

IMPLEMENTASI METODE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION-DEMPSTER SHAFER PADA MEDIA PEMBELAJARAN CERDAS BUDIDAYA IKAN LELE

Wahyu Argo Prabowo¹⁾, Rekyan Regasari Mardi Putri, S.T, M.T²⁾, Agus Wahyu Widodo, S.T, M.Cs²⁾

¹⁾Mahasiswa, ²⁾Dosen Pembimbing

Program Informatika/Illmu komputer

Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Brawijaya, Malang 65145, Indonesia

argomini2@gmail.com

ABSTRAK

Prediksi terkait budidaya ikan lele dilakukan sebagai langkah penting meningkatkan pengetahuan pembudidaya. Dempster shafer merupakan salah satu teknik pada kecerdasan buatan yang dapat digunakan untuk memprediksi hasil yang belum diketahui berdasarkan bukti-bukti yang ada kaitannya. Namun, pada penerapannya masih secara manual dan membutuhkan waktu yang lebih untuk menyelesaikan data yang besar. Sehingga diperlukan sebuah sistem yang tidak hanya dapat memprediksi namun juga menghasilkan prediksi yang lebih baik dengan waktu yang efisien. Dempster shafer merupakan algoritma yang sering digunakan karena mudah untuk diimplementasikan, efisien dan powerful untuk penanganan data dalam jumlah besar. Namun, kinerja dempster shafer sangat tergantung kepada ahli yang mempunyai kaitan dengan permasalahan sehingga solusi yang dihasilkan rentan terjebak pada daerah optimum lokal. Selain itu, Dempster shafer tidak menjamin hasil prediksi yang spesifik karena bukti-bukti yang saling berkaitan sering kali bersifat umum. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan menerapkan algoritma optimasi yaitu Particle Swarm Optimization (PSO). PSO mengeksplorasi ruang pencarian untuk menemukan nilai densitas awal berdasarkan nilai cost partikel. Nilai cost dirancang untuk meminimalkan jarak antara nilai random dengan nilai bobot sehingga semakin kecil mendekati 0 (nol) nilai cost maka semakin besar peluang sebuah partikel terpilih sebagai solusi.

Penelitian ini menggunakan hybrid Particle Swarm Optimization-Dempster Shafer untuk memprediksi hasil indikasi budidaya ikan lele. Kualitas Dempster shafer dievaluasi menggunakan data uji dari pakar dengan membandingkan keluaran sistem. Hasil percobaan menunjukkan bahwa algoritma hybrid PSO-Dempster Shafer menghasilkan hasil prediksi lebih baik dibandingkan dengan algoritma Dempster Shafer.

Kata kunci: Prediksi, Optimasi, Particle Swarm Optimization, Dempster Shafer, budidaya ikan lele.

ABSTRACT

Related Predictions catfish farming performed as an important step increasing the knowledge of farmers. Dempster Shafer is one of technique on artificial intelligence that can be used to predict the outcome of the unknown based on the evidence that there relation. However, the applicability still manually and requires more time to complete for large data. So, need a system that can not only predict but also better predictions with an efficient time. Dempster Shafer is a algorithm that is often used because it is easy to implement, efficient and powerful for handling large amounts of data. However, the performance of Dempster Shafer highly dependent on experts of the problems so that the resulting solutions are stuck at a local optimum area. In addition, Dempster Shafer does not guarantee a specific outcome prediction because the evidence related to each other are often of a general nature. One approach that can be used to overcome this problem is by applying optimization algorithms Particle Swarm Optimization (PSO). PSO explore the search space to find the value of the initial density of particles based on the value of cost. The value of cost is designed to minimize the distance between random values so that the smaller weight value close to 0 (zero) value of cost, the greater the chance of a particle is selected as the solution.

This research uses a hybrid Particle Swarm Optimization Dempster-Shafer to predict the outcome indication of catfish. Quality of Dempster Shafer algorithm evaluated using test data by comparing the output of the expert system. The experimental results show that the hybrid PSO-Dempster-Shafer produce better prediction results than the algorithm Dempster Shafer.

Keywords: Prediction, Optimization, Particle Swarm Optimization, Dempster Shafer, catfish.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Budidaya ikan lele adalah suatu tindakan yang terencana pemeliharaan mulai dari usaha pembenihan dan usaha pembesaran ikan lele yang dilakukan oleh pembudidaya (Rusilana & Riyana). Menurut dedi seorang pakar ikan lele, usaha pembenihan ikan lele merupakan tahap awal dari budidaya dan pada tahap usaha pembesaran ada parameter yang perlu diperhatikan yaitu jenis kolam, persiapan air, seleksi benih, pemberian pakan, kualitas air, dan kontrol penyakit.

Pembudidaya ikan lele merupakan kegiatan yang menghasilkan dua peran secara bersamaan, yaitu sebagai bisnis dan hiburan. Bagi para penggemar lele yang membudidayakan sebagai hiburan, tentu tidak terlalu peduli jika hasil panen tidak maksimal karena yang mereka cari adalah kesenangan. Dan sebaliknya, bagi mereka yang menjadikan budidaya ikan lele sebagai ladang bisnis, akan timbul masalah yang tidak bisa disampingkan karena jika ikan hasil panen tidak maksimal maka kerugian yang dialami pembudidaya tidak sedikit.

Menurut dedi seorang pakar ikan lele PT Indosco Sidoarjo, kurangnya pengetahuan tentang budidaya adalah letak kegagalan seorang pembudidaya. Sebagian besar pembudidaya enggan menggali pengetahuan dan lebih senang langsung mencoba-coba karena mereka ingin mengetahui hasil dari kombinasi parameter budidaya yang sebelumnya belum pernah diketahui untuk mendapatkan kombinasi komposisi terbaik. Menggali pengetahuan dapat dilakukan dengan mengikuti pelatihan, membaca-baca buku referensi maupun dengan media pembelajaran yang ada. Namun, cara menggali pengetahuan dengan cara pelatihan dan membaca buku tentu membutuhkan biaya dan waktu yang lebih lama sehingga tidak sedikit yang memilih media pembelajaran sebagai alternatif terbaik dengan harapan media pembelajaran menyediakan fasilitas coba-coba maupun simulasi didalamnya. Kenyataannya, media pembelajaran saat ini sangat sulit ditemui bahkan jarang ada yang membahas tentang budidaya ikan lele. Banyak menganggap salah satu alasan bahwa media pembelajaran adalah alat bantu berupa sarana fisik sebagai bantuan untuk merangsang pikiran, perasaan, perhatian, kemampuan, dan menambah pengetahuan. Media pembelajaran yang mampu meniru pola pikir manusia disebut media pembelajaran cerdas (Rusilana & Riyana 2009). Dari segi kemudahan, media pembelajaran cukup membantu menambah pengetahuan namun tidak memberikan pengalaman mencoba-coba yang baik.

Dalam ilmu komputer salah satu metode yang mampu memprediksi hasil dari kombinasi coba-coba parameter budidaya yang saling berkaitan yaitu metode Dempster-Shafer. Dempster-Shafer merupakan teori matematika untuk pembuktian yang berdasarkan kepercayaan beberapa bukti terhadap suatu peristiwa yang belum diketahui dengan parameter coba-coba sebagai bukti (Wahyuni dan Prijodiprojo, 2013). Bukti dapat ditambahkan perilaku ikan maupun ciri-ciri ikan secara umum ketika proses pembesaran di kolam. Fakta perilaku misalkan ikan lemas sedangkan untuk ciri-ciri secara umum yaitu muncul bintik putih dsb. Dengan mengimplementasikan teori Dempster

Shafer ke media pembelajaran maka dapat menjadikan media pembelajaran yang sebelumnya cukup menambah pengetahuan menjadi media pembelajaran yang cerdas dengan adanya pengalaman coba-coba berdasarkan parameter budidaya berdasarkan kepercayaan.

