Gejala	V1	V2	V3	V4
R1	*	*	*	*
R2	*	*	*	*
R3	*	*	*	*
R4	*	*	*	*
R5	*	*	*	*
R6	*			
R7		*		
R8			*	
R9				*
R10	*			
R11		*		
R12			*	
R13				*
R14	*			
R15	*	*		*
R16			*	

Tahapan 7: *Conjunctive Normal Form* (CNF)

Inferensi pada logika proposisi dapat dilakukan menggunakan resolusi. Resolusi adalah suatu aturan untuk melakukan inferensi yang dapat berjalan secara efisien dalam suatu bentuk khusus. Bentuk khusus pada resolusi adalah *Conjunctive Normal Form* (CNF). Kalimat yang ditulis menggunakan logika proposisi dapat dikonversi ke bentuk CNF (Hairani, 2022). Mesin inferensi meliputi perancangan aturan-aturan yang digunakan dalam proses logika sistem pakar (Fransiskus Bayu Septiadi, 2018). Kombinasi aturan-aturan tersebut akan menentukan hasil identifikasi berupa varietas tanaman pinus.

Tahapan 8: Implementasi Penjelasan ke Prolog

Prolog merupakan bahasa deklaratif, artinya jika kita memberikan fakta dan aturan, prolog akan menyelesaikan secara deduktif, atau dari banyak fakta dan aturan kemudian diturunkan kesimpulan sebagai jawaban (Sucipto & Sridiyatmiko, 2019).

Tahapan 9: Evaluasi

Tahapan ini dilakukan untuk mengukur keberhasilan sistem klasifikasi tanaman Pinus berbasis *Forward Chaining*. Evaluasi mencakup:

1. Akurasi Klasifikasi

Menilai sejauh mana sistem mampu mengklasifikasikan tanaman Pinus

- secara benar berdasarkan aturan yang telah diterapkan.
2. **Performa Waktu dan memori**
Mengukur efisiensi waktu dan penggunaan memori sistem, memastikan responsifitas dan penggunaan sumber daya yang optimal.
 3. **Validitas dan Konsistensi Rule**
Memeriksa kevalidan dan konsistensi aturan-aturan yang dirancang, memastikan hasil klasifikasi yang konsisten.
 4. **Responsifitas Terhadap Data Baru**
Menguji kemampuan sistem dalam mengklasifikasikan data baru yang belum pernah ditemui sebelumnya.
 5. **Feedback dari Pakar Tanaman**
Menerima masukan dari ahli tanaman untuk mengevaluasi keakuratan dan relevansi klasifikasi sistem.
 6. **Kemudahan *User***
Menilai tingkat kemudahan penggunaan sistem, termasuk antarmuka pengguna dan proses penggunaan.

Evaluasi dapat dilakukan dengan menggunakan metrik-metrik yang sesuai dengan karakteristik sistem yang dikembangkan. Hasil evaluasi ini akan menjadi dasar untuk melakukan perbaikan atau pengembangan lebih lanjut pada sistem agar dapat mencapai kinerja dan kehandalan yang optimal.

1. Hasil dan Pembahasan

1.1 Implementasi Rule

Berikut merupakan implementasi rule berdasarkan uraian sebelumnya:

Conjunctive Normal Form (CNF)

R1: Memiliki daun A memiliki batang A memiliki akar

R3: Berbiji tunggal A tumbuhan konifer

R4: Daun berbentuk jarum A biji cembung kecil

R5: Hidup di dataran tinggi A fotosintesis A tumbuh di Eropa \vee tumbuh di Asia Utara \vee tumbuh di Utara Amerika

R6: Hidup di dataran tinggi A fotosintesis A tumbuh di Eropa \vee tumbuh di Asia Utara \vee tumbuh di Utara Amerika A pegunungan A ciri khas ketinggian 15-18 meter A Amerika Utara

R7: Hidup di dataran tinggi A fotosintesis A tumbuh di Eropa \vee tumbuh di Asia Utara \vee tumbuh di Utara Amerika A dataran rendah A masa hidup sekitar 30-50 tahun A California

R8: Hutan A sejuk A berwarna merah pada bagian batang A Amerika Utara

R9: \neg Memiliki daun \vee memiliki batang \vee memiliki akar \vee kingdom plantae

1.2 Inferensi

Sistem pakar menggunakan informasi yang telah diketahui untuk menghasilkan informasi baru melalui proses yang dikenal sebagai iterasi. Dalam

sistem pakar, modul yang disebut mesin inferensi melakukan proses inferensi. *Inferensi Engine* melakukan hal-hal berikut:

- a. Memberikan pertanyaan kepada pengguna;
- b. Menambah jawaban pada *working memory*;
- c. Menambahkan fakta baru dari suatu aturan/rule (hasil inferensi);
- d. Menambahkan fakta baru tersebut ke *working memory*; dan
- e. Mencocokkan fakta pada *working memory* dengan aturan/rule.

