

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Bab ini menjelaskan tentang kajian pustaka membahas penelitian yang telah dilakukan dan yang penulis usulkan. Dasar teori memaparkan teori-teori yang menjadi landasan dalam Optimasi Kandungan Gizi Susu Kambing Peranakan Etawa Menggunakan *Extreme Learning Machine* (ELM) dan *Improved-Particle Swarm Optimization* (IPSO). Dalam penulisan penelitian ini telah dikaji beberapa penelitian sebelumnya dengan kasus dan metode yang hampir sama.

2.1 Kajian Pustaka

Pada penelitian sebelumnya tentang penggunaan *Artificial Neural Network* (ANN) dan algoritme optimasi telah dilakukan. Cholissodin et, al menggunakan *Extreme Learning Machine* (ELM) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk membuat pemodelan pakan kambing dalam mengoptimalkan kandungan gizi susu kambing etawa. Dalam analisis pengujian konvergensi yang dilakukan dengan kasus kambing dengan berat 32 kg, serta jenis pakan menggunakan rumput odot 70% dan rumput raja 30% terjadi konvergensi pada iterasi ke-20 dengan nilai *fitness* terbaik 16,2712 (Cholissodin, et al., 2017).

Caesar et, al membandingkan *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) serta *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Genetic Algorithm* dalam membuat pemodelan pakan kambing dalam mengoptimalkan kandungan gizi susu kambing etawa. Dalam pengujian menggunakan kasus kambing dengan berat 32 kg, serta pakan menggunakan rumput odot 70% dan rumput raja 30%. Analisis pengujian menggunakan ANN-PSO , rata-rata kandungan protein naik 0,707% dan rata-rata kandungan lemak turun 0,879%. Analisis pengujian menggunakan ANN-GA , rata-rata kandungan protein naik 0,0852% dan rata-rata kandungan lemak turun 02,3254 % (Caesar, et al., 2016).

Huang et, al mengusulkan metode baru yang diberi nama *Extreme Learning Machine*. ELM mempunyai kelebihan *learning speed* yang sangat cepat. Penggunaan matriks generalisasi *inverse Moore-Penrose* membuat ELM tidak hanya meminimalkan *error* namun juga meminimalkan norma bobot sehingga performa generalisasinya baik. Dalam penelitiannya, Huang et, al membuktikan bobot dan bias untuk SLFNs performa ELM dibandingkan dengan algoritme *back-propagation* dan *support vector machine* dalam berbagai data (Huang, et al., 2006).

Yonghe et, al membuat 6 model percobaan dalam penelitiannya dengan objek seleksi fitur untuk klasifikasi teks. Model yang menerapkan *inertia weight* dan *constriction factor* secara asinkron menghasilkan hasil yang terbaik untuk teks klasifikasi maupun kestabilan dalam dimensi yang berbeda. *Inertia weight* digunakan untuk menyeimbangkan eksplorasi dan eksploitasi. *Constriction factor* digunakan untuk memastikan konvergensi (Yonghe, et al., 2015).

Analisis pustaka dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No.	Judul	Objek	Metode	Hasil
1	Optimasi Kandungan Gizi Susu Kambing Peranakan Etawa (PE) Menggunakan ELM-PSO Di UPT Pembibitan Ternak Dan Hijauan Makanan Ternak Singosari-Malang	Komposisi pakan kambing etawa	<i>Extreme Learning Machine</i> dan <i>Particle Swarm Optimization</i>	Terjadi konvergensi pada iterasi ke-20 dengan nilai <i>fitness</i> terbaik yaitu 16,2712.
2	Perbandingan Metode ANN-PSO Dan ANN-GA Dalam Pemodelan Komposisi Pakan Kambing Peranakan Etawa (PE) Untuk Optimasi Kandungan Gizi	Komposisi pakan kambing etawa	<i>Artificial Neural Network</i> dan <i>Particle Swarm Optimization</i> , <i>Artificial Neural Network</i> dan <i>Genetic Algorithm</i>	Dengan menggunakan ANN-PSO rata-rata kandungan protein meningkat 0,707% dan rata-rata kandungan lemak turun 0,879%. Sedangkan menggunakan ANN-GA rata-rata kandungan protein meningkat 0.852% dan lemak turun 2.3254%.
3	<i>Extreme Learning Machine: Theory and applications</i>		<i>Extreme Learning Machine</i>	<i>Extreme Learning Machine</i> lebih cepat dibanding algoritme <i>back-propagation</i> dan <i>support vector machine</i> .
4	<i>Improved particle swarm optimization algorithm and its application in text feature selection</i>	<i>Text feature</i>	<i>Improved Particle Swarm Optimization</i>	Penerapan <i>constriction factor</i> dan <i>inertia weight</i> secara asinkron memberikan hasil yang lebih baik dari yang lain.

