

**OPTIMASI KOMPOSISI PAKAN SAPI PERAH
MENGUNAKAN ALGORITMA PARTICLE SWARM
OPTIMIZATION (PSO)**

SKRIPSI

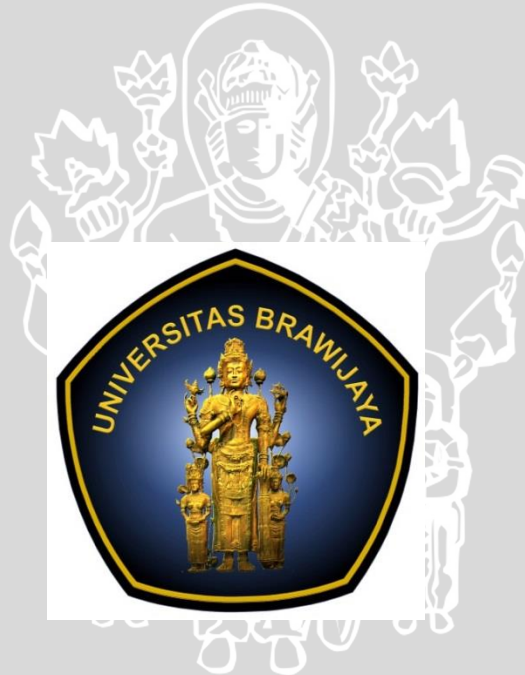
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

Arinie Khaqgo

NIM: 125150200111063

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



PROGRAM STUDI INFORMATIKA/ILMU KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016

PENGESAHAN

OPTIMASI KOMPOSISI PAKAN SAPI PERAH MENGGUNAKAN ALGORITMA
PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :

Arinie Khaqgo

NIM: 125150200111063

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada 30 Juni 2016

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Imam Cholissodin, S.Si, M.Kom.

NIK: 201201 850719 1 001

Agus Wahyu Widodo, S.T, M.Cs

NIP: 19740805 200112 1 001

Mengetahui

Ketua Program Studi Informatika/Ilmu Komputer

Issa Arwani, S.Kom., M.Sc

NIP: 19830922 201212 1 003

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 30 Juni 2016



Arinie Khaqgo

NIM: 125150200111063

KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati dan diri memanjatkan syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan baik. Shalawat dan salam semoga senantiasa terlimpah curahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabat beliau.

Penulisan skripsi diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya. Topik skripsi yang diajukan adalah **“Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah Menggunakan Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO)”**.

Kelancaran penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih dan rasa hormat kepada:

1. Bapak Imam Cholissodin, S.Si, M.Kom selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan dan menyediakan waktu untuk berdiskusi dengan penulis selama proses penulisan skripsi.
2. Bapak Agus Wahyu Widodo, S.T, M.Cs selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan banyak masukan dan motivasi kepada penulis selama proses penulisan skripsi.
3. KUD Batu selaku sumber penyedia data pada penelitian penentuan komposisi pakan sapi perah
4. Bapak Dr. Ir. Irfan H. Djunaidi, M.Sc selaku narasumber dalam wawancara penentuan komposisi pakan sapi perah.
5. Peternak di desa Dresel, Kecamatan Batu, Kota Batu selaku penyedia data dalam penelitian penentuan komposisi pakan sapi perah.
6. Bapak Issa Arwani, S.Kom, M.Sc selaku Ketua Program Studi Informatika/Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
7. Ibu Lailil Muflikhah, S.Kom, M.Sc selaku dosen penasehat akademik.
8. Kedua orang tua penulis, Bapak Mohammad Sholihin dan Ibu Khotijah. Terimakasih untuk doa, nasihat dan dukungan baik moril maupun materiil.
9. Adik penulis, Ayun Afroch, Ahmad Baihaqi, dan Ahmad Faiq Maghfur. Terimakasih untuk doa dan dukungan.
10. Teman-teman penulis, Dewi Maida Safitri, Az Zahra Rahma Putri Afifa, Fitri Bibi Suryani, Fina Af Idatul Husna. Terimakasih untuk bantuan, dukungan, kerja sama, semangat, serta doa selama pengerjaan skripsi ini.
11. Seluruh *civitas academica* Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
12. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, tanpa bantuan yang diberikan baik secara langsung atau tidak, penulis tidak akan bisa menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karenanya segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini. Akhirnya, semoga karya

sederhana ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak sekaligus sebagai sarana pendukung pada pengembangan karya-karya terkait dimasa mendatang.

