

Penerapan Heteroassociative Memory Network pada Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Ikan Cupang

David

Program Studi Teknik Informatika
STMIK Pontianak
Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia
e-mail: ¹david@stmikpontianak.ac.id

Abstrak

Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Ikan Cupang Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Heteroassociative Memory Network merupakan aplikasi yang dikembangkan untuk membantu dalam diagnosis penyakit ikan cupang. Ikan Cupang adalah ikan hias yang populer dan rentan terhadap berbagai penyakit yang mempengaruhi kesehatan. Sistem pakar ini bertujuan untuk memberikan solusi dalam mengidentifikasi penyakit pada ikan cupang berdasarkan gejala yang diamati. Metode yang digunakan dalam sistem pakar ini adalah jaringan saraf tiruan (JST), yang menggunakan prinsip struktural dan fungsional dari jaringan saraf manusia. Heteroassociative Memory dilatih menggunakan kumpulan data yang terdiri dari gejala yang diamati dan penyakit yang didiagnosis sebelumnya pada ikan cupang. Tujuan dari proses pelatihan Heteroassociative Memory adalah mempelajari pola kompleks dari data sehingga Heteroassociative Memory dapat memetakan hubungan antara gejala dan penyakit. Sistem pakar ini memungkinkan pengguna untuk menginput gejala yang diamati pada ikan cupang, dan dengan menggunakan forward chaining dan Heteroassociative Memory, sistem dapat membuat kemungkinan diagnosis penyakit yang mungkin terjadi, mengidentifikasi penyakit dengan cepat dan mengambil tindakan yang tepat untuk merawat ikan cupang. Kelebihan dari sistem pakar ini adalah kemampuannya untuk memproses pola yang kompleks dan menemukan hubungan yang tidak terlihat antara gejala dan penyakit. Dengan menggunakan Heteroassociative Memory, sistem pakar ini dapat memberikan diagnosis yang akurat dan andal.

Kata kunci: Sistem pakar, ikan cupang, forward chaining, Heteroassociative Memory

Abstract

Artificial Neural Network-Based Expert System for Betta Fish Disease Diagnosis An application called Heteroassociative Memory Network was created to help in betta fish sickness diagnostics. Betta fish are common ornamental fish that are prone to a number of illnesses that have a negative impact on health. Based on the observable symptoms, the expert system seeks to identify ailments in betta fish. An artificial neural network (ANN), which exploits the structural and functional principles of the human neural network, is the technique employed in this expert system. With the help of a data set made up of betta fish disease diagnoses and observed symptoms, hetero-associative memory was trained. In order for Heteroassociative Memory to map the association between symptoms and disease, the training process for this neural network aims to extract complicated patterns from data. The user can input symptoms seen in betta fish into this expert system, and by employing forward chaining and heteroassociative memory, the system can swiftly identify ailments, diagnose potential illnesses, and take the necessary treatment for betta fish. This expert system has an advantage in that it can analyze intricate patterns and identify unnoticed connections between symptoms and illness. This expert system can make a precise and trustworthy diagnosis utilizing heteroassociative memory..

Keywords: expert system, betta fish, forward chaining, Heteroassociative Memory

1. Pendahuluan

Ikan cupang adalah salah satu jenis ikan hias yang populer di kalangan pecinta akuarium [1]. Namun, ikan cupang rentan terhadap berbagai penyakit yang dapat mempengaruhi kesehatan dan kelangsungan hidupnya. Penyakit pada ikan cupang dapat disebabkan oleh faktor lingkungan, infeksi bakteri, parasit, atau kondisi lainnya [2]. Pembudidaya ikan cupang kerap menghadapi banyak kendala, antara lain ketidaktahuan cara budidaya, kesalahan perawatan ikan yang tidak tepat, hingga kematian massal akibat berbagai penyakit. Dengan kata lain, penyakit merupakan kendala besar bagi pembudidaya ikan cupang karena dapat menurunkan produksi ikan bahkan menimbulkan kerugian yang besar[2].