Berdasarkan penelitian - penelitian sebelumnya, penelitian Optimasi Kandungan Gizi Susu Kambing Etawa Menggunakan *Extreme Learning Machine* dan *Improved-Particle Swarm Optimization* dapat dilakukan. *Extreme Learning Machine* digunakan untuk membangun model sedangkan *Improved-Particle Swarm Optimization* digunakan untuk mengoptimasi bobot dan bias ELM serta komposisi pakan kambing.

2.2 Kambing Peranakan Etawa (PE)

Kambing Peranakan Etawa ini dibudidayakan pertama kali oleh masyarakat Kaligesing, Purworejo, Jawa Tengah. Kambing PE telah ada kurang lebih 80 tahun yang lalu (Davendra & Burn, 1994). Sejak lama kambing PE sudah menyebar ke berbagai wilayah di Indonesia dan mendominasi spesies kambing di Indonesia bagian barat, khususnya Pulau Jawa. Kambing Peranakan Etawa (PE) merupakan hasil persilangan pejantan Etawa dengan kambing Kacang. Terkenal dengan kualitas susu yang baik. Kambing Peranakan Etawa (PE) berkembang baik di daerah yang dingin. Kambing ini memiliki moncong yang lancip, telinga tebal dan lebih panjang dari kepalanya, leher tidak bersurai, sosok tubuh terlihat tebal dan bulu tubuhnya kasar (Sarwono, 1993).

Ciri-ciri kambing Peranakan Etawa (PE) adalah sebagai berikut:

- Warna bulu beragam mulai dari merah coklat, putih belang, bercak hitam atau kombinasi ketiga warna.
- Terdapat rambut lebat dan panjang pada bagian belakang.
- Tanduknya melengkung ke belakang.
- Telinga lebar dan menggantung.
- Berkepala tegak.
- Postur tubuh tinggi.
- Tinggi badan kambing jantan 90-100 cm, sedangkan betina 70-90cm
- Panjang badan kambing jantan sekitar 85-105 cm, sedangkan betina 65-85 cm
- Bobot kambing jantan dewasa 90 kg, sedangkan betina 70 kg.

2.3 Susu Kambing

Susu adalah pangan hewani berwarna cairan putih yang didapatkan dari hasil pemerahan hewan ternak mamalia (Hadiwiyato, 1994). Susu merupakan bahan makanan yang istimewa bagi manusia karena lezat dan komposisinya ideal. Susu juga mengandung semua zat yang dibutuhkan oleh tubuh, semua zat makanan yang terkandung dalam susu mudah dicerna dan dimanfaatkan oleh tubuh (Ressang & Nasution, 1982). Susu merupakan sumber energi karena mengandung laktosa dan lemak, sumber zat pembangun karena mengandung protein dan mineral serta sebagai bahan-bahan pembantu proses metabolisme seperti mineral dan vitamin (Sumudhita, 1989).

2.3.1 Kandungan Gizi Susu Kambing

Susu kambing mempunyai kelebihan dibanding susu sapi dalam hal kandungan gizi. Kandungan gizi susu kambing relatif lebih lengkap dan seimbang jika dibandingkan dengan susu sapi (Fitriyanto, et al., 2013). Lemak susu kambing mempunyai sifat yang mudah dicerna dari pada susu sapi, karena diameter globulin lemak susu kambing lebih banyak yang berdiameter kecil (Devendra, 1980). Protein susu kambing lebih mudah dicerna dan lebih efisien penyerapannya karena ukuran kasein pada susu kambing lebih kecil dari pada susu sapi (Jennes, 1980). Protein susu kambing juga didominasi oleh *Beta-Casein*, jenis protein yang sama pada ASI. Protein susu kambing saat bercampur dengan asam lambung dalam sistem pencernaan mampu menghasilkan senyawa-senyawa yang mudah diserap sehingga susu kambing aman dikonsumsi oleh penderita penyakit Maag (Gastritis) (Prawira, et al., 2007).