Malang, 30 Juni 2016

Penulis

arini.haqo@gmail.com



ABSTRAK

Produksi susu berbanding lurus dengan pendapatan para peternak. Untuk mendapatkan produksi susu sapi perah yang optimal dibutuhkan komposisi pakan yang tepat. Sedangkan yang seringkali terjadi penggunaan komposisi pakan peternak sapi perah kurang efisien. Agar dapat mencapai hal tersebut dilakukan optimasi terhadap komposisi pakan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi, menghasilkan produksi susu yang maksimal dengan biaya yang minimal. Pada penelitian ini, digunakan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* untuk penentuan komposisi pakan sapi perah. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* telah menunjukkan hasil akurasi yang lebih baik dibandingkan *Genetic Algorithm (GA)*. Selain itu, algoritma PSO mempunyai efektifitas dan efisiensi pada penelitian sebelumnya serta memiliki rata-rata hasil yang lebih baik dibandingkan GA. PSO mengeksplorasi ruang pencarian untuk menemukan solusi berdasarkan nilai *fitness* partikel. Nilai *fitness* dirancang untuk meminimalkan biaya dan mengoptimalkan pertambahan produksi susu sehingga semakin besar nilai *fitness* maka semakin besar peluang sebuah partikel terpilih sebagai solusi.

Dalam penelitian ini digunakan 10 data pakan sapi perah yang terdiri dari hijauan dan konsentrat beserta kandungan nutrisi dan harganya. Representasi partikel yang digunakan adalah *real code* dengan panjang dimensi sesuai dengan pakan yang tersedia dimana setiap dimensi merepresentasikan bobot dari pakan tersebut. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh parameter optimal yaitu ukuran swarm 400, jumlah iterasi 350, kombinasi bobot inersia maksimum = 0.9 dan bobot inersia minimum = 0.2, serta kombinasi koefisien akselerasi 1 = 2 dan koefisien akselerasi 2 = 2. Hasil akhir berupa komposisi pakan sapi perah dengan memaksimalkan kebutuhan nutrisi, produksi susu, serta meminimalkan biaya yang dikeluarkan.

Kata kunci: Optimasi pakan sapi perah, *Particle Swarm Optimization*

ABSTRACT

Milk production is directly proportional to the income of farmers. To get the milk production of dairy cows needed optimal composition of proper feed. While that often occur use feed composition is less efficient dairy farmers. In order to achieve this optimization is done on the composition of the feed to meet the nutritional needs, maximum milk production at minimal cost. In this study, used the algorithm Particle Swarm Optimization (PSO) for the determination of the composition of dairy cattle feed. From the research that has been done previously, algorithms Particle Swarm Optimization (PSO) has shown results better accuracy than Genetic Algorithm (GA). In addition, the PSO algorithm has the effectiveness and efficiency on previous studies and had an average result that is better than GA. PSO explore the search space to find a solution based on the fitness value of particles. Fitness value is designed to minimize costs and optimize milk production increase so that the larger the fitness value, the greater the chance of a particle is selected as the solution.

This study used 10 data feed dairy cows consisting of forage and concentrates and their nutrient content and price. Representation of the particles used is real code of length dimensions according to available feed where each dimension represents the weight of the feed. Based on the results of testing that has been done, obtained optimal parameter which is a measure swarm 400, the number of iterations 350, the combination of inertia weight maximum = 0.9 and minimum inertia weight = 0.2, and a combination of acceleration coefficient 1 = 2 and acceleration coefficient 2 = 2. The final result provides a composition feed dairy cows to maximize the nutritional needs, the production of milk, as well as minimizing the costs incurred.

