

Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Udang Windu (*Penaeus Monodon*) Menggunakan Logika Fuzzy

Darmawan Setyabudi, Imas S. Sitanggang, Yeni Herdiyeni

Departemen Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti Wing 20 Lv.V, Bogor, Jawa Barat, 16680

Abstrak—Udang windu (*Penaeus monodon*) merupakan salah satu jenis udang yang sangat menarik dan menguntungkan untuk dipelihara. Kendala terbesar dari pemeliharaan udang windu ini adalah penyakit yang sering menyerang udang dengan masa inkubasi yang cukup pendek sehingga dapat sangat merugikan petani karena bisa mengakibatkan kematian masal. Saat ini diagnosa penyakit udang windu dilakukan dengan cara mikroskopis dan gejala klinis. Diagnosa mikroskopis jika menggunakan cara konvensional (laboratorium) membutuhkan waktu yang lama. Sedangkan menggunakan cara modern yaitu PCR (polimer chain reaction) cepat tetapi memerlukan biaya yang mahal. Diagnosa melalui gejala klinis memerlukan keahlian dari seorang pakar.

Sistem pakar yang dibangun dalam penelitian ini mengadopsi kemampuan seorang pakar dalam mendiagnosa penyakit udang windu melalui gejala klinis. Output dari sistem yang dibangun diharapkan dapat membantu petani untuk mendiagnosa penyakit udang windu secara cepat dan tepat, sehingga penyakit udang windu dapat didiagnosa sedini mungkin sebelum menimbulkan kerugian yang besar. Input yang dibutuhkan oleh sistem ini adalah bobot, umur, keadaan lingkungan air tambak, perilaku udang. Data lainnya adalah pemeriksaan general per bagian tubuh udang yang dilanjutkan dengan pemeriksaan detail kelainan pada bagian tertentu tubuh udang. Untuk pendeteksian jenis penyakit dilakukan dengan teknik pelacakan ke belakang (*backward chaining*). Logika fuzzy digunakan untuk mendeteksi tingkat keparahan penyakit udang windu karena dinilai sangat tepat untuk mengadopsi kemampuan pakar dalam hal ini ke dalam sistem pakar yang dibangun. Logika fuzzy yang digunakan adalah metode Mamdani dengan metode defuzifikasi Centroid.

Sistem pakar dilengkapi dengan fasilitas penjelasan mengenai identitas udang, status kelayakan lingkungan, jenis penyakit, informasi penyakit, tingkat keparahan penyakit dan langkah apa yang harus dilakukan untuk menangani udang yang terserang penyakit dengan tingkat keparahan tertentu. Dari hasil uji coba yang telah dilakukan didapatkan akurasi 95% untuk diagnosa jenis penyakit sedangkan untuk tingkat keparahan penyakit akurasinya 85%.

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang sangat kaya akan potensi sumberdaya laut dan perikanan. Karena itu

pemerintah dalam Program Peningkatan Ekspor Perikanan (PROTEKAN) 2003 masih menjadikan udang sebagai komoditas unggulan yang diharapkan menarik devisa sebesar 6,78 miliar dolar Amerika dari keseluruhan target ekspor perikanan sebesar 7,6 miliar dolar Amerika. Dari sekian banyak jenis udang, udang windu yang mempunyai nama latin *Penaeus monodon* adalah udang yang paling potensial untuk dikembangkan. Budidaya udang windu di tambak sangat menggiurkan keuntungannya, tetapi dibalik itu ternyata budidaya udang windu banyak menyimpan permasalahan yang diakibatkan oleh penyakit yang menyerang udang windu. Oleh karena itu penyakit pada udang windu harus bisa dideteksi sedini mungkin jangan sampai penyakit itu menjadi suatu wabah yang menyerang semua udang ditambak tersebut.

Penyakit pada udang windu dapat dideteksi dengan cepat dari gejala klinis yang tampak pada fisik udang windu. Tetapi diagnosa penyakit udang windu berdasarkan gejala klinis membutuhkan seorang yang benar-benar ahli dalam bidang ini.