Perbandingan kandungan gizi susu kambing, susu sapi dan Air Susu Ibu (ASI) per 100 gram dapat dilihat pada Tabel 2.1 (Sutama & Budiarsana, 1997).

Tabel 2.2 Perbandingan Kandungan Gizi Susu Kambing, Susu Sapi dan ASI

No	Kandungan	Susu Kambing	Susu Sapi	Air Susu Ibu (ASI)
1	Protein (g)	3,6	3,3	1,0
2	Lemak (g)	4,2	3,3	4,4
3	Karbohidrat (g)	4,5	4,7	6,9
4	Kalori (g)	69	61	70
5	Fosfor I (g)	111	93	14
6	Kalsium (g)	134	19	32
7	Magnesium (g)	14	13	3
8	Besi (g)	0,05	0,05	0,03
9	Natrium (g)	50	49	17
10	Kalium (g)	204	152	51
11	Vitamin A (IU)	185	126	241
12	Thiamin (mg)	0,05	0,04	0,014
13	Riboflavin (g)	0,14	0,16	0,04
14	Niacin (mg)	0,28	0,08	0,18
15	Vitamin B6 (mg)	0,05	0,04	0,01

Sumber: Diadaptasi dari US Department of Agriculture (1976)

2.4 Pakan Kambing

Pakan adalah bahan yang dapat dimakan, dicerna dan diserap baik secara keseluruhan atau sebagian dan tidak mengganggu kesehatan ternak yang mengonsumsinya (Kamal, 1998). Pakan berfungsi sebagai pembangunan dan pemeliharaan tubuh, sumber energi, produksi, dan pengatur proses-proses dalam tubuh (Subekti, 2009). Komponen yang dimanfaatkan oleh ternak disebut dengan zat gizi (Tillman, 1983). Kandungan zat gizi yang harus ada dalam pakan adalah protein, lemak, karbohidrat, mineral, vitamin dan air. Bahan pakan sapi dapat digolongkan berupa: rumput, daun-daunan, jerami, hasil-hasil pertanian, hasil samping/sisa industri pertanian. Kuantitas pemberian pakan hijauan pada kambing sangat berpengaruh terhadap bobot badan yang dimiliki setiap kambing. Berdasarkan kandungan zat gizinya, bahan pakan dikelompokkan dalam 5 kelompok, yaitu (Subekti, 2009):

1. Sumber energi yaitu yang mengandung protein kurang dari 20%, serat kasar kurang dari 18% dan kandungan dinding sel kurang dari 39%.
2. Sumber protein yaitu pakan yang mengandung protein lebih dari 20%.
3. Sumber mineral
4. Sumber vitamin
5. Pakan tambahan

2.4.1 Kandungan Gizi Pakan Kambing Peranakan Etawa (PE)

Pakan ternak memegang peranan yang sangat penting dalam usaha peternakan. Pakan ternak harus terjaga kualitas dan kuantitas agar proses perkembangan, produksi dihasilkan menjadi baik. Berikut adalah tabel kandungan gizi dalam 1 kg dari 10 jenis bahan pakan Kambing PE berupa pakan hijauan dan rumput-rumputan.

Tabel 2.3 Kandungan Gizi Bahan Pakan Kambing PE

No	Nama Bahan Pakan	Abu (%)	PK (%)	LK(%)	SK(%)
1	Rumput Taiwan	18.78	16.90	1.20	26.45
2	Rumput Odot	16.97	17.03	1.76	24.84
3	Rumput Setaria	11.5	8.5	1.76	32.5
4	Rumput Raja	18.6	13.5	3.5	24.84
5	Rumput <i>brachiaria decumbens</i>	10.6	8.3	1.2	38.3
6	Kaliandra	7.27	21.55	2.99	13.96
7	Gamal	9.60	19.96	3.85	17.59
8	Lamtoro	0	24.2	3.7	21.5
9	Turi	0	29.2	3.4	17.2

Tabel 2.3 Kandungan Gizi Bahan Pakan Kambing PE (lanjutan)

No	Nama Bahan Pakan	Abu (%)	PK (%)	LK(%)	SK(%)
10	Tarum	6.42	24.17	0	0

Sumber: Dinas Peternakan Provinsi Jawa Timur

Keterangan:

1. Abu

Abu adalah kandungan gizi yang mengandung unsur-unsur berupa Mg, Fe, Ca, Na, K, CL dan P yang terkandung dalam zat pakan anorganik berupa abu.