Keywords: Dairy cattle feed optimization, Particle Swarm Optimization

DAFTAR ISI

OPTIMASI KOMPOSISI PAKAN SAPI PERAH MENGGUNAKAN ALGORITMA PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Pembahasan	3
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Pakan Sapi Perah	8
2.3 Algoritma Particle Swarm Optimization	12
2.3.1 Komponen-komponen Algoritma PSO	12
2.3.2 Langkah-langkah Algoritma PSO	13
BAB 3 METODOLOGI	16
3.1 Studi Literatur	16
3.2 Analisa Kebutuhan	17
3.3 Pengumpulan Data	17
3.4 Perancangan Sistem	17
3.5 Implementasi Sistem	18

3.6 Perancangan Uji Coba	18
3.7 Pengambilan Kesimpulan	18
BAB 4 PERANCANGAN	19
4.1 Formulasi Permasalahan	19
4.2 Siklus Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)	19
4.2.1 Inisialisasi Partikel	21
4.2.2 Perhitungan Nilai Fitness	22
4.2.3 Update Kecepatan dan Posisi	23
4.2.4 Update Personal Best dan Global Best	25
4.3 Siklus Penyelesaian Masalah Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)	27
4.3.1 Inisialisasi Partikel	27
4.3.2 Perhitungan Nilai Fitness Iterasi 0	27
4.3.3 Perhitungan Inisialisasi Personal Best dan Global Best	31
4.3.4 Perhitungan Update Kecepatan dan Posisi	32
4.3.5 Perhitungan Nilai Fitness Iterasi 1	33
4.3.6 Perhitungan Update Personal Best dan Global Best	34
4.4 Perancangan Pengujian Algoritma	35
4.4.1 Pengujian Interval Bobot Pakan	35
4.4.2 Pengujian Parameter PSO	35
4.4.2.1 Pengujian Bobot Inersia	35
4.4.2.2 Pengujian Koefisien Akselerasi	36
4.4.2.3 Pengujian Jumlah Iterasi	37
4.4.2.4 Pengujian Ukuran Swarm	37
4.5 Perancangan Antarmuka	38
4.5.1 Perancangan Halaman Input Data	38
4.5.2 Perancangan Halaman Proses PSO	39
BAB 5 IMPLEMENTASI	41
5.1 Implementasi Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)	41
5.1.1 Implementasi Inisialisasi Partikel	41
5.1.2 Implementasi Inisialisasi Kecepatan	41
5.1.3 Implementasi Perhitungan Nilai Fitness	42