Sistem ini diharapkan dapat membantu para petambak udang windu dan pihak-pihak yang berkepentingan untuk mendeteksi suatu penyakit udang windu pada tahap pembesaran sedini. Dalam implementasinya sistem ini menggunakan teknik pelacakan ke depan (*forward chaining*), teknik pelacakan ke belakang (*backward chaining*) dan logika fuzzy, dalam melakukan penarikan kesimpulan.

B. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem pakar diagnosa penyakit udang windu pada tahap pembesaran (*post larva* sampai dengan panen).

C. Lingkup Penelitian

Dalam sistem diagnosa penyakit udang windu ini dibatasi pada sebelas jenis penyakit udang windu yang sering menyerang budidaya udang windu di Indonesia.

Input pada sistem ini adalah identitas udang, kondisi air tambak dan gejala-gejala klinis yang terjadi pada udang. Output berupa status identitas udang, status keadaan air tambak, jenis penyakit dan tingkat keparahan penyakit yang menyerang udang tersebut juga rekomendasi untuk menangani semua keadaan yang telah terdeteksi oleh sistem.

D. Manfaat

Sistem pakar ini bermanfaat membantu para petani tambak untuk mengetahui informasi awal mengenai jenis penyakit yang menyerang udang windu sedini mungkin sebelum keluar hasil pasti dari laboratorium mengenai

penyakit tersebut. Sistem pakar ini dilengkapi dengan penjelasan mengenai informasi pertumbuhan udang, lingkungan tambak, jenis penyakit, tingkat keparahan penyakit, penyebab, obat, dan pencegahan penyakit pada udang windu sehingga sangat membantu para petambak dalam penanganan penyakit udang windu.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Kerangka Pemikiran

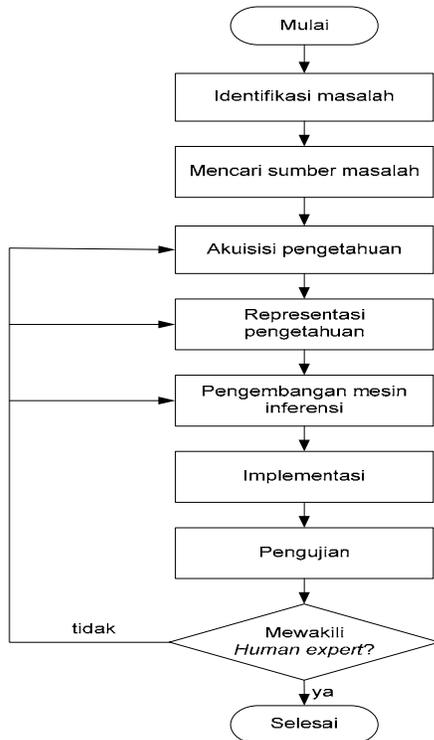
Dalam penelitian ini pengidentifikasian hanya dilihat dari gejala klinis yang terjadi pada udang windu tersebut. Dalam proses pengidentifikasian pertama kali dilakukan tahap pengidentifikasian identitas udang, kemudian keadaan lingkungan tempat udang hidup. Selanjutnya dilakukan tahap pemeriksaan klinis udang secara *general* (umum), setelah diketahui keadaan udang tersebut maka dilakukan pemeriksaan secara detail untuk menentukan tingkat keparahan penyakit yang menyerang udang.

B. Pendekatan Sistem

Pada tahap pendekatan sistem ini dilakukan analisis kebutuhan, formulasi masalah, akuisisi masalah atau akuisisi pengetahuan dan indentifikasi sistem. Dengan harapan sistem yang akan dibangun benar-benar bisa mewakili cara berfikir pakar dalam mengambil keputusan.

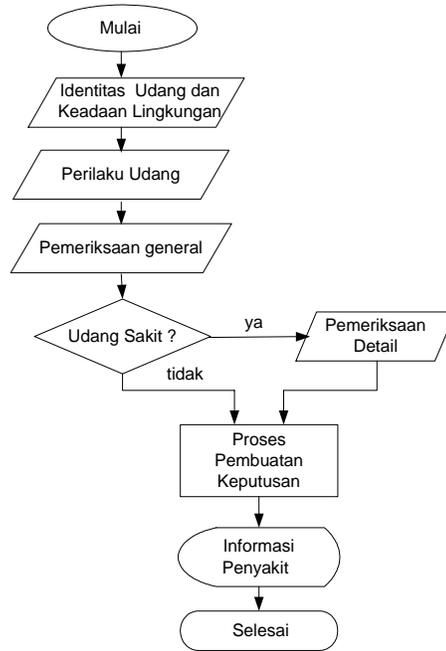
C. Rancang Bangun Sistem

Tahapan dari rancang bangun sistem pakar menurut Marimin (2002) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahap rancang bangun sistem pakar (Marimin 2002).