2. Protein Kasar (PK)

Protein adalah zat pakan organik yang kompleks dengan berat molekul yang tinggi dan sering digunakan untuk mengefisiensikan penggunaan energi dan pertumbuhan otot pada hewan ternak. Kandungan gizi yang terdapat pada pakan hijauan yang dibutuhkan oleh kambing PE berupa protein kasar.

3. Lemak Kasar (LK)

Lemak adalah kelompok dari golongan lipida yang terkandung pada semua bahan pangan dengan persentase kandungan lemak yang berbeda-beda antar bahan pakan. Kandungan lemak yang ada di dalam bahan pakan sering disebut sebagai lemak kasar, yaitu suatu kandungan yang berupa total lipida dalam jumlah yang sebenarnya.

4. Serat Kasar (SK)

Serat kasar adalah kumpulan sisa-sisa sel bahan pakan yang tahan terhadap reaksi hidrolisis enzim-enzim pada saluran pencernaan hewan ternak yang tersusun dari karbohidrat. Jumlah pakan yang dikonsumsi oleh hewan ternak dapat menentukan jumlah serat kasar yang ada dalam pakan tersebut.

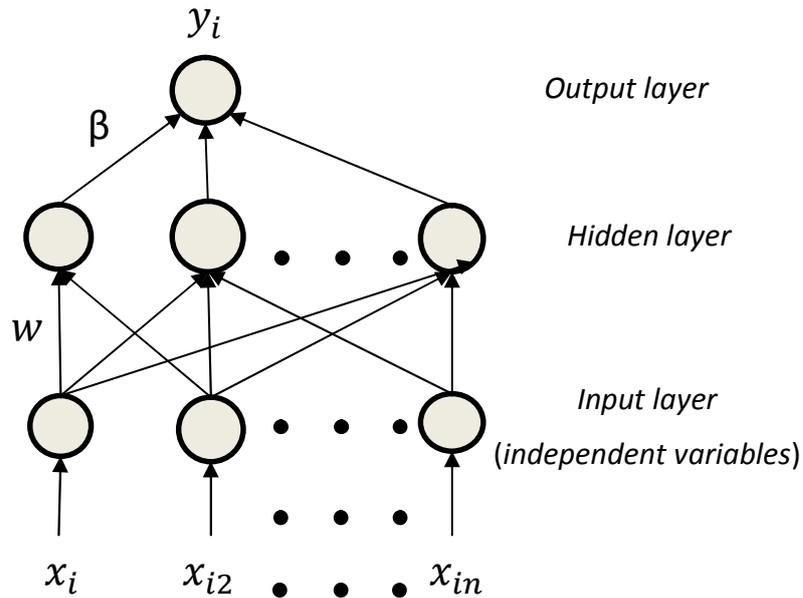
2.5 Extreme Learning Machine (ELM)

ELM ini pertama kali diperkenalkan oleh Huang (2004). ELM merupakan jaringan saraf tiruan (JST) feedforward dengan single *hidden layer* atau disebut dengan *Single Hidden layer Feedforward Neural Networks* (SLFNs). Metode pelatihan ELM dibuat untuk mengatasi kelemahan jaringan saraf tiruan *feedforward*, terutama *learning speed* (Huang, Zhu, & Siew, 2005).

Kelebihan *Extreme Learning Machine* dibanding algoritme lainnya:

- *Learning speed* ELM sangat cepat.
- ELM mempunyai performa yang lebih baik dibanding algoritme *gradient-based learning* seperti *backpropagation* dalam banyak kasus.
- ELM lebih sederhana. ELM tidak perlu metode tambahan untuk mengatasi masalah seperti *learning rate* yang salah, *overfitting*, dan lainnya.