Penelitian tentang Dempster-Shafer telah banyak dilakukan dengan objek yang berbeda-beda. Pada penelitian berjudul "Multi-stream speech recognition based on Dempster-Shafer combination rule", Dempster-Shafer digunakan untuk mendeteksi pengenalan suara. Pada penelitian tersebut menghasilkan pengenalan suara lebih akurat dibandingkan metode sejenis lainnya. Metode Dempster-Shafer dipilih karena algoritma ini sangat sensitif terhadap inialisasi nilai densitas. Nilai densitas adalah ukuran kepercayaan terhadap suatu peristiwa. Nilai densitas didapat dari seorang ahli dibidangnya misalkan dokter mata, psikologi dsb sehingga jika ada penambahan fakta baru harus konsultasi ke ahli untuk mendapatkan nilai densitas baru. Tentu hal ini akan membutuhkan waktu yang tidak sedikit. Dalam ilmu komputer ada metode yang mampu menutupi kelemahan metode Dempster-Shafer dengan membangkitkan nilai secara acak dengan nilai evaluasi sebagai acuannya yaitu metode Particle Swarm Optimization. Dengan nilai Dempster-Shafer yang diperoleh dari perhitungan PSO mampu memberikan nilai densitas yang sebelumnya tergantung kepada ahli dapat dioptimasi mendekati nilai maksimum atau mungkin lebih baik sehingga ketergantungan terhadap ahli dapat diminimalkan.

Metode Particle Swarm Optimization banyak diterapkan pada beberapa permasalahan yang kompleks. Penelitian oleh (Permana & Hashim, 2010) menerapkan PSO untuk menyelesaikan optimasi fungsi keanggotaan fuzzy. Dalam permasalahan tersebut mencari nilai keanggotaan fuzzy yang paling akurat. Hasil dari penelitian tersebut mendekati optimum dengan waktu yang cukup cepat. Hal tersebut dikarenakan PSO mempunyai kelebihan yaitu mempunyai konsep sederhana, mudah diimplementasikan, dan efisien dalam perhitungan jika dibandingkan dengan algoritma matematika dan teknik optimisasi heuristik lainnya (Tueghe dkk, 2013).

Kajian dari beberapa penelitian diatas menunjukkan bahwa algoritma Particle Swarm Optimization dapat mengoptimasi nilai densitas awal pada algoritma Dempster-Shafer. Selain itu penggabungan dua metode dapat meningkatkan kinerja algoritma untuk menemukan hasil optimum dalam penambahan fakta baru dan meminimalkan ketergantungan metode Dempster-Shafer terhadap seorang ahli.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan sebelumnya, penulis mengajukan penelitian dengan judul "Media Pembelajaran Cerdas Budidaya Ikan Lele Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization-Dempster Shafer". Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan lebih bagi pemula tentang budidaya ikan lele.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka pokok masalah yang akan diteliti adalah :

1. Bagaimana mengimplementasikan Hybrid Particle Swarm Optimization dan Dempster Shafer pada Media Pembelajaran Cerdas Budidaya Ikan Lele.
2. Bagaimana peningkatan kualitas solusi menggunakan Hybrid Particle Swarm Optimization dan Dempster Shafer dibandingkan dengan Dempster Shafer untuk Media Pembelajaran Cerdas Budidaya Ikan Lele.

1.3 Batasan Masalah

1. Sistem dirancang menggunakan Bahasa pemrograman PHP dan database MySQL.
2. Adapaun data yang digunakan sebanyak 40 fakta budidaya salah satunya ikan sering dipermukaan dan 5 jenis indikasi yaitu terserang bakteri, terserang parasite, ikan sehat, ikan keracunan, dan ikan mati.
3. Pengujian hanya fokus pada pengujian metode, tidak pada pengujian kerja hardware.

2. LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Kajian Pustaka

Dalam penulisan skripsi ini, kajian pustaka berisi penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan objek atau metode sesuai judul yang diajukan. Ada berbagai macam metode yang digunakan para peneliti sebelumnya untuk melakukan proses optimasi dan pakar.

Salah satu penelitian mengenai penggunaan metode Dempster Shafer untuk diagnosa penyakit kulit pada anak. Dalam penelitian ini metode Dempster Shafer berhasil memberikan hasil diagnosa dengan 14 gejala dan 6 jenis penyakit. Dalam setiap gejala memiliki nilai densitas yang ditentukan oleh pakar. Pada penelitian ini pakarnya adalah dokter kulit dan data dari rekam medis rumah sakit (Candrani, 2015).

Penelitian selanjutnya yang telah dilakukan yaitu mengenai optimasi komposisi pakan ikan lele. Penelitian ini menerapkan metode Multi Objective Optimization with Invasive Weed Optimization-Subtractive Clustering (IWO-SC). Hasil dari penelitian tersebut membuktikan metode IWO-SC dapat menghasilkan komposisi pakan ikan lele yang optimal dengan peningkatan efisiensi biaya pakan sebesar Rp 922,00 /Kg (Muliantara, 2012).

Penelitian selanjutnya mengenai penggunaan metode Particle Swarm Optimization untuk menghasilkan generasi pada fungsi keanggotaan fuzzy. Dalam penelitian ini metode Fuzzy Particle Swarm Optimization (FPSO) berhasil menunjukkan kompetensinya dalam fungsi keanggotaan fuzzy. Hal tersebut dilakukan dengan merepresentasikan nilai keanggotaan fuzzy sebagai partikel. Dalam setiap iterasi pada metode PSO, partikel tersebut akan berubah untuk mencari nilai optimal. Berdasarkan penelitian tersebut, dengan metode FPSO fungsi keanggotaan fuzzy yang dihasilkan dapat optimal meningkatkan kinerja serta lebih akurat (Permana & Hashim, 2010).

Penelitian selanjutnya mengenai penggunaan hybrid metode K-Means Clustering dan PSO. Kegunaan PSO yaitu mengoptimasi clustering yang dibuat berdasarkan data. Objek yang diteliti yaitu penentuan UKT universitas brawijaya 2014. Dalam implementasinya, inialisasi partikel PSO

dilakukan menggunakan 3 dimensi. Hasil akhir yaitu menemukan cluster yang paling baik (Maulian, 2015).

2.2 Budidaya Ikan Lele

Budidaya ikan lele adalah proses usaha pembenihan dan proses pembesaran, keduanya saling terkait dan tidak bisa dipisahkan (Suyanto 2008). Pada awalnya pemeliharaan ikan lele dilakukan hanya kegiatan sambilan. Ikan lele dielihara di kolam pekarangan yang menampung air limbah rumah tangga karena yang sifatnya tahan terhadap lingkungan kotor dan kekurangan oksigen sehingga dengan perilaku tersebut ikan lele tumbuh menjadi sangat lambat. Namun, seiring berkembangnya zaman, ikan lele banyak diminati dibidang usaha karena pemeliharannya yang mudah dan tidak membutuhkan modal yang besar. Lele merupakan salah satu daya jual unggulan. Pengembangan usahanya dapat dilakukan mulai dari pembenihan sampai ukuran siap panen. Setiap segmen usaha ini sangat menguntungkan. Selain untuk konsumsi lokal, pasar lele telah mulai di ekspor dan permintaannya cukup besar.

Kegiatan budidaya ikan lele yaitu usaha pembenihan dan usaha pembesaran. Usaha pembenihan diantaranya mengembangbiakan induk-induk ikan sehingga menghasilkan telur dan menetasakan telur yang siap ditebarkan. Benih ikan yang siap tebar berukuran gelondongan yang dibedakan menjadi gelondongan kecil berukuran 3-5 cm dan gelondongan besar berukuran 5-10 cm. kemudian gelondongan tersebut disebar di kolam pembesaran hingga menjadi ikan lele siap konsumsi. Sedangkan usaha pemeliharaan benih ikan lele hingga menjadi ikan siap konsumsi adalah usaha pembesaran. Ukuran ikan lele yang ideal dan layak konsumsi adalah 100-200gram/ekor namun, seringkali ukuran 50 gram sudah banyak yang dijual karena tingginya permintaan (Suyanto 2008).