Alur Program Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Udang Windu dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur Program Sistem Diagnosa Penyakit Udang Windu.

Sistem pertama kali akan menampilkan menu untuk *input* data mengenai identitas udang windu dan keadaan air lingkungan tambak.. *Input* ini berfungsi untuk menentukan tingkat pertumbuhan udang tersebut. Sedangkan data mengenai lingkungan tempat udang tersebut hidup antara lain suhu, pH, kadar garam (salinitas), tingkat oksigen terlarut, kecerahan dan kadar NH₃ pada air tempat udang windu hidup juga kepadatan udang per hektar.

Untuk selanjutnya sistem akan meminta data perilaku udang dan pemeriksaan secara *general* tentang keadaan klinis udang tersebut. Data yang diminta dari perilaku udang adalah nafsu makan, keaktifan gerak, posisi renang, gerak perpindahan, *molting* dan persentase kematian dalam seminggu. Data yang didapatkan dari pemeriksaan secara *general* ini meliputi keadaan anatomi tubuh udang, apakah pada anatomi tersebut terdapat kerusakan dibandingkan dengan anatomi udang yang normal dan keadaan warnanya.

Dari hasil pemeriksaan *general* bila ternyata pada udang tersebut oleh sistem terdeteksi bahwa terinfeksi suatu penyakit, maka akan dilakukan suatu pemeriksaan secara detail untuk menentukan tingkat keparahan penyakit yang menyerang udang tersebut. Pemeriksaan ini meliputi tingkat kerusakan pada anatomi dan tingkat perubahan warna pada anatomi tubuh udang.

Pada penelitian ini digunakan teknik *forward chaining*, teknik *backward chaining* dan metode *fuzzy*. Teknik *forward chaining* digunakan untuk menganalisis status identitas udang, kondisi air tambak dan penentuan ciri khusus penyakit. Sedangkan teknik *backward chaining* digunakan dalam penentuan jenis penyakit. Metode *fuzzy* digunakan untuk menentukan tingkat keparahan penyakit.

D. Tahap Implementasi

Pada tahap ini ditentukan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk membangun Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Udang Windu (*Penaeus monodon*) menggunakan Logika Fuzzy. Perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk membangun sistem ini adalah sebagai berikut :

- Perangkat keras berupa personal komputer dengan spesifikasi :
 - Prosesor AMD Borton 2,6 GHz
 - Memori DDR 768 MB
 - Harddisk 160 GB 7200 rpm
- Perangkat lunak :
 - Sistem Operasi Windows XP
 - Microsoft Visual Basic edition versi 6.0
 - Microsoft Office Access 2003
 - Matlab versi 6.5
 - Corel Photo Paint versi 11
 - Microsoft Office Power Point 2003

E. Tahap Uji Coba

Tahap ujicoba dilakukan dengan memasukkan contoh-contoh kasus, hasil keputusan dari sistem pakar ini dicocokkan dengan hasil diagnosa langsung dari pakar. Bila ternyata hasil dari sistem pakar belum sesuai dengan hasil diagnosa pakar secara langsung, maka akan dilakukan perbaikan pada sistem sampai hasil dari sistem ini akurat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini ditentukan kebutuhan pengguna akan sistem pakar diagnosa penyakit udang windu. Proses diagnosa yang diinginkan pengguna adalah proses yang efisien dan efektif untuk dapat mendiagnosa penyakit udang secara cepat dan tepat.

B. Akuisisi Pengetahuan

Sumber pengetahuan yang digunakan untuk membangun sistem pakar ini berasal dari pakar ahli penyakit udang, buku referensi, makalah-makalah dan sumber-sumber lain di internet. Pakar ahlinya berasal dari Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Institut Pertanian Bogor.