Struktur ELM dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur ELM

Langkah-langkah pelatihan ELM:

1. Buat bobot secara acak. Matriks bobot berdimensi *hidden node* \times banyak fitur.
2. Hitung matriks keluaran *hidden layer* (H) dengan Persamaan 2.1.

$$H = 1/(1 + \exp(-X.W^T + b)) \quad (2.1)$$

3. Hitung *output weight* (β) dengan Persamaan 2.2.

$$\beta = H^\dagger.Y \quad (2.2)$$

$$H^\dagger = (H^T.H)^{-1}.H^T \quad (2.3)$$

4. Hitung hasil prediksi (\hat{Y}) dengan Persamaan 2.4.

$$\hat{Y} = H.\beta \quad (2.4)$$

Langkah-langkah pengujian ELM:

1. Diketahui bobot, bias, dan β .
2. Hitung H menggunakan Persamaan 2.1. Data yang digunakan adalah data uji.
3. Hitung \hat{Y} menggunakan Persamaan 2.4.
4. Evaluasi menggunakan MSE.

2.5.1 Mean Square Error (MSE)

Mean Square Error (MSE) adalah metode evaluasi yang sering digunakan dalam jaringan saraf tiruan. Semakin kecil nilai MSE semakin baik sebuah model. MSE dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (Y - \hat{Y})^2 \quad (2.5)$$

Keterangan:

Y = hasil asli

\hat{Y} = hasil prediksi

n = banyak data

2.6 Particle Swarm Optimization (PSO)

Algoritme PSO ini awalnya diusulkan oleh J. Kennedy dan R. C. Eberhart (Kennedy & Eberhart, 1995). Kehidupan populasi burung dan ikan dalam bertahan hidup menjadi acuan dalam algoritme ini (Haupt & Haupt, 2004). *Particle Swarm Optimization* (PSO) merupakan salah satu teknik komputasi evolusioner, yang mana populasi pada PSO didasarkan pada penelusuran algoritme dan diawali dengan suatu populasi acak yang disebut dengan partikel (Tuegeh, et al., 2009). PSO didasari ide bahwa setiap kerumunan partikel merupakan solusi dari ruang solusi.

Algoritme *Particle Swarm Optimization* pertama kali diperkenalkan oleh Kennedy dan Eberhart (Kennedy & Eberhart, 1995). Pada tahun 1995, Kennedy dan Eberhart terinspirasi dari perilaku kumpulan burung dengan itu dapat menentukan suatu pola agar dapat terbang secara serentak dan membentuk kelompokkan dalam formasi yang optimal (Engelbrecht, 2007). PSO juga dapat menyelesaikan permasalahan dengan cara berkomunikasi dengan lingkungannya. Kumpulan burung tersebut sebagai partikel yang merepresentasikan solusi untuk ruang pencarian. Setiap partikel dalam *swarm* mempunyai posisi, kecepatan, dan *local best* (Tuegeh, et al., 2009). Selain itu terdapat iterasi untuk setiap partikel, partikel ini bergerak untuk mendekati solusi optimum. Rumus dari kecepatan partikel terbaru sebagai berikut: (Engelbrecht, 2007)

$$v_{id}(t+1) = v_{id}(t) + c_1 \times (Pbest_{id}(t) - x_{id}(t)) + c_2 \times r_2(t) \times (gbest_d(t) - x_{id}(t))$$

Kecepatan partikel pada iterasi terbaru $v_{id}(t+1)$ dipengaruhi oleh 3 komponen, antara lain:

1. Komponen kecepatan sebelumnya

Pada komponen kecepatan ini, partikel akan menyimpan kecepatan sebelumnya, kecepatan partikel sebelumnya akan memiliki nilai yang tidak berubah dan tidak mengalami perubahan pada kecepatan yang drastis pada iterasi selanjutnya atau komponen inersia.

2. Komponen Kognitif

Komponen kognitif berperan sebagai media penyimpanan posisi terbaik yang dilalui oleh partikel tersebut atau $pbest_{id}$. Dengan adanya komponen ini dapat mengakibatkan partikel dapat kembali ke tempat terbaik yang pernah dilaluinya.