Selama ini pembudidaya ikan cupang sulit mendeteksi gejala awal penyakit, karena setiap penyakit ikan cupang memiliki gejala yang mirip. Sebagian besar pembudidaya hanya mencurigai penyakit

tersebut dan mencoba pengobatan alternatif. Saat penyakit mulai menyebar dengan cepat, cara yang digunakan memiliki efek buruk dan ikan cupang pasti akan mati. Kondisi ini akibat dari kurangnya pengalaman dan cara mendiagnosa penyakit pada ikan cupang [2]. Untuk mengatasi hambatan tersebut, pembudidaya perlu diberi informasi tentang informasi penyakit, gejala, dan pengobatan. Atas dasar itulah dikembangkan sistem pakar penyakit ikan cupang untuk memberikan solusi dalam mengatasi penyakit ikan cupang.

Diagnosa penyakit ikan cupang memerlukan pengetahuan mendalam tentang gejala, penyebab, dan pengobatan untuk berbagai penyakit yang mungkin dialami ikan cupang. Oleh karena itu, penggunaan sistem pakar dengan metode jaringan saraf tiruan dapat menjadi alat bantu yang efektif untuk membantu diagnosis penyakit pada ikan cupang salah satunya adalah Heteroassociative Memory.

Jaringan saraf tiruan adalah model komputasi yang terinspirasi oleh struktur dan fungsi jaringan saraf manusia [7]. Dalam konteks sistem pakar, jaringan saraf tiruan dapat digunakan untuk mempelajari pola kompleks pada data gejala dan penyakit ikan cupang yang ada. Jaringan saraf tiruan akan dilatih menggunakan dataset yang terdiri dari gejala yang diamati dan penyakit yang didiagnosis sebelumnya pada ikan cupang. Setelah pelatihan, jaringan saraf tiruan dapat mendiagnosis penyakit pada ikan cupang berdasarkan gejala yang diamati. Sistem pakar menggunakan jaringan saraf tiruan untuk memetakan gejala yang diberikan pengguna ke kemungkinan penyakit yang paling sesuai.

Beberapa penelitian sudah dilakukan untuk menangani penyakit pada ikan cupang diantaranya menggunakan metode Naive Bayes [3], metode forward chaining [4], metode Demster Shafer [5] dan bahkan menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbors [6]. Penelitian ini akan fokus pada penerapan jaringan saraf Heteroassociative Memory dalam sistem pakar sebagai secondary inference engine dimana akan dipadukan setelah forward chaining. Tujuan penelitian ini adalah untuk menerapkan dan kehandalan jaringan saraf Heteroassociative Memory dalam mengklasifikasikan pola input gejala ke dalam hasil diagnosa penyakit [10]. Studi ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru tentang penerapan jaringan saraf Heteroassociative Memory ke dalam sistem pakar. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan metode dan teknik di bidang sistem pakar.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam pengembangan sistem pakar menggunakan Heteroassociative Memory adalah pendekatan studi kasus, menyelidiki fenomena kehidupan nyata, dalam hal ini penyakit ikan cupang. Pendekatan desain sistem mengadopsi desain yang berpusat pada pengguna (UCD). Konsep UCD adalah proses pengembangan sistem yang berpusat pada pengguna [8]. Pendekatan UCD melibatkan pengguna dalam fase analisis, desain, pengujian, dan pembangunan/desain ulang [9]. Adapun tahapan penerapan Heteroassociative Memory dalam sistem pakar yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap, yaitu pengumpulan data, pelatihan Heteroassociative Memory, validasi, dan implementasi sistem pakar.

a. Pengumpulan Data gejala dan penyakit

Data gejala yang diamati pada ikan cupang dan penyakit yang telah didiagnosis sebelumnya dikumpulkan. Data yang diperoleh dari diperoleh melalui literatur, pengalaman praktisi, atau sumber-sumber lain yang terpercaya dalam bidang kesehatan ikan cupang meliputi data penyakit yang diterjemahkan ke dalam bentuk data bipolar, data gejala penyakit dan hubungan gejala dengan data penyakit dalam bentuk data bipolar. Lihat Tabel 1 untuk data penyakit, Tabel 2 untuk data gejala, dan Tabel 3 untuk hubungan antara gejala dan penyakit.

b. Pelatihan Heteroassociative Memory:

1. Pra-pemrosesan data:

Pra pemrosesan data dilakukan setelah sistem pakar menelusuri setiap gejala menggunakan metode forward chaining. Data gejala dan penyakit yang terkumpul diproses dan diolah agar sesuai dengan format yang diperlukan oleh Heteroassociative Memory. Hal ini mungkin meliputi transformasi data, pengkodean gejala, dan pembentukan set data latih [10][11].