Tingkat kenaikan produksi lele konsumsi secara Nasional kenaikannya sebesar 47,21 % per tahun (Direktorat & Perikanan, 2013). Pada tahun 2010 produksi lele sebesar 242,813 ton. Pada tahun 2011 produksi lele sebesar 337,557 ton (Direktorat & Perikanan, 2013). Revalitas lele sampai dengan akhir tahun 2013 mencapai produksi 758,445 ton atau meningkat rata-rata 47,21 % pertahun (Direktorat & Perikanan, 2013). Tingkat kebutuhan lele juga meningkat pesat. Pada tahun 2010 dibutuhkan 270,600 ton, pada tahun 2011 dibutuhkan 396 ton, sedangkan pada akhir tahun 2013 dibutuhkan 700 ton ikan lele nasional atau meningkat 30% tiap tahun (Direktorat & Perikanan, 2013).

Jenis lele yang banyak dibudidayakan di Indonesia dan dijumpai di pasaran saat ini adalah ikan lele dumbo (Clarias Gariepinus) (Suyanto 2008). Lele dumbo adalah ikan lele hibrida yang masuk ke Indonesia dari manca negara yaitu Taiwan yang dilakukan oleh PT Cipta Mina Sentosa. Pertama kali masuk Indonesia lewat bandara sukarno hatta lele dumbo ini tercatat bernama ilmiah Clarias fuscus dengan nama inggris populer yaitu king cat fish atau raja ikan lele. Beberapa bulan kemudian baru ada pemberitaan yang menyatakan bahwa nama yang benar adalah Clarias gariepinus. Di Taiwan ikan lele dumbo sangat digemari karena dipercaya bahwa sup ikan lele mengandung tonik dan berkhasiat tinggi.

Dalam kegiatan budidaya yang secara intensif, ikan lele dipercepat proses pertumbuhan hingga mencapai ukuran optimal. Lele dumbo merupakan populasi ikan yang dapat dipelihara dengan model hemat lahan dengan kawasan hemat air. Untuk kolam ukuran 15 m² lele dumbo dapat ditebar sebanyak 5.250 ekor benih (Direktorat & Perikanan, 2013). Selama 2, 5 bulan dapat diproduksi lele sebanyak 450 kg dengan nilai fcr (Fed Caonversion Ratio) satu (Direktorat & Perikanan, 2013).

2.3 Media Pembelajaran

Media pembelajaran adalah alat bantu berupa sarana fisik sebagai perantara yang dapat dipergunakan untuk merangsang pikiran, perasaan, perhatian, kemampuan dan menambah pengetahuan (Rusilana & Riyana 2009). Media pembelajaran yang baik adalah yang mampu mengantarkan pesan dari pengirim ke penerima melalui panca indra. Pada awal sejarah pembelajaran, media hanya dipergunakan oleh guru sebagai alat bantu menerangkan materi pelajaran. Alat bantu pertama kali yaitu dalam bentuk visual dengan tujuan dapat memberikan pengalaman visual kepada penerima dalam mendorong motivasi belajar dan mempermudah konsep. Kemudian pada abad ke-20 muncul audio visual untuk menghindari banyaknya percakapan. Pada akhir 1950 teori komunikasi mulai mempengaruhi penggunaan media yaitu sebagai alat bantu yang dapat menyalurkan pesan. Kemudian pada tahun 1965 mulai masuk pendidikan dan pembelajaran hal ini ditandai dengan perencanaan dan pengembangan pembelajaran dilaksanakan secara sistematis berdasarkan kebutuhan dan tujuan yang ingin dicapai. Media pembelajaran jika dikombinasikan dengan sebuah metode untuk menambah kualitas disebut media pembelajaran cerdas (Rusilana & Riyana 2009). Media pembelajaran cerdas adalah media alat bantu berupa sarana fisik yang mampu mengolah data, meniru pola pikir manusia dan dapat menyelesaikan suatu permasalahan yang dihadapi pengguna (Rusilana & Riyana 2009). Dari pendapat diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa media pembelajaran merupakan wadah dari pesan, materi yang ingin disampaikan adalah pesan pembelajaran dan tujuan yang ingin dicapai ialah proses pembelajaran. Munculnya media pembelajaran diharapkan banyak membantu di bidang akademik maupun non akademik khususnya bagi para pemula. Selanjutnya penggunaan media secara kreatif akan memperbesar kemungkinan bagi pengguna untuk belajar lebih banyak dengan keterampilan sesuai dengan yang menjadi tujuan pembelajaran.

Media pembelajaran dapat dikombinasikan berupa kombinasi teks, grafik, suara, animasi dan video. Bila pengguna mendapatkan pengalaman lebih dalam pembelajarannya maka disebut media pembelajaran multimedia interaktif. Multimedia Interaktif merupakan alat atau sarana pembelajaran yang berisi materi, metode, batasan-batasan dan cara mengevaluasi yang dirancang secara sistematis dan menarik untuk mencapai kompetensi / subkompetensi mata pelajaran yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya (Rusilana & Riyana 2009). Salah satu media pembelajaran interaktif adalah Simulations dan Uji coba.

Simulasi dengan situasi kehidupan nyata yang dihadapi pembudidaya, dengan maksud untuk memperoleh

pengertian global tentang proses (Rusilana & Riyana, 2009). Simulasi digunakan untuk memperagakan sesuatu (keterampilan) sehingga siswa merasa seperti berada dalam keadaan yang sebenarnya. Simulasi banyak digunakan pada pembelajaran materi yang membahayakan, sulit, atau memerlukan biaya tinggi, misalnya untuk melatih pilot pesawat terbang atau pesawat tempur. Sedangkan uji coba adalah suatu kegiatan experiment dimana pembudidaya dapat mencoba-coba untuk mendapatkan hasil yang paling optimum.

Dengan uraian diatas mengenai media pembelajaran dan jenis media interaktif dengan tujuan pembudidaya mendapatkan pengetahuan, maka dapat disimpulkan penelitian ini lebih mengarah pada tipe media interaktif Simulasi dan uji coba.

2.4 Dempster Shafer

Metode Dempster-Shafer adalah teori matematika untuk pembuktian berdasarkan fungsi kepercayaan dan pemikiran yang masuk akal. Teori ini dapat menggabungkan potongan informasi yang terpisah atau bukti dengan tingkat keyakinan untuk mengkalkulasikan kemungkinan dari suatu peristiwa (Wahyuni dan Prijodiprojo, 2013).

Belief (Bel) adalah ukuran kekuatan evidence (fakta) dalam mendukung suatu himpunan bagian. Nilai evidence biasa disebut nilai densitas yang menunjukkan seberapa besar kepercayaan terhadap suatu peristiwa yang nilainya 0 sampai 1. Belief Jika bernilai 0 (nol) maka mengindikasikan bahwa tidak ada evidence, dan jika bernilai 1 menunjukkan adanya kepastian. Menurut Giarratano dan Riley persamaan dibawah ini merupakan fungsi belief.

$$Bel(X) = \sum_{Y \in X} m(Y) \tag{2.1}$$

sedangkan Plausibility (Pls) adalah tingkat ketidakpercayaan dari evidence dinotasikan pada persamaan berikut:

$$Pls(X) = 1 - Bel(X') = 1 - \sum_{Y \in X'} m(Y) \tag{2.2}$$

dimana:

- Bel(X) = Belief (X)
- Pls(X) = Plausibility (X)
- m(X) = mass function dari (X)
- m(Y) = mass function dari (Y)

Plausibility juga bernilai 0 sampai 1, jika kita yakin akan X' maka dapat dikatakan Belief (X') = 1 sehingga dari rumus di atas nilai Pls (X) = 0 (Istiqomah dan Fadlil, 2013). Plausibility akan mengurangi tingkat kepercayaan dari evidence. Pada teori Dempster-Shafer juga dikenal adanya frame of discernment yang dinotasikan dengan FOD ini merupakan semesta pembicaraan dari sekumpulan hipotesis sehingga sering disebut dengan environment (Wuryandari dan Trisnawati, 2013), dimana:

$$\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\} \tag{2.3}$$

dimana:

Θ = FOD atau environment.