C. Model Sistem

Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Udang Windu (*Penaeus monodon*) menggunakan logika fuzzy ini dikembangkan dengan menggunakan perangkat lunak Microsoft Visual Basic versi 6.0, Matlab versi 6.5, Microsoft Office Access 2003 dan Microsoft Office Power Point 2003.

Microsoft Visual Basic versi 6.0 digunakan untuk pembuatan model inferensi tentang status tingkat nafsu makan, jenis pakan, status tingkat kepadatan dan status tingkat kematian udang. Tingkat kelayakan dan saran dalam penanganan lingkungan air tambak terdiri dari suhu, salinitas,

pH, O₂ terlarut, kecerahan, dan NH₃ berasal dari *input* keadaan lingkungan.

Aturan-aturan yang digunakan dinyatakan dalam bentuk IF – THEN dengan struktur umum :

IF (kondisi) THEN (aksi)

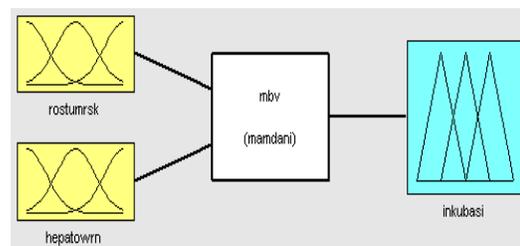
Bagian IF merupakan suatu kondisi atau aturan yang berisi fakta-fakta yang dapat dinyatakan dalam kalimat atau ekspresi matematika. Kondisi ini dapat berupa pernyataan benar atau salah. Bagian THEN merupakan aksi yang akan dilakukan jika kondisi pada bagian IF bernilai benar.

Microsoft Office Access 2003 digunakan sebagai tempat penyimpanan aturan untuk pencarian jenis penyakit dengan menggunakan teknik *backward chaining*. Jenis penyakit yang teridentifikasi dengan sistem ini ada sebelas penyakit yang paling sering menyerang udang di Indonesia. Penentuan jenis penyakit dengan teknik *backward chaining* ini dimulai dengan mengeksekusi *goal* jenis penyakit. *Goal* jenis penyakit didapatkan dari ciri khusus penyakit.

Matlab versi 6.5 digunakan dalam pembangunan sistem untuk identifikasi tingkat keparahan penyakit dengan menggunakan logika *fuzzy* dan kaidah modus *ponens*. Ada 3 macam tingkat keparahan penyakit yang teridentifikasi menggunakan sistem ini dari tiap-tiap sebelas penyakit yang teridentifikasi.

Tiap penyakit memiliki variabel antara dua sampai dengan empat variabel *fuzzy*. Model fungsi keanggotaannya menggunakan *triangular*. Kisaran *input* yang digunakan ada dua yaitu pertama adalah 0-100 untuk variabel yang berhubungan dengan tingkat kerusakan, kebengkakan dan luka pada bagian tertentu morfologi udang windu. Kisaran *input* yang kedua adalah 0-10 untuk variabel yang berkaitan dengan perubahan warna pada bagian tertentu dalam morfologi udang windu.

Metode *fuzzy* yang digunakan dalam proses inferensi adalah metode Mamdani. Sedangkan penarikan kesimpulan menggunakan metode *Centroid*. Total aturan dari sebelas penyakit tersebut ada 147 aturan. Salah satu ilustrasi model pengambilan keputusan menggunakan logika *fuzzy* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Model penarikan keputusan dengan logika fuzzy untuk penyakit MBV.

Model sistem pakar ini dikembangkan untuk tahap identitas, lingkungan, perilaku, pemeriksaan *general* dan tahap pemeriksaan detail. Microsoft Office Power Point 2003 digunakan saat penampilan saran hasil dari keputusan yang telah diambil oleh sistem.