2. Pembentukan arsitektur Heteroassociative Memory:

Arsitektur Heteroassociative Memory dipilih, yang mencakup jumlah lapisan, jumlah neuron, dan jenis fungsi aktivasi. Arsitektur ini dipilih berdasarkan jumlah pola input gejala, jumlah output dan dataset [12]. Arsitektur Heteroassociative Memory terdiri dari 42 pola input bipolar, 4 pola output bipolar dan fungsi aktivasi bipolar.

3. Inisialisasi bobot:

Bobot jaringan saraf tiruan Heteroassociative Memory diinisialisasi dengan nilai awal nol [11][12].

4. Proses pelatihan:

Algoritma pembelajaran Heteroassociative Memory digunakan untuk melatih jaringan Heteroassociative Memory dengan menggunakan set data latih yang telah disiapkan. Proses ini melibatkan iterasi berulang di mana bobot jaringan disesuaikan secara bertahap untuk meminimalkan kesalahan prediksi.

- c. Pengujian:
 1. Pengujian Heteroassociative Memory: Setelah pelatihan, Bobot hasil pelatihan Heteroassociative Memory diuji menggunakan set data uji yang terpisah dari set data latih yang diambil dari kasus penyakit pada cupang. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kinerja Heteroassociative Memory pada data yang kasus real, sehingga dapat diidentifikasi apakah Heteroassociative Memory memiliki kemampuan generalisasi yang baik yang dibandingkan dengan hasil analisa pakar. Kinerja Heteroassociative Memory dievaluasi dengan menggunakan metrik seperti akurasi, presisi dan recall. Evaluasi ini memberikan gambaran tentang sejauh mana Heteroassociative Memory mampu mengklasifikasikan penyakit berdasarkan gejala.
 2. Analisis hasil: Hasil pengujian Heteroassociative Memory dianalisis untuk mengevaluasi akurasi dan konsistensi sistem pakar dalam mendiagnosis penyakit ikan cupang. Jika diperlukan, tahap ini dapat diikuti dengan penyesuaian dan penyempurnaan model Heteroassociative Memory.
- d. Implementasi Sistem Pakar:
 1. Pengembangan antarmuka pengguna: Sistem pakar dikembangkan dengan antarmuka pengguna yang memungkinkan pengguna memasukkan gejala yang diamati pada ikan cupang dan menerima diagnosis penyakit yang mungkin terjadi.
 2. Integrasi Inference Engine: Metode Inference Engine yang digunakan adalah metode forward chaining yang dipadukan dengan Model Heteroassociative Memory yang telah dilatih diimplementasikan dalam sistem pakar untuk memetakan gejala menjadi diagnosis penyakit dengan menggunakan aturan "if..then". Sehingga sistem pakar dengan pnerapan Jaringan Saraf Tiruan Heteroassociative Memory dapat memberikan solusi yang efektif dalam mendiagnosis penyakit ikan cupang berdasarkan gejala yang diamati.

Tabel 1. Penyakit Dengan Data Bipolar

Kode Penyakit	Nama Penyakit	Y1	Y2	Y3	Y4
S01	White spot atau Ich atau bintik putih	1	1	1	1
S02	Velvet atau bintik emas	1	1	1	-1
S03	Eyecloud atau Pop Eye atau mata bengkak	1	1	-1	1
S04	Dropsy atau sisik nanas	1	1	-1	-1
S05	Swim bladder disease atau Flip-over	1	-1	1	1
S06	Inflamed Gilss atau Insang Merah	1	-1	1	-1
S07	Sembelit	1	-1	-1	1
S08	Infeksi jamur kulit	1	-1	-1	-1
S09	Columnaris	-1	1	1	1
S10	Hemoragik	-1	1	1	-1
S11	Jamur Mulut	-1	1	-1	1
S12	Berak Putih	-1	1	-1	-1
S13	Furunculosis	-1	-1	1	1
S14	Cacing jangkar	-1	-1	1	-1
S15	Lubang di Kepala	-1	-1	-1	1
S16	Tumor	-1	-1	-1	-1