$\theta_1, \dots, \theta_n$ = elemen/unsur bagian dalam environment.

Environment mengandung elemen-elemen yang menggambarkan kemungkinan sebagai jawaban dan hanya ada satu yang akan sesuai dengan jawaban yang dibutuhkan namun tidak menutup kemungkinan semuanya atau ada 2 elemen sebagai jawaban.

Misalkan : {A,B,C,D,E} dengan

- A = Terserang Bakteri
- B = Terserang Parasit
- C = Ikan Sehat
- D = Keracunan
- E = Ikan Mati

Kemungkinan ini dalam teori Dempster-Shafer disebut dengan power set dan dinotasikan dengan $P(\Theta)$, setiap elemen dalam power set ini memiliki nilai interval antara 0 sampai 1 (Siahaan, 2015). sehingga dapat persamaan sebagai berikut:

$$\sum_{X \in P(\Theta)} m(X) = 1 \approx \sum_{X \in P(\theta)} m(X) = 1 \quad (2.4)$$

dengan $P(\Theta)$ = power set dan $m(X)$ = mass function dari (X)

sebagai contoh:

$P(\text{air keruh}) = 0,7$

$P(\text{non-air keruh}) = 1 - 0,7 = 0,3$

Pada contoh di atas belief dari air keruh adalah 0,7 sedangkan disbelief air keruh adalah 0,3. dalam teori Dempster-Shafer, disbelief dalam environment biasanya dinotasikan $m(\theta)$.

Sedangkan mass function (m) dalam teori Dempster-Shafer adalah tingkat kepercayaan dari suatu evidence, sering disebut dengan evidence measure sehingga dinotasikan dengan (m). Sebagai contoh pada aplikasi sistem pakar dalam satu penyakit terdapat sejumlah evidence yang akan digunakan pada faktor ketidakpastian dalam pengambilan keputusan untuk diagnosa suatu penyakit. Untuk mengatasi sejumlah evidence(gejala) tersebut pada teori Dempster-Shafer menggunakan aturan yang lebih dikenal dengan Dempster's Rule of Combination dengan persamaan 2.5 (Siahaan, 2015).

$$m1 \oplus m2(Z) = \sum_{X \cap Y = Z} m1(X)m2(Y) \quad (2.5)$$

dimana:

$m1 \oplus m2(Z)$ = mass function dari evidence (Z)

$m1(X)$ = mass function dari evidence (X)

$m2(Y)$ = mass function dari evidence (Y)

\oplus = operator direct sum

secara umum formulasi untuk Dempster's Rule of Combination:

$$m1 \oplus m2(Z) = \frac{\sum_{X \cap Y = Z} m1(X)m2(Y)}{1 - k} \quad (2.6)$$

dimana: k = Jumlah evidential conflict.

Menurut (siahaan, 2015) besarnya jumlah evidential conflict (k) dirumuskan pada persamaan 2.7

$$k = \sum_{X \cap Y = \emptyset} m1(X)m2(Y) \quad (2.7)$$

sehingga bila persamaan disubstitusikan akan menjadi:

$$m1 \oplus m2(Z) = \frac{\sum_{X \cap Y = Z} m1(X)m2(Y)}{1 - \sum_{X \cap Y = \emptyset} m1(X)m2(Y)} \quad (2.8)$$

dimana:

$m1 \oplus m2(Z)$ = mass function dari evidence (Z)

$m1(X)$ = mass function dari evidence (X)

$m2(Y)$ = mass function dari evidence (Y)

k= jumlah evidential conflict.

2.5 Particle Swarm Optimization

Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) diperkenalkan oleh Kennedy dan Eberhart pada tahun 1995, proses algoritmanya diinspirasi oleh perilaku sosial dari binatang, seperti sekumpulan burung dalam suatu swarm atau populasi. Dimana sekumpulan burung adalah partikel dan populasi sebagai swarm. Particle Swarm Optimization (PSO) adalah salah satu dari teknik komputasi, yang mana populasi pada PSO didasarkan pada penelusuran algoritma dan diawali dengan suatu populasi yang random yang disebut dengan particle (Tuegeh dkk, 2009). Pada awal algoritma dijalankan, dia akan membangkitkan sejumlah "kandidat solusi" sebanyak n. Dalam PSO kandidat solusi disebut partikel/burung, sejumlah n disebut swarm/populasi. Pada prosesnya solusi ini diperbarui dengan adanya iterasi atau dalam PSO partikel terbang mengelilingi ruang pencarian untuk menemukan solusi terbaik. Proses menentukan solusi terbaik yaitu dengan fungsi evaluasi yang terdiri dari fitness dan cost. Menggunakan fungsi fitness ketika tujuannya memaksimalkan nilai evaluasi sehingga semakin besar nilai evaluasi semakin bagus dan sebaliknya jika menggunakan fungsi cost. Pada penelitian ini menggunakan fungsi cost untuk meminimalkan jarak solusi dengan nilai bobot. Partikel/burung akan selalu terbang disepanjang ruang pencarian sampai dengan iterasi maksimal. Dapat diasumsikan setiap burung berhenti pada suatu titik, dia sekaligus menghitung nilai evaluasi (fitness/cost) kemudian terbang lagi sampai iterasi maksimal. Setiap partikel/burung akan mendapatkan posisi terbaik pada setiap iterasinya atau yang disebut sebagai personal best, sementara posisi terbaik dari semua partikel disebut global best. Semuanya akan dievaluasi berdasarkan nilai fitness atau cost, sehingga partikel akan terus terbang



memeriksa setiap titik (calon solusi) berdasarkan nilai fitness atau cost yang dihasilkan sampai dengan iterasi maksimal. Kemudian saat terbang, partikel punya kecepatan untuk menuju titik tertentu. Beberapa penelitian ada yang mendefinisikan pembatasan kecepatan dan ada yang tidak, selain itu besar kecepatan juga berbeda-beda tergantung permasalahan yang dihadapi. Untuk menenentukan kecepatan salah satu cara menggunakan percobaan-percobaan dan pengalaman.

Kesederhanaan algoritma dan performansinya yang baik, menjadikan PSO telah menarik banyak perhatian di kalangan para peneliti dan telah diaplikasikan dalam berbagai persoalan optimisasi sistem. Berikut pada subbab 2.5.1 akan dijelaskan langkah-langkah algoritma PSO.

2.5.1 Komponen Particle Swarm Optimization

Komponen algoritma PSO adalah sebagai berikut (Tueguh, 2009):

1. Swarm

Swarm merupakan jumlah partikel dalam populasi pada suatu algoritma. Ukuran swarm tergantung pada seberapa kompleks masalah yang dihadapi.

2. Partikel

Partikel merupakan individu dalam suatu swarm yang merepresentasikan calon solusi penyelesaian masalah. Setiap partikel memiliki kecepatan dan posisi yang ditentukan oleh representasi solusi pada saat itu.

3. Personal best (pBest)

Personal best merupakan posisi terbaik yang pernah dicapai partikel dengan membandingkan nilai cost pada posisi partikel sekarang dan sebelumnya. Personal best dipersiapkan untuk mendapatkan solusi terbaik.

4. Global best (gBest)

Global best merupakan posisi terbaik partikel yang diperoleh dengan membandingkan nilai cost terbaik dari keseluruhan partikel dalam swarm.

5. Kecepatan (Velocity)

Velocity merupakan vector yang menentukan arah perpindahan posisi sebuah partikel. Perubahan velocity dilakukan setiap iterasi dengan tujuan memperbaiki posisi partikel.