D. Disain sistem

a. *Input*

Pertama kali sistem akan masuk pada *opening screen*. Selanjutnya *input* yang diminta pertama kali adalah identitas dan lingkungan udang windu. Dilanjutkan dengan *input* perilaku udang. Kemudian sistem meminta *input* pemeriksaan *general*. Dari tahap ini jika memang dibutuhkan maka sistem akan meminta pemeriksaan detail yang berupa tingkat perubahan warna, tingkat kerusakan, tingkat bengkak maupun tingkat luka pada bagian tubuh udang yang diidentifikasi.

b. Proses Inferensi

Dari *input* yang dimasukkan sistem mengambil keputusan jenis penyakit menggunakan pelacakan ke belakang (*backward chaining*). Dengan teknik pelacakan ini sistem akan memulai pelacakan dari *goal*-nya. *Goal* dianggap terbukti kebenarannya jika premis-premis yang menyusunnya terbukti ada pada *input* data. Total aturan untuk 11 jenis penyakit dengan teknik *backward chaining* ini ada sebanyak 189 aturan. Di bawah ini contoh aturan untuk udang yang terserang penyakit MBV:

- Perilaku makan menurun, tumbuh jelek, kematian rendah dan kepala, alat gerak mbv dan kulit, ekor, bagian dalam mbv maka penyakit mbv
- Tingkah normal, makan menurun, tumbuh jelek dan kematian <= 4% maka perilaku makan menurun, tumbuh jelek, kematian rendah

Sedangkan *input* data untuk udang yang terserang penyakit MBV:

1. tumbuh = jelek
2. nafsu mkn = menurun
3. keaktifan gerak = normal
4. posisi renang = normal
5. gerak pindah = teratur
6. molting = sehat
7. kematian <= 4%
8. karapas warna = normal
9. rostum rusak = ya
10. antenulla rusak = tidak
11. antena rusak = tidak
12. maksiliped rusak = tidak
13. insang warna = normal
14. insang bengkak = tidak
15. pleopod rusak = tidak
16. pleopod rusak = tidak
17. periopod rusak = tidak
18. kulit warna = normal
19. kulit luka = tidak
20. kulit bengkak = tidak
21. kulit cahaya = tidak
22. kulit bengkak = tidak
23. telson rusak = tidak
24. hepatopankreas warna = merah
25. hepatopankreas rusak = tidak
26. usus warna = normal
27. usus rusak = tidak

28. ginjal rusak = tidak
29. gonad warna = normal
30. gonad bengkak = tidak

Dari aturan di atas *goal* pertama yang dibuktikan adalah penyakit mbv yang mempunyai premis perilaku makan menurun, tumbuh jelek, kematian rendah dan kepala, alat gerak mbv dan kulit, ekor, bagian dalam mbv. Ketiga premis tersebut dicek pada *input* data, karena ternyata pada *input* data premis tersebut tidak ada maka premis tersebut dijadikan sebagai *subgoal* baru. Jika premis yang menyusun suatu *goal* ternyata ada pada *input* data maka aturan tersebut terbukti kebenarannya.

Dari jenis penyakit yang telah dideteksi oleh sistem menggunakan *backward chaining* maka sistem melakukan proses inferensi untuk tingkat keparahan penyakit yang telah terdeteksi dengan menggunakan logika *fuzzy*. Ada 4 macam variabel *input* yang digunakan untuk menentukan tingkat keparahan penyakit yang menyerang udang, tetapi tidak semua jenis penyakit memiliki keempat variabel tersebut tergantung jenis penyakit yang menyerang. Keempat variabel tersebut adalah tingkat kerusakan (*range* nilai 0-100), tingkat keparahan luka (*range* nilai 0-100), tingkat bengkak (*range* nilai 0-100), dan beberapa perubahan warna organ (*range* nilai 0-10).

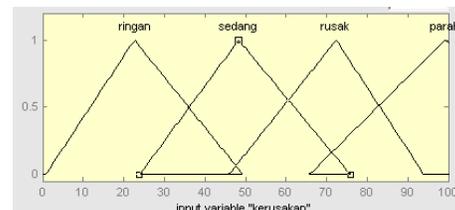
Di bawah ini adalah fungsi keanggotaan untuk tingkat kerusakan organ dan Gambar 4 adalah gambar grafik dari fungsi ini.

$$\mu_{ringan(x)} = \begin{cases} 0; & x \geq 50 \\ x/25; & x \leq 25 \\ (50-x)/25; & 25 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang(x)} = \begin{cases} 0; & x \leq 22 \text{ atau } x \geq 75 \\ (x-22)/28; & 22 \leq x \leq 50 \\ (75-x)/25; & 50 \leq x \leq 75 \end{cases}$$

$$\mu_{rusak(x)} = \begin{cases} 0; & x \leq 42 \text{ atau } x \geq 95 \\ (x-42)/33; & 42 \leq x \leq 75 \\ (95-x)/20; & 75 \leq x \leq 95 \end{cases}$$

$$\mu_{parah(x)} = \begin{cases} 0; & x \leq 65 \\ (x-65)/35; & 65 \leq x \leq 100 \end{cases}$$