Secara umum dalam inferensi penalaran maju (*Forward Chaining*) aturan (*rule*) akan diuji satu persatu dalam urutan tertentu. Saat tiap aturan diuji, sistem akan mengevaluasi apakah kondisi benar atau salah. Dengan kata lain, penalaran dimulai dari fakta terlebih dahulu untuk menguji hipotesis. *Forward chaining* adalah data *driven* karena inferensi dimulai dengan informasi yang tersedia dan kemudian konklusi akan diperoleh.

Pada sistem pakar umumnya metode penalaran atau mesin inferensi tersebut diimplementasikan dalam bentuk baris-baris coding dalam bahasa pemrograman tertentu. Maka sudah dapat diperkirakan bahwa sistem pakar dengan beberapa *knowledge* hanya dapat diisi beberapa kepakaran yang memiliki teknik inferensi yang sama dan memiliki struktur *knowledge base* yang sama.

1.3 Implementasi pada Prolog

```
% Fakta dasar tentang tumbuhan pinus
memiliki(daun).
memiliki(batang).
memiliki(akar).
memiliki(biji).
berbiji(tunggal).
tumbuhan(konifer).
daun(jarum).
biji(cembung_kecil).
akar(tunggang).
hidup(dataran_tinggi).
fotosintesis.
tumbuh(eropa).
tumbuh(asia_utara).
tumbuh(utara_amerika).
pegunungan.
ciri_khas(ketinggian_15_18_meter).
dataran(rendah).
masa_hidup(sekitar_30_50_tahun).
hutan.
sejuk.
berwarna(merah).
```

Fakta dasar termasuk struktur tanaman, lingkungan tumbuh, dan ciri-ciri khusus, seperti daun jarum, biji tunggal, dan kemampuan tumbuh di pegunungan. *Forward chaining* digunakan untuk membuat inferensi tentang

jenis tanaman berdasarkan fakta-fakta yang diberikan, memungkinkan identifikasi tanaman sebagai pinus jika memiliki sebagian besar karakteristik yang sesuai, seperti tumbuh di dataran tinggi, melakukan fotosintesis, dan memiliki ketinggian tertentu.

```
% Taksonomi tumbuhan pinus
kingdom(plantae) :- memiliki(daun),
memiliki(batang), memiliki(akar).
divisi(ceniferopytha) :- memiliki(biji).
sub_divisi(pinopsida) :- berbiji(tunggal),
tumbuhan(konifer).
kelas(pinales) :- daun(jarum), biji(cembung_kecil),
akar(tunggang).
famili(pinaceae) :- berbiji(tunggal),
tumbuhan(konifer), daun(jarum), biji(cembung_kecil).
genus(pinus) :- kelas(pinales),
hidup(dataran_tinggi), fotosintesis, (tumbuh(eropa);
tumbuh(asia_utara); tumbuh(utara_amerika)).
```

Dalam taksonomi tumbuhan pinus, diklasifikasikan sebagai kingdom Plantae dengan berbagai atribut termasuk berbiji tunggal, tumbuhan konifer, memiliki daun jarum, biji cembung kecil, dan hidup di dataran tinggi, serta dapat tumbuh di wilayah Eropa, Asia Utara, atau Utara Amerika dalam genus Pinus.

```
% Varietas tumbuhan pinus
spesies(pinus_cemara) :- genus(pinus),
hidup(dataran_tinggi), fotosintesis, (tumbuh(eropa);
tumbuh(asia_utara); tumbuh(utara_amerika)).
spesies(western_yellow_pine) :-
spesies(pinus_cemara), pegunungan,
ciri_khas(ketinggian_15_18_meter),
tumbuh(utara_amerika).
spesies(monterey_pine) :- spesies(pinus_cemara),
dataran(rendah), masa_hidup(sekitar_30_50_tahun),
tumbuh(california).
spesies(red_pine) :- hutan, sejuk, berwarna(merah),
tumbuh(utara_amerika).
iklim(tropis).
iklim(dingin).
warna_batang(merah).
warna_batang(coklat).
tinggi_pohon(rendah).
tinggi_pohon(sedang).
tinggi_pohon(tinggi).
```

Dalam klasifikasi varietas tumbuhan pinus, terdapat beberapa spesies seperti pinus cemara, western yellow pine, monterey pine, dan red pine, dengan atribut-atribut spesifik seperti tumbuh di dataran tinggi, ciri khas ketinggian 15-