6. Bobot inersia (Inertia weight)

Parameter bobot inersia digunakan untuk mengontrol dampak dari perubahan velocity yang diberikan oleh partikel. Selain itu, perubahan bobot inersia pada beberapa penelitian menunjukkan adanya peningkatan.

7. Koefisien akselerasi

Koefisien akselerasi merupakan faktor pengontrol sejauh mana partikel berpindah dalam satu iterasi. Setiap penelitian dapat menentukan sendiri nilai koefisien akselerasi dan setiap dapat berbeda.

2.5.2 Langkah-Langkah Algoritma PSO

Algoritma PSO terdiri dari tiga tahap, yaitu pembangkitan posisi serta kecepatan partikel, update velocity, update position. Partikel berubah posisinya dari suatu perpindahan (iterasi) ke posisi lainnya berdasarkan pada update velocity.

Langkah pertama posisi x_k^i , dan kecepatan v_k^i dari kumpulan partikel dibangkitkan secara random (rand) menggunakan batas atas (xmax) dan batas bawah (xmin) seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.9 dan 3.0

$$x_0^i = x_{min} + rand(x_{max} - x_{min}) \quad (2.9)$$

$$v_0^i = x_{min} + rand(x_{max} - x_{min}) \quad (3.0)$$

Langkah kedua adalah update velocity (kecepatan) untuk semua partikel pada waktu k+1 menggunakan nilai cost posisi partikel saat ini pada saat waktu ke k.

Dalam penelitian ini, nilai cost digunakan untuk meminimalkan jarak solusi dengan bobot. Bobot merupakan nilai paling optimum yang di dapat dari hasil wawancara terhadap pakar. Jarak yang paling optimum adalah jumlah partikel yang mendekati 0(nol) namun tidak menutup kemungkinan hasil yang didapat bernilai 0(nol) seiring dengan update kecepatan dan posisi. Solusi yang di maksud adalah nilai partikel atau kandidat solusi yang di bangkitkan secara acak 0(nol) sampai 1. Persamaan 3.1 mencari nilai cost sebagai berikut:

$$\text{Nilai Cost} = \sum_{j=1}^n \text{Nilai bobot} \times \text{Nilai Tiap Partikel} - \text{Nilai Bobot} \quad (3.1)$$

Dari nilai cost dapat ditentukan partikel yang memiliki nilai global terbaik (global best) pada swarm saat ini, dan juga posisi terbaik dari tiap partikel pada semua waktu yang sekarang dan sebelumnya. Perumusan update velocity juga menggunakan beberapa parameter random. Perumusan update velocity dapat dilihat pada persamaan 3.2 sebagai berikut (Istiqomah dan Fadlil, 2013).

$$v_{k+1}^i = \omega * v_k^i + c_1 * rand * p_{best}^i - x_k^i + c_2 * rand * g_{best} - x_k^i \quad (3.2)$$

dimana :

v_k^i = kecepatan partikel i pada iterasi k

ω = inertia (fungsi pemberat)

c_1 = self confidence

c_2 = swarm confidence

rand = nilai acak antara 0 dan 1

x_k^i = posisi partikel i pada iterasi k

p_{best}^i = posisi terbaik dari partikel i

g_{best} = nilai p_best terbaik dari swarm.

Pada setiap iterasi, nilai fungsi pemberat (inertia) di-update melalui persamaan berikut (Omizogba & Adebayo, 2009).

$$\omega = \omega_{max} - \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{iter_{max}} \times iter \quad (3.3)$$

dimana :

ω_{max} = nilai pemberat (inertia) awal.

ω_{min} = nilai pemberat (inertia) akhir.

$iter_{max}$ = jumlah iterasi maksimum.

iter = jumlah iterasi terakhir.

Langkah terakhir adalah update posisi tiap partikel. Dengan adanya perubahan kecepatan, maka posisi partikel juga akan berubah pada tiap iterasi yang dapat dicari melalui persamaan berikut (Omizegba & Adebayo, 2009).

$$x_{k+1}^i = x_k^i + v_{k+1}^i \quad (3.4)$$

dimana :

x_{k+1}^i = posisi partikel saat ini

x_k^i = posisi partikel sebelumnya

v_{k+1}^i = kecepatan partikel saat ini.

Tiga langkah yang telah dipaparkan tersebut akan diulang sampai kriteria kekonvergenan terpenuhi. Kriteria kekonvergenan sangat penting dalam menghindari penambahan nilai evaluasi setelah solusi optimum didapatkan. Namun kriteria kekonvergenan tidak selalu mutlak diperlukan. Penetapan jumlah iterasi maksimal juga dapat digunakan sebagai stopping condition dari sebuah algoritma (Omizegba & Adebayo, 2009). Dalam penelitian ini stopping condition yang digunakan adalah jumlah iterasi maksimal sehingga algoritma tidak akan berhenti sebelum jumlah iterasi selesai.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Literatur

Studi literatur mempelajari mengenai dasar teori yang digunakan untuk menunjang penulisan serta pengerjaan tugas akhir. Teori-teori pendukung penulisan serta pemahaman tentang tugas akhir diperoleh dari buku, jurnal, e-book dan penelitian sebelumnya yang berkaitan tentang topik tugas akhir ini. Referensi utama yang diperlukan untuk menunjang penulisan ini diantaranya:

1. Metode Particle Swarm Optimization
2. Metode Dempster - Shafer
3. Sistem Pakar
4. Budidaya ikan lele
5. Media pembelajaran
6. Pemrograman dengan menggunakan Bahasa PHP
7. Pengujian Sistem

3.2 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, data yang digunakan dalam penelitian adalah data primer berupa data 40 fakta salah satunya adalah Kolam terpal dan 5 indikasi yaitu terserang parasit, terserang bakteri, ikan sehat, keracunan, dan ikan mati. Semua fakta-fakta yang ada di dapat dari parameter jenis kolam, persiapan air, seleksi benih, pemberian pakan, kualitas air, dan kontrol penyakit melalui wawancara dan observasi.

Lokasi penelitian di PT Indosco Sidoarjo. Indosco mempunyai budidaya ikan lele untuk mengimplementasikan obat ikan yang di produksi di perusahaan utama. Di lokasi penelitian lebih dari 12 bak dengan diameter 3 meter untuk tempat budidaya ikan lele.

3.3 Pengujian Sistem

Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem yang telah dibuat untuk mengetahui bahwa sistem telah mampu bekerja sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan. Beberapa uji coba yang akan dilakukan untuk mengevaluasi program ini adalah:

1. Uji coba untuk menentukan jumlah iterasi PSO yang optimal.
2. Uji coba untuk menentukan jumlah partikel PSO yang optimal.
3. Uji coba untuk menentukan bobo inersia maksimum dan inersia minimum yang optimal.
4. Pengujian akurasi yang didapat dari perbandingan hasil keluaran dari sistem dengan pakar.

4. PENERAPAN PSO-DEMPSTER SHAFER

PSO digunakan untuk mengoptimasi nilai densitas awal algoritma dempster shafer. Optimasi bertujuan untuk mendapatkan nilai densitas yang paling optimum berdasarkan nilai cost setiap partikel. Langkah-langkah algoritma PSO untuk diterapkan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Inisialisasi Partikel.

Panjang partikel adalah $f \times i$ (f = jumlah fakta dan i = jumlah indikasi) sehingga data dengan 40 fakta jika gabungkan ke banyaknya indikasi maka memiliki panjang partikel 200 sel dengan 40 sel terhadap indikasi terserang bakteri, 40 sel terhadap indikasi terserang parasit, 40 sel terhadap ikan sehat, 40 sel terhadap keracunan, dan 40 sel terhadap ikan mati. Panjang partikel tergantung pada masukan pengguna.