3. Komponen Sosial

Pada komponen sosial dirujuk sebagai posisi terbaik pada suatu partikel dalam *swarm* atau posisi *global best* ($gbest_{id}$). Selain itu juga dapat mengakibatkan partikel kembali ke posisi terbaik yang pernah dicapai.

Pada persamaan di atas komponen kognitif dipengaruhi oleh $c_1r_1(t)$, sedangkan komponen sosial dipengaruhi oleh $c_2r_2(t)$. c_1 dan c_2 adalah koefisien akselerasi, biasanya kedua koefisien itu bernilai sama yaitu 1. Namun dapat ditentukan sendiri. $r_1(t)$ dan $r_2(t)$ adalah angka acak antara 0 dan 1 pada tiap iterasi (Engelbrecht, 2007). Terdapat fungsi *fitness* yang digunakan untuk mengukur kualitas dari partikel. Nilai *fitness* dikatakan baik apabila semakin besar berarti semakin dekat dengan solusi yang optimum.

2.6.1 Improved-Particle Swarm Optimization (IPSO)

Merupakan pengembangan dari *Particle Swarm Optimization* (PSO). *Inertia weight* dan *constriction factor* diterapkan secara asinkron. *Inertia weight* untuk menyeimbangkan penelusuran global dan lokal. *Constriction factor* digunakan untuk memastikan konvergensi partikel (Yonghe, et al., 2015)

Langkah *Improved-Particle Swarm Optimization*:

1. Inisialisasi

Posisi awal partikel harus berada dalam domain yang dibatasi oleh dua vektor x_{min} dan x_{max} yang mewakili batas bawah dan batas atas setiap dimensi (Engelbrecht, 2007). Pembangkitan populasi awal *swarm* menggunakan Persamaan 2.6.

$$x_{id} = x_{min} + rand[0,1] * (x_{max} - x_{min}) \quad (2.6)$$

Keterangan:

- x_{id} = posisi partikel ke- i dimensi ke- d
- x_{min} = batas minimum nilai posisi
- x_{max} = batas maksimum nilai posisi
- $rand[0,1]$ = nilai acak antara 0 sampai 1

2. Perbarui kecepatan

Inertia weight digunakan untuk menyeimbangkan pencarian global dan lokal. *Inertia weight* berubah setiap iterasi. *Inertia weight* dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.7.

$$w = \begin{cases} 0,857143 + \left((1 - 0,857143) * \left(1 - \frac{t}{T_{max}} \right) \right), & Gbest_d \neq x_{id} \\ 0,857143, & Gbest_d = x_{id} \end{cases} \quad (2.7)$$

Inertia weight digunakan pada setengah iterasi awal, sedangkan *constriction factor* digunakan pada setengah iterasi berikutnya. Kecepatan dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.8.

$$v_{id} = \begin{cases} w * v_{id} + 2 * r_1 * (p_{id} - x_{id}) + 2 * r_2 * (p_{gd} - x_{gd}), T < \frac{T_{max}}{2} \\ K[0.7 * v_{id} + 2 * r_1 * (p_{id} - x_{id}) + 2 * r_2 * (p_{gd} - x_{gd})], T \geq \frac{T_{max}}{2} \end{cases} \quad (2.8)$$

$$K = \frac{\cos\left(\frac{2\pi}{T_{max}} * \left(\frac{t - T_{max}}{2}\right)\right) + 2,428571}{4} \quad (2.9)$$

Keterangan:

- w = *inertia weight* (bobot inersia)
- T_{max} = Iterasi maksimum
- t = Iterasi saat itu
- $Gbest_d$ = posisi terbaik dalam *semua partikel*
- x_{id} = posisi partikel ke- i dimensi ke- d
- v_{id} = kecepatan partikel ke- i dimensi ke- d
- r_1 = koefisien akselerasi untuk pencarian lokal
- r_2 = koefisien akselerasi untuk pencarian global
- p_{id} = posisi terbaik yang pernah partikel ke- i capai
- p_{gd} = posisi terbaik dari semua partikel

3. Perbarui posisi dan hitung *fitness*

Hitung posisi baru menggunakan Persamaan 2.10. (Engelbrecht, 2007)

$$x_{id}^{t+1} = x_{id}^t + v_{id} \quad (2.10)$$

Keterangan:

- x_{id}^{t+1} = posisi baru (iterasi selanjutnya)
- x_{id}^t = posisi iterasi sekarang
- v_{id} = kecepatan partikel ke- i dimensi ke- d

Untuk mendapatkan nilai *fitness*, partikel harus dievaluasi dengan fungsi objektif tertentu. Jika permasalahannya untuk memaksimalkan fungsi h , maka $f = h$. Namun jika permasalahannya untuk meminimalkan fungsi h , maka $f = 1/h$. Rumus *fitness* secara umum bisa dilihat pada Persamaan 2.11 dan Persamaan 2.12.

$$f = h \quad (2.11)$$

$$f = \frac{1}{(\alpha + h)} \quad (2.12)$$

Keterangan:

- f = fungsi *fitness*
- h = fungsi yang dimaksimalkan atau diminimalkan
- α = nilai kecil sesuai dengan permasalahan. Untuk mencegah pembagian dengan 0.

Pada penelitian ini terdapat tahap pemodelan dan tahap optimasi kandungan gizi susu. Tahap pemodelan dicari bobot dan bias ELM terbaik menggunakan IPSO agar menghasilkan nilai *error* terkecil. Sehingga nilai *fitness* pada tahap pemodelan menggunakan Persamaan 2.13.

$$fitness_i = \frac{1}{MeanMSE + 0,001} \quad (2.13)$$

keterangan:

- i = indeks partikel
- $MeanMSE$ = rata-rata nilai *error*. Didapat dari hasil *testing* ELM.
- 0,001 = angka kecil untuk menghindari pembagian dengan 0.

Pada tahap optimasi kandungan gizi susu dicari komposisi kandungan gizi pakan terbaik menggunakan IPSO agar menghasilkan susu dengan kandungan protein, laktosa, dan berat jenis (*density*) tinggi, namun lemaknya rendah. Sehingga nilai *fitness* pada tahap optimasi kandungan gizi susu menggunakan Persamaan 2.14.

$$fitness_i = Protein + Lactosa + Density + \frac{1}{Lemak} \quad (2.14)$$

keterangan:

- i = Indeks partikel

4. Perbarui *local best* dan *global best*

Local best merupakan posisi terbaik yang pernah sebuah partikel, didapatkan dengan cara membandingkan nilai *fitness* iterasi sekarang dengan sebelumnya lalu diambil yang terbaik. *Global best* merupakan posisi terbaik dari semua partikel, didapatkan dengan cara membandingkan nilai *fitness* semua *local best* lalu diambil yang terbaik (Engelbrecht, 2007).

2.7 ELM-IPSO

Penelitian-penelitian serupa tentang pemodelan jaringan saraf tiruan lalu di optimasi menggunakan teknik optimasi telah dilakukan. Latifah Hanum melakukan penelitian Pemodelan Komposisi Pakan Kambing Peranakan Etawa (PE) Untuk Optimasi Kandungan Gizi Susu Menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Genetic Algorithm* (GA) (Studi Kasus Pada UPT Pembibitan Ternak dan Hijauan Makanan Ternak Singosari-Malang). Produksi susu kambing Peranakan Etawa dimodelkan menggunakan ANN lalu komposisi pakan yang tepat dicari menggunakan GA.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian tersebut:

1. Membangun model menggunakan ANN
2. Mengoptimasi kandungan susu hasil produksi menggunakan GA.
 - a. Ambil data latih dan dinormalisasi.

- b. Melakukan proses pelatihan ANN berupa proses *feedforward* dan *backpropagation* hingga didapatkan nilai MSE terakhir dan bobot terakhir.
- c. Ambil data uji dan dinormalisasi.
- d. Melakukan proses pengujian ANN berupa proses *feedforward* dan hasil *output*-nya di denormalisasikan.
- e. Inisialisasi populasi awal GA sebanyak ukuran populasi yang telah ditentukan.
- f. Lakukan proses reproduksi, yaitu *crossover* dan mutasi.
- g. Hitung nilai *fitness* untuk semua individu.
- h. Seleksi dan pemilihan individu terbaik.
- i. Memberikan hasil rekomendasi pakan beserta persentase kenaikan atau penurunan kandungan gizi susu kambing Peranakan Etawa (PE) yang ingin dioptimasi.