5.1.4 Implementasi Inisialisasi Personal Best.....	42
5.1.5 Implementasi Global Best	43
5.1.6 Implementasi Update Kecepatan	43
5.1.7 Implementasi Update Posisi.....	44
5.2 Implementasi Antarmuka	45
5.2.1 Implementasi Halaman Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah .	45
5.2.2 Implementasi Halaman Data Bahan Pakan.....	46
5.2.3 Implementasi Halaman Hasil Proses PSO	46
BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	48
6.1 Pengujian Parameter PSO	48
6.1.1 Pengujian Bobot Inersia	48
6.1.2 Pengujian Koefisien Akselerasi.....	49
6.1.3 Pengujian Ukuran Swarm	51
6.1.4 Pengujian Jumlah Iterasi	52
6.2 Pengujian Interval Bobot Pakan.....	54
6.3 Pembahasan Hasil Pengujian.....	55
BAB 7 PENUTUP.....	58
7.1 Kesimpulan.....	58
7.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN A DAFTAR PERTANYAAN PAKAR	63
LAMPIRAN B HASIL OBSERVASI DI KUD BATU DAN DESA DRESEL, KECAMATAN BATU, KOTA BATU.....	65
LAMPIRAN C HASIL PENGUJIAN	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian Pustaka.....	6
Tabel 2.2 Kandungan Nutrisi Pakan	10
Tabel 2.3 Kebutuhan Nutrisi Hidup Pokok Sapi perah Laktasi.....	11
Tabel 2.4 Kebutuhan Nutrisi Produksi 1 liter Susu.....	11
Tabel 2.5 Kebutuhan NE_L (Mkal)/ kg BK untuk Produksi Susu yang Berbeda	12
Tabel 4.1 Skema Inisialisasi Partikel	21
Tabel 4.2 Inisialisasi Partikel.....	27
Tabel 4.3 Nutrisi dan Harga Pakan.....	28
Tabel 4.4 Sel dalam Partikel ke-5	29
Tabel 4.5 Perhitungan Ketersediaan dan Kebutuhan Nutrisi	30
Tabel 4.6 Perhitungan Nilai Penalty dan Kelebihan Nutrisi	30
Tabel 4.7 Perhitungan Harga Pakan.....	31
Tabel 4.8 Inisialisasi Personal Best.....	31
Tabel 4.9 Inisialisasi Global Best.....	32
Tabel 4.10 Perhitungan Update Kecepatan Partikel	32
Tabel 4.11 Normalisasi Kecepatan Partikel.....	33
Tabel 4.12 Perhitungan Update Posisi Partikel	33
Tabel 4.13 Normalisasi Posisi Partikel.....	33
Tabel 4.14 Perhitungan Nilai Fitness Iterasi 1.....	34
Tabel 4.15 Perbandingan Fitness Iterasi 0 dan Iterasi 1	34
Tabel 4.16 Update Personal Best.....	34
Tabel 4.17 Update Global Best.....	34
Tabel 4.18 Rancangan Pengujian Interval Bobot Pakan	35
Tabel 4.19 Rancangan Pengujian Bobot Inersia.....	36
Tabel 4.20 Rancangan Pengujian Koefisien Akselerasi	36
Tabel 4.21 Rancangan Pengujian Jumlah Iterasi.....	37
Tabel 4.22 Rancangan Pengujian Ukuran Swarm	38
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Bobot Inersia.....	48
Tabel 6.2 Hasil Pengujian Koefisien Akselerasi	50
Tabel 6.3 Hasil Pengujian Ukuran Swarm	52

Tabel 6.4 Hasil Pengujian Jumlah Iterasi..... 53

Tabel 6.5 Hasil Pengujian Interval Bobot Pakan..... 54

Tabel 6.6 Hasil Observasi di Desa Dresel, Kecamatan Batu, Kota Batu 55

Tabel 6.7 Hasil Dengan Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimizati on (PSO)..... 56