2. Menghitung nilai cost menggunakan Persamaan 3.1.

Perhitungan nilai cost digunakan untuk evaluasi sehingga dengan keadaan tertentu posisi nilai densitas berpindah menuju optimum sampai iterasi maksimal. Dalam penelitian ini, nilai cost bertujuan mencari jarak terkecil calon solusi dengan nilai bobot. Nilai bobot didapat dari wawancara yang dikonversikan ke nilai 0(nol) sampai 1.

3. Update kecepatan dan posisi partikel menggunakan Persamaan 3.2 dan Persamaan 3.4.

Update kecepatan pada penelitian ini digunakan untuk memperbarui posisi partikel setiap iterasinya berdasarkan kecepatan. Kecepatan dikonversikan bertujuan perpindahan posisi partikel tidak melewati ruang pencarian. Dalam penelitian ini batas ruang pencarian adalah nilai 1 berdasarkan nilai densitas maksimal.

4. Update Personal best dengan ketentuan sebagai berikut:

$$p_{t+1} = \begin{cases} p(t) & f(x_i(t+1)) \leq f(x_i(t)) \\ x_i(t+1) & f(x_i(t+1)) > f(x_i(t)) \end{cases}$$

Keterangan:

p_{t+1} : Personal best pada iterasi $t + 1$

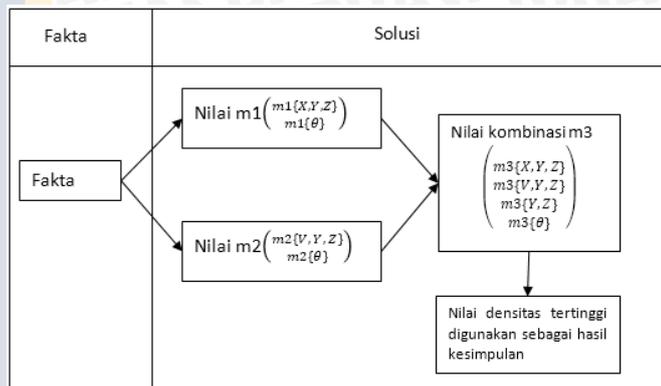
$x_i(t + 1)$: Partikel pada iterasi $t + 1$

$f(x_i(t + 1))$: nilai cost partikel pada iterasi $t + 1$

5. Update Global best.

Proses update global best adalah mencari nilai personal best yang memiliki nilai cost terbaik.

6. Ulangi langkah ke 2 sampai kriteria kondisi tertentu terpenuhi (maksimal iterasi).
7. Inialisasi nilai densitas didapat dari pembangkitan nilai pada proses PSO.
8. Menentukan nilai belief dan plausibility
9. Kombinasi fakta yang mempunyai kepercayaan terhadap suatu indikasi disebut nilai belief. Pada penelitian ini, nilai belief di dapat dari nilai densitas tertinggi pada kombinasi yang mempunyai kepercayaan terhadap indikasi. Nilai plausibility adalah kebalikanya nilai belief dinotasikan dengan Persamaan 2.2.



Gambar 2.1 Langkah Perhitungan Kombinasi Dempster Shafer

5. PENGUJIAN SISTEM

5.1 Pengujian Interval Kecepatan Partikel

Pengujian interval kecepatan partikel bertujuan untuk mengetahui interval kecepatan partikel yang sesuai sehingga dapat menghasilkan solusi penyelesaian yang optimum. Interval kecepatan dievaluasi berdasarkan nilai cost terbaik dalam swarm. PSO merupakan algoritma stokastis sehingga akan menghasilkan hasil berbeda setiap kali program dijalankan (Mahmudy 2015), karenanya untuk memperoleh rata-rata nilai keseluruhan, dilakukan percobaan sebanyak 10 kali untuk setiap interval kecepatan partikel.

Kecepatan partikel berpengaruh pada kinerja PSO dalam menemukan solusi optimum. Jika kecepatan terlalu tinggi, partikel akan berpindah tidak menentu dan PSO akan terlalu cepat dalam memutuskan suatu partikel sebagai global best atau solusi penyelesaian tanpa cukup mengeksplorasi dimensi ruang pencarian. Dampaknya, partikel-partikel tersebut akan keluar dari batas ruang dimensi pencarian dan kemungkinan terjebak pada lokal optimum semakin meningkat. Sebaliknya, jika kecepatan terlalu kecil maka pergerakan partikel akan terbatas sehingga menyebabkan partikel akan sulit untuk mencapai konvergensi (Jordehi., et al, 2013).

Pada percobaan ini evaluasi pertama (evaluasi 1) adalah nilai cost yang dinyatakan baik dalam satu partikel mendekati 0 (nol) dan nilai partikel melebihi 1 (satu). Jika semakin mendekati 0 (nol) dan tidak melebihi 1 maka besar interval kecepatan akan dinyatakan baik. Presentasi pada pengujian ini lebih banyak pada nilai partikel yang tidak melebihi 1. Besar interval kecepatan adalah 50% sampai dengan 0.05% dari interval posisi partikel.

5.2 Pengujian Parameter PSO

5.2.1 Pengujian Bobot Inersia

Pengujian bobot inersia bertujuan untuk mengetahui kombinasi bobot inersia maksimal (W_max) dan bobot inersia minimal (W_min) yang tepat guna memperoleh nilai cost yang optimal. Nilai bobot inersia maksimal yang digunakan adalah 0.9, 0.8, dan 0.4 sedangkan nilai bobot inersia minimal yang digunakan adalah 0.2, 0.3, 0.4. kombinasi bobot inersia maksimal dan minimal dievaluasi berdasarkan rata rata nilai cost terbaik. Untuk memperoleh rata-rata nilai secara keseluruhan, dilakukan percobaan sebanyak 10 kali untuk tiap kombinasi bobot inersia

5.2.2 Pengujian Koefisien Akselerasi

Pengujian koefisien akselerasi dilakukan untuk mengetahui kombinasi koefisien akselerasi 1 dan koefisien akselerasi 2 terbaik guna memperoleh nilai cost terbaik yang mendekati 0 (nol). Karena PSO akan menghasilkan hasil yang berbeda setiap dijalankan maka dibutuhkan percobaan 10 kali untuk setiap kombinasi koefisien akselerasi.

5.2.3 Pengujian Jumlah Iterasi

Pengujian jumlah iterasi dilakukan untuk mengetahui jumlah iterasi yang tepat untuk memperoleh nilai cost terbaik yaitu mendekati nilai 0 (nol). Jumlah iterasi yang digunakan adalah kelipatan 10. PSO merupakan algoritma stokastis sehingga akan menghasilkan hasil yang berbeda setiap kali program dijalankan (Mahmudy, 2015), karenanya untuk memperoleh rata-rata nilai keseluruhan, dilakukan percobaan sebanyak 10 kali setiap jumlah iterasi.

5.2.4 Pengujian Ukuran Swarm

Pengujian swarm dilakukan untuk mengetahui jumlah populasi yang dibutuhkan untuk memperoleh nilai cost terbaik. Jumlah partikel dalam swarm yang digunakan adalah kelipatan 5. Ukuran swarm optimum dievaluasi berdasarkan nilai rata-rata cost terbaik. PSO merupakan algoritma stokastis sehingga akan menghasilkan hasil berbeda setiap kali program dijalankan (Mahmudy, 2015) karenanya dalam percobaan dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap ukuran swarm.