Tabel 2. Gejala

Kode Gejala	Nama Gejala
G01	Terdapat bintik-bintik putih pada sisik ikan
G02	Nafsu makan berkurang
G03	Warna kulit terlihat lebih pucat dari biasanya
G04	Sirip dan ekor menguncup
G05	menabrakkan dirinya ke dinding karena merasa gatal di tubuhnya
G06	Muncul Bintik-Bintik Emas/Berkarat pada Badan
G07	Ikan akan semakin pasif dan malas bergerak
G08	Mata Ikan Terlihat Selaput Putih
G09	Produksi berlebihan pada lendir mata
G10	Mata Ikan Mulai Membengkak
G11	Timbul Bercak Darah Di Selaput Mata
G12	Perut ikan membengkak
G13	Sisik mulai mengembang seperti kulit nanas
G14	Mata cekung
G15	tidak bisa buang kotoran
G16	ikan kesulitan menjaga keseimbangannya
G17	berenang ke satu sisi / miring atau kadang terbalik
G18	kerap kali berenang di permukaan air

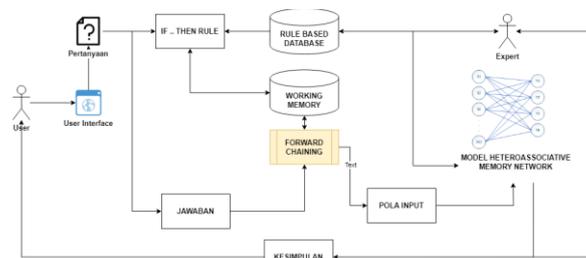
G19	Warna insang akan terlihat merah
G20	insang tidak tertutup rapat
G21	insang membengkak
G22	kulit berlendir
G23	munculnya bercak putih pada sirip ikan seperti gumpalan kapas
G24	Ikan akan lebih suka menyendiri
G25	Kembung di sekitar daerah sirip dada
G26	Semakin melemah
G27	terjadi pendarahan di sekitar mulut dan mata
G28	Warna tubuh gelap
G29	Pendarahan di dasar sirip dan berlubang
G30	muncul garis atau gumpalan putih di sekitar bibir atau mulut ikan
G31	muncul benjolan putih
G32	bengkak pada kulit
G33	mengeluarkan kotoran putih memanjang atau menggumpal
G34	Bisul dan luka terbuka pada kulit
G35	luka pada sirip dan ekor
G36	munculnya bercak hampir di seluruh bagian tubuh ikan
G37	ikan kehilangan lendir
G38	ekor dan sirip tampak kemerahan
G39	bercacing
G40	terdapat lubang kecil atau spot dengan rambut halus berwarna putih
G41	Terdapat benjolan seperti daging
G42	Bergerak tidak normal

Tabel 3. Relasi dalam bipolar untuk Gejala Dan Penyakit

Gejala	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
G01	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G02	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1
G03	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1
G04	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G06	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G07	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1
G08	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G09	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G10	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G11	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G12	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G13	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G14	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G15	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G16	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G17	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G18	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G19	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G20	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G21	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G22	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1
G23	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1
G24	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G25	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1
G26	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G27	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G28	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1
G29	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
G30	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1
G31	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1
G32	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1
G33	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1
G34	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
G35	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
G36	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
G37	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
G38	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1
G39	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1
G40	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1
G41	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1
G42	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1