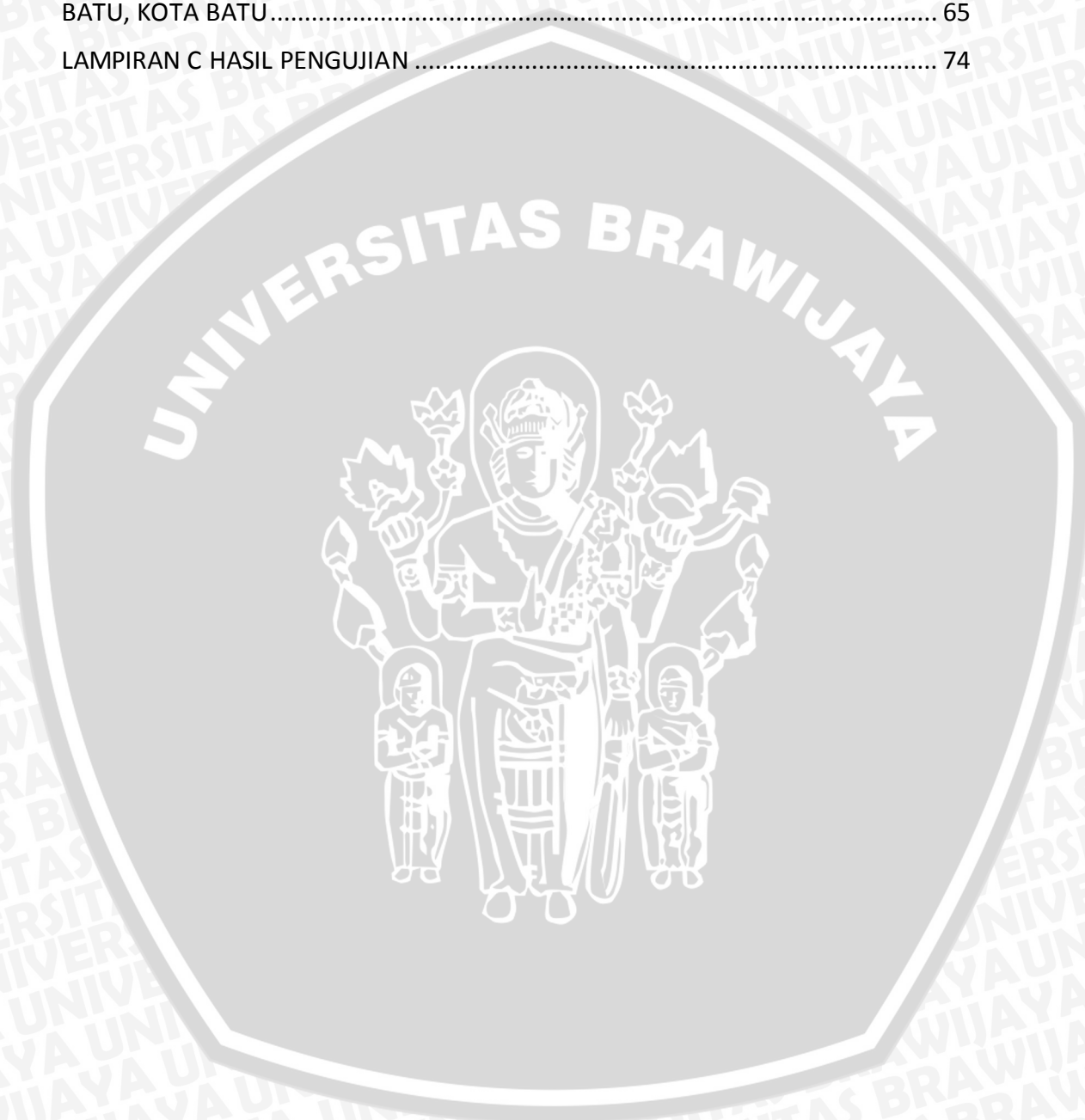


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sapi Perah	9
Gambar 2.2 Pakan Hijauan Sapi Perah.....	9
Gambar 2.3 Pakan Konsentrat Sapi Perah	9
Gambar 2.4 Pseudo code umum Algoritma Particle Swarm Optimization	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	16
Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah Menggunakan Algoritma PSO	20
Gambar 4.2 Diagram Alir Proses Inialisasi Partikel.....	21
Gambar 4.3 Diagram Alir Proses Perhitungan Nilai Fitness.....	22
Gambar 4.4 Diagram Alir Proses Update Kecepatan dan Posisi	24
Gambar 4.5 Diagram Alir Proses Update Personal Best dan Global Best.....	26
Gambar 4.6 Skema Inialisasi Partikel.....	27
Gambar 4.7 Perancangan Halaman Input Data	38
Gambar 4.8 Perancangan Halaman Proses PSO	39
Gambar 5.1 Implementasi Halaman Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah.....	46
Gambar 5.2 Implementasi Halaman Data Bahan Pakan.....	46
Gambar 5.3 Implementasi Halaman Hasil Proses PSO.....	47
Gambar 6.1 Grafik Hasil Pengujian Bobot Inersia	49
Gambar 6.2 Grafik Hasil Pengujian Koefisien Akselerasi	50
Gambar 6.3 Grafik Hasil Pengujian Ukuran Swarm.....	52
Gambar 6.4 Grafik Hasil Pengujian Jumlah Iterasi	53
Gambar 6.5 Grafik Hasil Pengujian Interval Bobot Pakan	54