5.3 Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui tingkat performa kecocokan keluaran sistem dengan keluaran dari pakar. Pada pengujian akurasi ini juga bertujuan untuk mengetahui perbandingan metode sebelum hybrid PSO-Dempster dan sesudah dilakukan hybrid sehingga dapat diketahui peningkatan performa sistem. Pada pengujian akurasi dilakukan 20 data uji yang diperoleh dari wawancara dan menghasilkan data kombinasi budidaya ikan lele. Dari data 20 data uji dilakukan analisa kesesuaian antara hasil sistem dengan hasil yang dilakukan pakar. Pakar menetapkan 20 kasus beserta hasil indikasi yang nantinya dievaluasi dengan hasil keluaran sistem menggunakan metode PSO-Dempster shafer. Hasil pengujian akurasi sesudah hybrid dan sebelum hybrid PSO-Dempster Shafer dari 20 data kasus yang telah diuji ditunjukkan pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Akurasi Hybrid PSO-Dempster Shafer Dengan Hasil Pakar

Percobaan	Fakta yang dipilih	Hasil Indikasi Sistem	Hasil Indikasi Pakar	Akurasi Sistem
-----------	--------------------	-----------------------	----------------------	----------------

1	1. Kolam Terpal 2. Muncul Lendir di tubuh 3. Ukuran bibit ikan ideal 4. pemerian anti septik 1-2 kali/minggu 5. ikan lebih aktif 6. penebaran fermentasi diatas 500 ml	Terserang Bakteri	Terserang Bakteri	1
2	1. Kolam fiber 2. Terdapat amoniak di air 3. Bau semen 4. kanibalisme tinggi	Ikan keracunan	Ikan Keracunan	1
3	1. Kolam tanah 2. Keseragaman bibit dibawah 80% 3. ukuran benih diatas 2cm 4. warna ikan pucat	Ikan Sehat	Ikan Sehat	1
4	1. Kolam bata 2. ikan sering dipermukaan bawah 3. suhu diatas 30 derajat	Terserang Bakteri, Terserang Parasit	Terserang Bakteri, Terserang Parasit	1
5	1. Kolam cor beton 2. Pemberian prebiotik 20-40ppm/minggu 3. pemberian anti septik 1-2 kali/minggu 4. temperatur suhu tidak stabil	Ikan Keracunan	Ikan Keracunan	1
6	1. Kolam Fiber 2. Ukuran benih diatas 2cm 3. Keseragaman bibit diatas 80%	Ikan Sehat	Ikan Sehat	1
7	1. Kolam tanah 2. suhu dibawah 30 derajat 3. pembuangan kotoran 2-3 kali/minggu 4. pembuangan kotoran lebih dari 4 kali/minggu 5. ukuran kepala terlalu besar	Ikan Sehat	Ikan Sehat	1
8	1. kolam terpal 2. penebaran fermentasi diatas 500ml 3. tulang sirip ikan runcing 4. muncul lendir di tubuh	Terserang Bakteri, Ikan Sehat	Terserang Bakteri, Ikan Sehat	1
9	1. Kolam bata 2. keseragaman bibit diatas 80%	Ikan Sehat, Ikan Mati	Ikan Sehat	0
10	1. terdapat amoniak di air 2. ukuran kepala terlalu besar 3. pertumbuhan ikan lambat 4. warna ikan pucat	Ikan Keracunan	Ikan Keracunan	1
11	1. Kolam bata 2. Pergerakan ikan lambat 3. kanibalisme tinggi	Ikan Keracunan, Terserang Bakteri	Ikan Mati	0
12	1. Kolam fiber 2. ukuran benih dibawah 2cm 3. keseragaman bibit diatas 80% 4. ukuran kepala terlalu besar 5. air tercemar H2S 6. pertumbuhan ikan lebih cepat 7. pemberian	Ikan Mati	Ikan Sehat	1

		prebiotok lebih dari 30ppm/minggu			
13	1. kolam cor beton 2. air tampak keruh 3. terdapat bahan organic di kolam	Ikan Keracunan	Ikan Keracunan	1	
14	1. ukuran benih dibawah 2 cm	Terserang Parasit, Ikan Mati	Terserang Parasit, Ikan Mati	1	
15	1. pergerakan ikan lambat 2. kanibalisme tinggi	Terserang Bakteri, Ikan Keracunan	Terserang Bakteri, Ikan Keracunan	1	
16	1. PH air berubah-ubah 2. ukuran kepala terlalu besar 3. ikan sering dipermukaan bawah 4. warna ikan pucat	Terserang Parasit	Terserang Parasit	1	
17	1. Obat sterilisasi air banyak (0,3 mm keatas) 2. penebaran fermentasi diatas 500 ml 3. pembuangan kotoran lebih dari 4 kali/minggu 4. pemberian prebiotik 20-40ppm/minggu	Ikan Keracunan	Ikan Keracunan	1	
18	1. Ikan mengambang 2. pertumbuhan ikan lebih cepat	Ikan Sehat	Ikan Sehat	1	
19	1. Suhu dibawah 30 derajat	Terserang Bakteri, Terserang Parasit, Ikan Sehat, Ikan Mati	Terserang Bakteri, Terserang Parasit, Ikan Sehat, Ikan Mati	1	
20	1. Kolam tanah 2. keseragaman bibit dibawah 80% 3. terdapat amoniak di air 4. tulang sirip ikan runcing	Ikan Sehat	Ikan Sehat	1	

Hasil Akurasi bernilai 1 berarti keluaran dari perhitungan sistem sama dengan hasil dari pakar, sebaliknya jika hasil akurasi 0 artinya keluaran sistem tidak sama dengan pakar. Berdasarkan Tabel 5.1 dilakukan perhitungan akurasi sebagai berikut.

$$\text{Nilai akurasi} = 18/20 \times 100\% = 90\%$$

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Akurasi Dempster Shafer Dengan Hasil Pakar

Percobaan	Fakta yang dipilih	Hasil Indikasi Sistem	Hasil Indikasi Pakar	Akurasi Sistem
1	1. Kolam Terpal 2. Muncul Lendir di tubuh 3. Ukuran bibit ikan ideal 4. pemerian anti septik 1-2 kali/minggu 5. ikan lebih aktif 6. penebaran fermentasi diatas 500 ml	Terserang Bakteri	Terserang Bakteri	1
2	1. Kolam fiber 2. Terdapat amoniak di air 3. Bau semen 4. kanibalisme tinggi	Ikan Mati	Ikan Keracunan	0
3	1. Kolam tanah 2. Keseragaman bibit	Terserang Parasit,	Ikan Sehat	0



	3. dibawah 80% ukuran benih diatas 2cm 4. warna ikan pucat	Ikan Keracunan		
4	1. Kolam bata 2. ikan sering dipermukaan bawah 3. suhu diatas 30 derajat	Terseang Bakteri, Terseang Parasit	Terseang Bakteri, Terseang Parasit	1
5	1. Kolam cor beton 2. Pemberian prebiotik 20-40ppm/minggu 3. pemberian anti septik 1-2 kali/minggu 4. temperatur suhu tidak stabil	Ikan Keracunan	Ikan Keracunan	1
6	1. Kolam Fiber 2. Ukuran benih diatas 2cm 3. Keseragaman bibit diatas 80%	Ikan Sehat	Ikan Sehat	1
7	1. Kolam tanah 2. suhu dibawah 30 derajat 3. pembuangan kotoran 2-3 kali/minggu 4. pembuangan kotoran lebih dari 4 kali/minggu 5. ukuran kepala terlalu besar	Ikan Sehat	Ikan Sehat	1
8	1. kolam terpal 2. penebaran fermentasi diatas 500ml 3. tulang sirip ikan runcing 4. muncul lendir di tubuh	Terseang Bakteri	Terseang Bakteri, Ikan Sehat	0
9	1. Kolam bata 2. keseragaman bibit diatas 80%	Ikan Sehat, Ikan Mati	Ikan Sehat	0
10	1. terdapat amoniak di air 2. ukuran kepala terlalu besar 3. pertumbuhan ikan lambat 4. warna ikan pucat	Ikan Keracunan	Ikan Keracunan	1
11	1. Kolam bata 2. Pergerakan ikan lambat 3. kanibalisme tinggi	Ikan Mati	Ikan Mati	1
12	1. Kolam fiber 2. ukuran benih dibawah 2cm 3. keseragaman bibit diatas 80% 4. ukuran kepala terlalu besar 5. air tercemar H2S 6. pertumbuhan ikan lebih cepat 7. pemberian prebiotok lebih dari 30ppm/minggu	Ikan Sehat	Ikan Sehat	1
13	1. kolam cor beton 2. air tampak keruh 3. terdapat bahan organic di kolam	Ikan Keracunan	Ikan Keracunan	1
14	1. ukuran benih dibawah 2 cm	Terseang Parasit, Ikan Mati	Terseang Parasit, Ikan Mati	1
15	1. pergerakan ikan lambat 2. kanibalisme tinggi	Ikan Mati	Terseang Bakteri, Ikan Keracunan	0
16	1. PH air berubah-ubah 2. ukuran kepala terlalu besar 3. ikan sering	Terseang Parasit	Terseang Parasit	1