18 meter, tumbuh di pegunungan atau dataran rendah, masa hidup sekitar 30-50 tahun, tumbuh di wilayah tertentu seperti California atau Utara Amerika, serta karakteristik hutan, iklim tropis, iklim dingin, warna batang merah atau coklat, dan tinggi pohon rendah, sedang, atau tinggi.

```
% Aturan tambahan untuk menentukan karakteristik
pinus
warna_batang_pinus(X) :- warna_batang(X), (X =
merah; X = coklat).
tinggi_pohon_pinus(X) :- tinggi_pohon(X), (X =
rendah; X = sedang; X = tinggi).
% Aturan untuk menentukan apakah pinus bisa hidup di
iklim tertentu
bisa_hidup_di_iklim(pinus, X) :- iklim(X), (X =
tropis -> false; true).
% Aturan untuk menentukan apakah pinus hidup di
dataran tinggi
hidup_di_dataran_tinggi(pinus) :-
hidup(dataran_tinggi).
% Aturan untuk menentukan apakah pinus bisa hidup di
benua tertentu
bisa_hidup_di_benua(pinus, X) :- (X = asia; X =
amerika; X = eropa), (tumbuh(X); true).
% Aturan untuk menentukan apakah pinus memiliki biji
cembung kecil
memiliki_biji_cembung_kecil(pinus) :-
biji(cembung_kecil).
% Aturan untuk menentukan apakah pinus berbiji
tunggal
berbiji_tunggal(pinus) :- berbiji(tunggal).
% Aturan untuk menentukan apakah pinus berakar
tunggang
berakar_tunggang(pinus) :- akar(tunggang).
% Aturan untuk menentukan apakah pinus memiliki daun
berbentuk jarum
memiliki_daun_jarum(pinus) :- daun(jarum).
```

Aturan tambahan untuk menentukan karakteristik tanaman pinus melibatkan atribut warna batang, tinggi pohon, kemampuan hidup di iklim tertentu, keberadaan di dataran tinggi, adaptasi terhadap benua tertentu, memiliki biji cembung kecil, berbiji tunggal, berakar tunggang, dan memiliki daun berbentuk jarum. Aturan-aturan ini memungkinkan penentuan sifat-sifat spesifik dari varietas tanaman pinus berdasarkan kondisi dan ciri-ciri tertentu.

2. Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem telah mampu dikembangkan dan dapat memberikan hasil klasifikasi dari tanaman pinus sebagai solusi dari permasalahan yang dihadapi.
2. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa semakin banyak fakta dan rule yang dapat dibentuk pada prolog maka hasil yang dikeluarkan sebagai *output* akan semakin baik dan akurat.

4.2 Saran

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan terdapat beberapa hal yang ingin disarankan antara lain:

1. Sistem yang dibangun masih bersifat *stand alone*, dan dirasa perlu nantinya dapat dikembangkan menjadi berbasis web atau dalam bentuk aplikasi mobile untuk dapat digunakan secara online.

Daftar Pustaka

- A.Desiani, F. S. (2016). A Reasoning Technique for Taxonomy Expert System of Living Organisms. *Annual Research Seminar* , 272-276.
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial Intelligence in Education. *IEEE Access*, 75264–75278.
- Fransiskus Bayu Septiadi, D. T. (2018). Aplikasi Mobile Sistem Pakar Untuk Identifikasi Serangga Ordo Coleoptera Dengan Metode Forward Chaining. *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, 35-43.
- Hairani, M. N. (2019). Perancangan Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Rematik Menggunakan Inferensi Forward Chaining Berbasis Prolog. *InfoTekJar : Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan* , 6-13.
- Hairani, S. M. (2022). *Modul Pembelajaran Kecerdasan Buatan*. Mataram: Universitas Bumigora.
- Kusbianto, D., Ardiansyah, R., & Alwan Hamadi, D. (2017). Implementasi Sistem Pakar Forward Chaining. *Jurnal Informatika Polinema*, 71-80.
- Muafi, M., Wijaya, A., & Aziz, V. A. (2020). Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Mata Pada Manusia Menggunakan Metode Forward Chaining. *Jurnal Kecerdasan Buatan, Komputasi dan Teknologi Informasi*, 43-49.
- Sucipto, J. A., & Sridiyatmiko, G. (2019). Sistem Pakar Pencarian Silsilah Keluarga Menggunakan Pemrograman Prolog Dwi Retnoningsih. *Historical Studies Journal*, 10-17.

Vera Melinda, R. A. (2022). Analisis Morfologi Pinus (Pinus Merkusii Jungh. Et De Vriese) Studi Kasus: Lut Tawar dan Linge, Aceh Tengah. *JURNAL ILMIAH MAHASISWA PERTANIAN*, 796-804.

Wibisono, A. M., & Sari, B. N. (2022). Sistem Pakar Penentu Profil Risiko Investasi. *Journal of Information System*, 79-89.