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DAFTAR PERTANYAAN PAKAR	63
LAMPIRAN B HASIL OBSERVASI DI KUD BATU DAN DESA DRESEL, KECAMATAN BATU, KOTA BATU	65
LAMPIRAN C HASIL PENGUJIAN	74



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber zat gizi bernilai tinggi salah satunya merupakan susu. Namun pada kenyataannya produk impor lebih banyak beredar di pasaran. Hal ini disebabkan karena produksi susu sapi perah di Indonesia sampai saat ini masih belum bisa memenuhi kebutuhan susu nasional (Rusdiana & Sejati, 2009). Pada tahun 2013 jumlah produksi susu segar dalam negeri sebesar 690 ribu ton per tahun. Padahal tingkat konsumsi susu segar dalam negeri (SSDN) mencapai 3,3 juta ton per tahun. Kebutuhan susu segar tersebut jauh di atas produksi SSDN. Hal ini menyebabkan lebih dari 2,6 juta ton susu segar harus diimpor dari beberapa negara seperti Australia, New Zealand, Amerika Serikat, dan Uni Eropa (Kemenperin, 2014).

Permasalahan utama yang dihadapi peternak dalam memproduksi susu yakni ketersediaan pakan. Terbatasnya lahan menjadikan peternak semakin susah untuk memproduksi sendiri hijauan bagi ternaknya. Selain itu, naiknya harga bahan baku pakan yang berdampak pada naiknya harga konsentrat (Mansyur, et al., 2008). Keuntungan yang dialami peternak sangat dipengaruhi oleh cara pemberian pakan yang digunakan. Untuk itu peternak harus memberikan komposisi pakan yang tepat. Biaya pakan yang sekecil mungkin harus bisa menghasilkan produk sebanyak mungkin. Komposisi pakan sapi perah seperti hijauan, dedak padi, konsentrat komersial, dan lain-lain harus diperhatikan. Hal ini dikarenakan pemberian pakan ternak (ransum) yang tepat merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan produksi susu, kesehatan serta reproduksi sapi perah (Ramon, et al., n.d.).

Dari uraian tersebut, peternak membutuhkan sistem optimasi komposisi pakan yang tepat untuk mengoptimalkan produksi susu. Beberapa peneliti menggunakan bermacam-macam algoritma untuk mendapatkan komposisi pakan yang tepat. Penelitian tentang optimasi pakan sapi perah sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh Fakhroh (2015). Dalam penelitiannya Fakhroh menggunakan algoritma genetika untuk menentukan komposisi pakan yang tepat dalam pemenuhan gizi sapi dengan harga yang sekecil mungkin (Fakhroh, et al., 2015). Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Milah (2015) mengenai optimasi komposisi pakan sapi potong. Penelitian tersebut menggunakan algoritma *Evolution Strategies (ES)* untuk mendapatkan komposisi pakan sapi potong dalam pemenuhan kebutuhan nutrisi ternak dengan harga yang minimal (Milah & Mahmudy, 2015). Dari berbagai macam metode yang digunakan untuk optimasi, peneliti memutuskan membuat sistem optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan *Particle Swarm Optimization (PSO)*. Dimana PSO mempunyai efektivitas dan efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan Algoritma Genetika (Sheikhpour, et al., 2016).