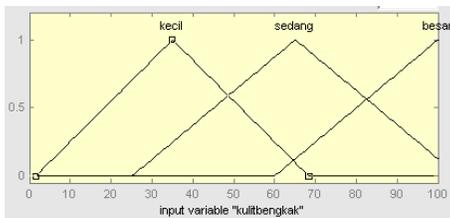
Gambar 4. Grafik fungsi keanggotaan untuk variabel kerusakan organ.

Fungsi keanggotaan dan gambar grafik keanggotaan (Gambar 5) untuk variabel kulit bengkak adalah sebagai berikut:

$$\mu_{kecil(x)} = \begin{cases} 0; & x \geq 70 \\ x/33; & x \leq 33 \\ (70-x)/37; & 25 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang(x)} = \begin{cases} 0; & x \leq 25 \text{ atau } x \geq 100 \\ (x-25)/41; & 25 \leq x \leq 66 \\ (110-x)/44; & 66 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

$$\mu_{besar(x)} = \begin{cases} 0; & x \leq 60 \\ (x-60)/40; & 60 \leq x \leq 100 \end{cases}$$



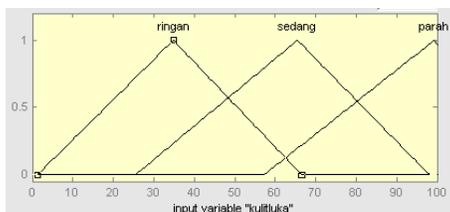
Gambar 5. Grafik fungsi keanggotaan untuk variabel kulit bengkak.

Fungsi keanggotaan dan grafik fungsi keanggotaan (Gambar 6) untuk variabel kulit luka adalah sebagai berikut:

$$\mu_{kecil(x)} = \begin{cases} 0; & x \geq 66 \\ x/33; & x \leq 33 \\ (66-x)/33; & 33 \leq x \leq 66 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang(x)} = \begin{cases} 0; & x \leq 25 \text{ atau } x \geq 100 \\ (x-25)/41; & 25 \leq x \leq 66 \\ (100-x)/34; & 66 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

$$\mu_{parah(x)} = \begin{cases} 0; & x \leq 58 \\ (x-58)/42; & 58 \leq x \leq 100 \end{cases}$$



Gambar 6. Grafik fungsi keanggotaan untuk variabel kulit luka.

Fungsi keanggotaan untuk perubahan warna tiap organ dan tiap penyakit berbeda-beda.

c. *Output*

Output dari semua sistem ini adalah identitas udang yang terdiri dari status tingkat nafsu makan, status tingkat pertumbuhan, jenis pakan, status tingkat kepadatan dan status tingkat kematian udang. Keadaan lingkungan air tambak yang terdiri dari status kelayakan dan saran dalam penanganan suhu, salinitas, pH, O₂ terlarut, kecerahan, dan NH₃.

Output terakhir adalah jenis penyakit dan tingkat keparahan penyakit yang menyerang serta saran penanganan dalam menangani udang dengan penyakit dan tingkat penyakit yang telah teridentifikasi oleh sistem. Sistem ini juga menyediakan suatu *output* tambahan yaitu fasilitas penjelas yang berfungsi penjelasan kenapa sistem mengambil kesimpulan tersebut.

E. Implementasi

Pada implementasi teknik *forward chaining* fakta merupakan *input*, kaidah berisikan banyak aturan dan kesimpulan merupakan hasil penarikan kesimpulan dengan aturan dari fakta yang ada.

Sedangkan pada teknik *backward chaining* kesimpulan adalah suatu kondisi yang akan diuji kebenarannya dengan menggunakan kaidah yang tersedia dan fakta yang ada. Fungsi *DoProve* adalah fungsi yang dibuat di Microsoft Visual Basic 6.0 untuk melakukan teknik *backward chaining* dengan basis data yang telah tersedia di Microsoft Access.