	4. dipermukaan bawah warna ikan pucat			
17	1. Obat sterilisasi air banyak (0,3 mm keatas) 2. penebaran fermentasi diatas 500 ml 3. pembuangan kotoran lebih dari 4 kali/minggu 4. pemberian prebiotik 20-40ppm/minggu	Ikan Keracunan	Ikan Keracunan	1
18	1. Ikan mengambang 2. pertumbuhan ikan lebih cepat	Ikan Sehat	Ikan Sehat	1
19	1. Suhu dibawah 30 derajat	Terseang Bakteri, Terseang Parasit, Ikan Sehat, Ikan Mati	Terseang Bakteri, Terseang Parasit, Ikan Sehat, Ikan Mati	1
20	1. Kolam tanah 2. keseragaman bibit dibawah 80% 3. terdapat amoniak di air 4. tulang sirip ikan runcing	Ikan Sehat	Ikan Sehat	1

Berdasarkan Tabel 6.14 dilakukan perhitungan akurasi dan menghasilkan nilai akurasi sebagai berikut.

$$\text{Nilai akurasi} = 15/20 \times 100\% = 75\%$$

Akurasi sistem sesudah di hybrid dengan PSO berdasarkan 20 data uji adalah sebesar 90%. Nilai presentase diperoleh dari pembagian data yang benar sebesar 18 dari 20 kasus sebenarnya. Nilai akurasi tersebut diperoleh dikarenakan pada percobaan 9 dan 11 terjadi perbedaan hasil keluaran sistem dengan pakar dimana pada percobaan 9 hasil dari pakar adalah ikan sehat sedangkan keluaran sistem adalah ikan sehat, ikan mati. Selain itu pada percobaan 11 juga terjadi perbedaan hasil keluaran sistem dengan pakar. Sedangkan sebelum di hybrid keluaran sistem menghasilkan akurasi 75%. Hal ini disebabkan karena kedua indikasi mempunyai fakta-fakta yang mirip sehingga sistem sedikit kesulitan dalam melakukan prediksi. Ketidakakurasi sistem ini juga dapat disebabkan oleh subjektifitas nilai densitas yang didapat dari perhitungan PSO maupun pakar itu sendiri. Namun pada penelitian ini dapat mengoptimalkan kinerja sistem dalam menangani sebuah permasalahan tanpa terlalu ketergantungan kepada pakar. Karakteristik metode Dempster-Shafer yang terlihat pada penelitian ini adalah apabila semakin sedikit fakta dan fakta dari indikasi bersifat umum maka hasil keluarannya dapat menyebar ke banyak indikasi. Sebaliknya, jika semakin banyak fakta dan fakta dari indikasi semakin spesifik maka hasil keluarannya akan lebih spesifik ke suatu indikasi tertentu.

6. KESIMPULAN

Algoritma PSO-Dempster Shafer dapat digunakan untuk memprediksi indikasi berdasarkan kombinasi fakta budidaya ikan lele. Hal tersebut dilakukan dengan mendefinisikan partikel sebagai representasi penyelesaian. Panjang partikel adalah banyaknya fakta yang dipilih sehingga jika fakta yang dipilih berjumlah 4 maka panjang inialisasi partikel pertama merepresentasikan fakta 1 dan seterusnya sejumlah fakta yang dipilih. Setiap inialisasi partikel,

pembangkitan nilai awal diisi berdasarkan nilai bobot dari pakar sehingga jika pada bobot dari pakar bernilai 0(nol) yang artinya tidak ada pengaruh terhadap indikasi maka tidak akan dibangkitkan nilainya. Selama proses optimasi, kecepatan dan posisi partikel selalu diperbarui. Solusi penyelesaian berupa nilai densitas optimum yang merupakan posisi terbaik yang pernah dicapai sebuah partikel sampai dengan iterasi tertentu. Posisi terbaik yang pernah dicapai tersebut yang dijadikan sebagai inisialisasi awal pada algoritma Dempster Shafer untuk diproses lebih lanjut sampai menghasilkan kesimpulan sistem berupa indikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Eka, M., 2016. Hybrid Particle Swarm Optimization dan K-Means untuk Clustering Data Penentuan UKT.

Engelbrecht, A. P., 2007. Computational Intelligent. Second Edition penyunt. South Africa: s.n.

Direktorat, 2014. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. [Online]

Available at: <http://www.djpb.kkp.go.id/>

[Accessed 26 03 2016].

Rusilana, R. dan Riyana, C. eds., 2009. Media Pembelajaran. [e-book] Penerbit CV Wacana Prima. Tersedia di: Google Books <<http://booksgoogle.com>> [Diakses 26 Mei 2016].

Suyanto Rachmatun.S. eds., 2008. Budidaya Ikan Lele. [e-book] Penerbit Penebar Swadaya. Tersedia di: Google Books <<http://booksgoogle.com>> [Diakses 09 Mei 2016].

Glasgow, H. A. J., 2012. Swarm Intelligence: Concepts, Models and Applications. Canada: s.n.

Hosseini, M., 2016. Estimation of soil mechanical resistance parameter by using particle.

Jordehi, R., 2013. Parameter selection in particle swarm.

Kusrini, 2006. Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Hati Menggunakan Metode Forward Chaining. Dalam: Sistem Pakar. Teori dan Aplikasi. Yogyakarta: ANDI.

Muliantara, A., 2012. Penentuan Komposisi Bahan Pakan Ikan Lele Yang Optimal Dengan Menggunakan Metode IWO-Subtractive Clustering. Jurnal Ilmu Komputer, 5(2), pp. 23-28.

Omizegba, E. E. & Adebayo, G., 2009. Optimizing Fuzzy Membership Functions Using Particle Swarm Algorithm. San Antonio, TX, USA, Proceedings of IEEE International Conference in Systems, Man, and Cybernetics.

Permana, K. E. & Hashim, S. Z. M., 2010. Fuzzy Membership Function Generation using Particle Swarm Optimization. International Journal Problems Compt. Math., 3(1).

Sheikhpour, R., Sarram, M. A. & Sheikhpour, R., 2016. Particle Swarm Optimization for Bandwith

Determination and Feature Selection of Kernel Density Estimation Based Classifiers in Diagnosis of Breast Cancer. Applied Soft Computing, Volume 40, pp. 113-131.

Shi, Y., 2016. A Modified Particle Swarm Optimizer.

Tuegeh, Maickel, Soeprijanto dan Purnomo, Mauridhi H. 2009. Modified Improved Particle Swarm Optimization For Optimal Generator Scheduling. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2009 (SNATI 2009) ISSN: 1907-5022 Yogyakarta, 20 Juni 2009.

Valente, F., 2009. Multi-stream speech recognition based on. ScienceDirect.

Valle, Y. D., 2008. Particle Swarm Optimization: Basic Concepts, Variants and Applications in Power Systems. Volume 12, p. 2.

Wahyuni, E. G. dan W. Prijodiprojo. 2013. Prototype Sistem Pakar untuk Mendeteksi Tingkat Resiko Penyakit Jantung Koroner dengan Metode Dempster-Shafer (Studi Kasus: RS. PKU Muhammadiyah Yogyakarta). IJCCS, Vol. 7, No. 2, July 2013, pp: 133-144.