Algoritma PSO merupakan sebuah teknik optimasi yang berbasis populasi untuk mencari solusi optimal menggunakan populasi dari partikel itu sendiri. PSO didasarkan pada ide bahwa setiap kerumunan partikel merupakan sebuah solusi

dari ruang solusi (Permana & Hashim, 2010). Penelitian terkait penggunaan algoritma PSO telah banyak dilakukan sebelumnya pada beberapa objek. Salah satunya mengenai penggunaan metode *Particle Swarm Optimization* untuk menghasilkan generasi pada fungsi keanggotaan *fuzzy*. Dalam penelitian ini metode *Particle Swarm Optimization* 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 PSO fungsi keanggotaan *fuzzy* yang dihasilkan dapat optimal meningkatkan kinerja serta lebih akurat (Permana & Hashim, 2010).

Algoritma *Particle Swarm Optimization* juga digunakan untuk pola penyusunan barang dalam peti kemas. Pada penelitian ini dibutuhkan optimasi menggunakan algoritma PSO untuk mengoptimalkan penyusunan barang agar penyimpanan barang menjadi optimal dan mendapatkan keuntungan yang lebih besar. Algoritma PSO digunakan karena PSO memiliki memori untuk menyimpan solusi terbaik. Dalam penelitian ini, struktur partikel berupa nomor dan posisi barang. Dalam setiap iterasinya, partikel diperbarui kecepatan dan posisinya berdasarkan nilai fitness yang dihitung dari banyaknya barang yang dapat masuk peti kemas dengan menyisakan paling sedikit ruang kosong. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma PSO dapat diterapkan pada permasalahan optimasi penyusunan barang dalam peti kemas (Erny, 2013).

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, peneliti akan merancang dan membangun sebuah sistem optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)*. Algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* digunakan dikarenakan algoritma ini telah menunjukkan hasil akurasi yang lebih baik dibandingkan *Genetic Algorithm (GA)* (Hosseini, et al., 2016). Selain itu, algoritma PSO digunakan karena PSO memiliki memori untuk menyimpan solusi terbaik. Setiap partikel pada PSO tidak pernah mati, sedangkan pada algoritma evolusi seperti GA bisa mati dan digantikan dengan individu baru. Pada PSO, posisi dan kecepatan partikel tersebut bisa menghasilkan solusi baru yang lebih baik (Erny, 2013). Oleh karena itu, dengan adanya sistem optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* diharapkan permasalahan dapat diatasi dengan solusi yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat disimpulkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)*?
2. Bagaimana kombinasi nilai parameter dari algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* yang menghasilkan komposisi pakan sapi perah optimal?

3. Bagaimana tingkat kualitas hasil solusi dari algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* pada optimasi komposisi pakan sapi perah?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menerapkan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* untuk melakukan optimasi komposisi pakan sapi perah.
2. Mengetahui kombinasi parameter algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* untuk menghasilkan komposisi pakan sapi perah yang optimal.
3. Mengetahui tingkat kualitas hasil solusi dari algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* pada optimasi komposisi pakan sapi perah.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah didapatkan hasil komposisi pakan sapi perah bagi para peternak. Peternak dapat memberikan pakan dengan komposisi yang optimal atau mendekati optimal untuk mendapatkan jumlah produksi susu yang maksimal sesuai dengan bahan pakan yang dimilikinya. Sedangkan pada sisi akademisi, penelitian ini dapat bermanfaat sebagai tambahan referensi guna dikembangkan kearah penelitian yang lebih lanjut.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut :

1. Data sapi yang diteliti diperoleh dari peternak di Kota Batu dan KUD Batu.
2. Penentuan komposisi pakan sapi perah didasarkan pada berat badan, fase laktasi, dan juga kandungan lemak pada susu dari sapi tersebut.
3. Terdapat 10 jenis bahan pakan sapi.
4. Optimasi komposisi bahan pakan sesuai dengan bahan pakan yang dimiliki peternak.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika penyusunan laporan ini secara garis besar meliputi beberapa bab, yaitu sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Menguraikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*.