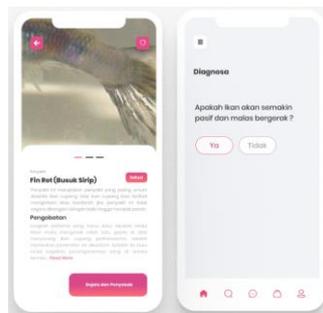
3. Hasil dan Pembahasan

Sistem pakar terdiri dari dua bagian utama, lingkungan pengembangan dan lingkungan konsultasi. Dalam pembuatan aplikasi untuk mendiagnosa penyakit ikan cupang, penulis menggunakan seluruh komponen sistem pakar, seperti user interface, knowledge base, knowledge acquisition, inference engine, tempat kerja, fasilitas interpretasi, knowledge improvement dan Jaringan Saraf Tiruan Heteroassociative Memory. Antarmuka pengguna dibangun di atas platform Android agar pengguna dapat berinteraksi dengan sistem untuk konsultasi. Basis pengetahuan penelitian ini diperoleh dari buku, jurnal ilmiah, dan diskusi dengan pakar penyakit dalam. Karena basis pengetahuan bersifat dinamis, terdapat fungsi-fungsi dalam aplikasi yang dapat digunakan untuk mengisinya dengan pengetahuan baru. Analisis permintaan masukan adalah masukan data yang diberikan oleh pakar sebagai acuan dasar untuk mendeteksi penyakit ikan cupang, kemudian melakukan penyesuaian aturan untuk menentukan hubungan ke depan. Mesin inferensi menggunakan pendekatan forward chaining dan Heteroassociative Memory, dimana fakta atau pernyataan dicocokkan mulai dari kiri terlebih dahulu. Gambar 1 berikut adalah contoh arsitektur sistem pakar untuk Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Ikan Cupang menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Heteroassociative Memory.



Gambar 1. Arsitektur Sistem Pakar

Arsitektur sistem pakar ini dirancang untuk mengintegrasikan antarmuka pengguna dengan mesin inferensi, basis pengetahuan, jaringan syaraf tiruan, basis pengetahuan pengobatan, dan antarmuka keluaran. Dalam prosesnya, sistem pakar akan menghubungkan gejala yang dimasukkan oleh pengguna dengan diagnosis penyakit yang mungkin menggunakan aturan-aturan yang ada dan kemudian memberikan saran perawatan yang sesuai. Penelitian ini mengimplementasikan jaringan saraf Heteroassociative Memory dalam sistem pakar untuk diagnosis penyakit berdasarkan gejala yang diamati pada ikan cupang. Data latih yang digunakan merupakan dataset gejala-gejala dan penyakit terkait yang telah diketahui, dan kemudian menguji performa sistem pakar pada data pengujian dengan gejala-gejala baru. Antarmuka aplikasi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Aplikasi

Untuk mendapatkan keakuratan keberhasilan sistem pakar dengan Heteroassociative Memory, dilakukan pengujian menggunakan data kasus penyakit cupang yang diperoleh dari dua pembudidaya cupang di kota Pontianak pada tahun 2021. Data pengujian adalah 50 ikan cupang yang sakit. Tes dilakukan dengan membandingkan hasil diagnosa pakar dan sistem. Sehingga didapatkan data dalam tabel confusion matrix pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Confusion Matrix

n = 50	Tidak Sama	Sama	
Tidak Sama	12	4	16
Sama	5	29	34
	17	33	

Setelah menguji 50 sampel data kasus ikan cupang dan menjumlahkan nilai akurasi, hasil penilaian pakar dan sistem menunjukkan bahwa akurasi adalah 82%, yang menunjukkan bahwa sistem beroperasi secara normal. Nilai presisi sebesar 87.88 % dan recall sebesar 85.29%.

Keberhasilan sistem pakar ini memberikan kebaruan yang berpotensi untuk lebih mengembangkan potensi diagnostik ikan cupang dan penyakit ikan lainnya. Dengan penelitian lebih lanjut dan pengumpulan data yang lebih luas, sistem pakar ini dapat ditingkatkan dan diperluas untuk mencakup lebih banyak gejala dan penyakit ikan cupang serta memberikan rekomendasi pengobatan yang lebih spesifik. Menggabungkan penerapan jaringan saraf tiruan terutama model Heteroassociative Memory, integrasi pengetahuan domain, otomatisasi diagnosis, ketersediaan sumber informasi dan potensi pengembangan lebih lanjut, sistem pakar diagnosis penyakit ikan cupang telah memberikan kontribusi ilmiah dalam meningkatkan pemahaman, diagnosis, dan pengobatan penyakit cupang.