Tingkat keparahan penyakit yang menggunakan logika *fuzzy* diimplementasikan di Matlab versi 6.5 yang kemudian dijadikan sebagai suatu fungsi yang dipanggil dari Microsoft Visual Basic versi 6.0 dengan membuat file udang.dll.

F. Uji Coba

Uji coba dari sistem yang telah dibangun menggunakan metode *black box* dan dilakukan oleh asisten pakar yang bersangkutan. Pengujian jenis penyakit dilakukan dengan memasukkan 10 kasus untuk setiap jenis penyakit sehingga total uji coba kasus yang telah dilakukan adalah 110 kasus. Untuk tingkat keparahan penyakit juga dilakukan pengujian dengan 10 kasus untuk tiap jenis penyakit.

Dari uji coba jenis penyakit yang telah dilakukan di dapatkan hasil yang kurang tepat menurut asisten pakar sejumlah 6 kasus. Dengan ini berarti diperoleh hasil keakurasian 95 % untuk ketepatan diagnosa jenis penyakit. Sedangkan pada uji coba tingkat keparahan penyakit menurut penilaian asisten pakar yang melakukan pengujian didapatkan 17 kasus yang kurang tepat (keakurasian 85%). Nilai 15 % kesalahan ini didapatkan karena perbedaan subjektifitas *user* dalam melihat perubahan morfologi udang.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Udang Windu (*Penaeus monodon*) menggunakan logika *fuzzy* dapat membantu

pengguna mengidentifikasi jenis penyakit dan tingkat keparahan penyakit pada udang windu secara langsung dengan cepat. Selain itu sistem pakar ini juga mampu mengidentifikasi identitas dan kelayakan lingkungan air tambak. Sistem pakar ini dirancang dengan sedemikian rupa sehingga mudah digunakan oleh pengguna (*user friendly*).

Dari hasil uji coba pemakaian teknik *forward chaining* dan *backward chaining* dinilai tepat untuk menangani proses-proses diagnosa yang ada dalam pembangunan sistem pakar ini. Di dapat hasil akurasi 95% untuk penentuan jenis penyakit yang menyerang. Logika *fuzzy* yang digunakan dalam pengambilan keputusan tingkat keparahan penyakit dari hasil uji coba menunjukkan nilai akurasi yang tinggi sekitar 85% sehingga mendekati cara pengambilan keputusan seorang pakar.

B. Saran

Untuk pengembangan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Udang Windu (*Penaeus monodon*) menggunakan Logika *Fuzzy* lebih lanjut perlu ditambahkan basis pengetahuan (*knowledge base*) sehingga sistem ini tidak hanya bisa mengidentifikasi sebelas jenis penyakit tetapi juga semua jenis penyakit yang dapat menyerang udang windu.

Diperlukannya juga modul penambahan aturan baru sehingga bisa menambah jenis penyakit yang bisa dideteksi oleh sistem dan juga menambah keakuratan dalam pengambilan keputusan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri K. 2003. *Budidaya Udang Windu secara Intensif*. AgroMedia Pustaka, Jakarta.
- Firmansyah A. 2003. *Uji Patogenitas White Spot Syndrome Virus (WSSV) pada Udang Windu (Penaeus Monodon Fabr)*. Skripsi. Jurusan Budidaya Perairan FPIK IPB, Bogor.
- Kusumawati D. 2006. *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Lightner DV. 1996. *A Handbook of Shrimp Pathology and Diagnostic Procedures for Diseases*. The World Aquaculture Society, Louisiana
- Marimin. 2002. *Teori Aplikasi Sistem Pakar dalam Teknologi Manajerial*. IPB Press, Bogor.
- Ross TJ. 2005. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. Second Edition. John Wiley & Sons Inc, Inggris.
- Sibigtroth JM. 1992. *Implementing fuzzy expert rules in hardware*. The Magazine of Artificial Intelligence in Practice Vol. 7 (4): 25-31.
- Sukenda. 1991. *Keberadaan Monodon Baculovirus pada Benih Udang Windu (Penaeus Monodon Fabr)*. Skripsi. Jurusan Budidaya Perairan Fakultas Perikanan IPB, Bogor.
- Viot G. 1993. *Fuzzy logic: Concepts to construct*. The Magazine of Artificial Intelligence in Practice Vol.8 (11) : 26-33.