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, implementasi sistem pakar dengan jaringan saraf Heteroassociative Memory berhasil dalam memberikan diagnosis penyakit berdasarkan gejala yang diamati. Sistem pakar ini memberikan akurasi diagnosis yang baik dan respons yang cepat. Meskipun demikian, perlu diingat bahwa sistem pakar ini masih memiliki keterbatasan dan tantangan yang perlu diperhatikan dalam pemilihan dan representasi gejala serta penyakit yang relevan. Namun, keunggulan jaringan saraf Heteroassociative Memory dalam kemampuan asosiasi hetero dan respons cepat menjadikannya pilihan yang tepat dalam pengembangan sistem pakar untuk diagnosis dan identifikasi penyakit. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan dan penerapan jaringan saraf Heteroassociative Memory dalam sistem pakar untuk bidang diagnosis dan identifikasi penyakit.

Daftar Pustaka

- [1]. L. Juniati, N. S. R. Aisy, and Y. Atifah, "Interaksi Ikan Cupang Pada Masa Reproduksi," in *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, vol. 1, no. 2, pp. 1182-1189, 2021.
- [2]. L. Linayati, T. Y. Mardiana, M. B. Syakirin, M. Z. Yahya, and I. Ishadiyanto, "Pendampingan Upaya Pengendalian Penyakit Ikan Hias Cupang Pada Pokdakan Betta Fish di Kota Pekalongan," *Patria: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 5, no. 1, pp. 29-38, 2023.
- [3]. I. M. Fadhil, D. D. S. Fatimah, and D. Kurniadi, "Perancangan Aplikasi Sistem Pakar untuk Diagnosis Penyakit pada Ikan Cupang dengan Metode Naive Bayes," *Jurnal Algoritma*, vol. 16, no. 2, pp. 255-262, 2019.
- [4]. M. P. Santoso, R. Wulan, and S. A. Kemala, "Aplikasi Sistem Pakar Untuk Diagnosis Jenis Penyakit Pada Ikan Cupang Di Gubuk Cupang Hias," *JRKT (Jurnal Rekayasa Komputasi Terapan)*, vol. 1, no. 3, 2021.
- [5]. M. Y. A. F. Ginting, S. T. Relita Buaton, R. Saragih, and M. Kom, "Diagnosa Penyakit Ikan Hias Cupang Dengan Metode Dempster Shafer," in *Seminar Nasional Informatika (SENATIKA)*, vol. 6, no. 3, pp. 643-665, August 2022.
- [6]. A. Setiawan, B. J. Nahusuly, F. A. Y. Putri, A. Raditya, and I. Mas Diyasa, "Case Based Reasoning Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbors Untuk Penanganan Penyakit Ikan Cupang Hias," *Scan: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 15, no. 2, pp. 1-5, 2020.
- [7]. T. Martyniuk, B. Krukivskiy, L. Kupershtein, and V. Lukichov, "Neural Network model of heteroassociative memory for the classification task," *Radioelectronic and Computer Systems*, no. 2, pp. 108-117, 2022.
- [8]. A. Sembiring and A. Gunaryati, "Sistem Pakar Berbasis Mobile Untuk Diagnosis Penyakit Ginjal Menggunakan Metode Forward Chaining," *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 6, no. 1, pp. 139-148, 2021.
- [9]. B. Priyatna, "Penerapan Metode User Centered Design (UCD) Pada Sistem Pemesanan Menu Kuliner Nusantara Berbasis Mobile Android," *Jurnal Accounting Information System (AIMS)*, vol. 2, no. 1, pp. 17-30, 2019.
- [10]. T. Martyniuk, B. Krukivskiy, L. Kupershtein, and V. Lukichov, "Neural Network model of heteroassociative memory for the classification task," *Radioelectronic and Computer Systems*, no. 2, pp. 108-117, 2022.
- [11]. K. L. Du, M. N. S. Swamy, "Associative Memory Networks," *Neural Networks and Statistical Learning*, pp. 201-229, 2019.
- [12]. H. Le, T. Tran, and S. Venkatesh, "Self-attentive associative memory," in *International Conference on Machine Learning*, pp. 5682-5691, November 2020.