BAB II : LANDASAN KEPUSTAKAAN

Menguraikan mengenai dasar teori dan referensi yang mendasari penelitian optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*.

BAB III : METODOLOGI

Menguraikan tentang metode dan langkah kerja yang dilakukan dalam proses perancangan dan implementasi dari optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*.

BAB IV : PERANCANGAN

Membahas perancangan sistem optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*.

BAB V : IMPLEMENTASI

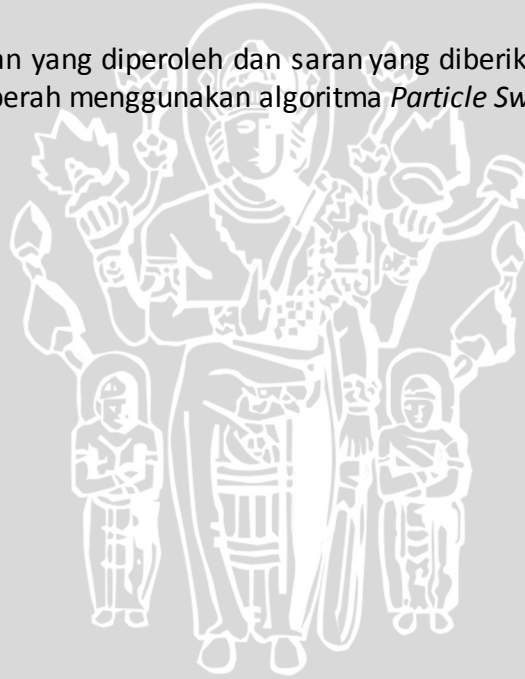
Membahas proses penerapan dan tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*.

BAB VI : PENGUJIAN DAN ANALISIS

Memuat hasil pengujian dan analisis untuk optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*.

BAB VII : PENUTUP

Memuat kesimpulan yang diperoleh dan saran yang diberikan untuk optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*.



BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Bab ini berisi kajian pustaka dan dasar-dasar teori yang akan dibahas dan digunakan untuk menunjang topik-topik pembahasan. Kajian pustaka memberikan informasi terkait penelitian-penelitian yang sudah dilakukan dan tentunya memiliki hubungan dengan sistem yang akan dibangun ini. Beberapa teori yang dibutuhkan adalah teori yang berkaitan dengan komposisi pakan sapi perah sebagai objek penelitian, dan metode *Particle Swarm Optimization* sebagai algoritma yang akan diimplementasikan dalam penelitian.

2.1 Kajian Pustaka

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

Penelitian terkait objek komposisi pakan sapi perah sebelumnya pernah dilakukan oleh Fakhroh (2015). Dalam penelitian ini diterapkan algoritma genetika untuk menghasilkan komposisi pakan sapi. Penelitian tersebut dilakukan untuk meningkatkan pendapatan peternak dengan cara menekan biaya pakan namun tetap mengutamakan kebutuhan nutrisi sapi. Dalam penelitian tersebut, digunakan representasi *real code* untuk mewakili bobot setiap jenis bahan pakan dengan *extended intermediate* sebagai metode *crossover* dan *random mutation* sebagai metode mutasi. Proses seleksi yang digunakan menggunakan metode *elitism* sehingga individu yang terseleksi adalah individu yang memiliki nilai fitness tertinggi pada populasinya (Fakhroh, et al., 2015).

Penelitian serupa dilakukan oleh Marginingtyas (2015). Dalam penelitian tersebut diterapkan algoritma genetika untuk menentukan komposisi pakan ternak dengan biaya minimum. Penelitian tersebut dilakukan karena kualitas ayam dalam bertelur dipengaruhi oleh pemberian pakannya. Biaya pakan yang tinggi juga membuat peternak harus mendapatkan komposisi yang tepat agar biaya lebih minimum namun nutrisi tetap tercukupi. Representasi kromosom yang digunakan adalah *real code* untuk mewakili bobot dari bahan pakan dengan panjang kromosom sejumlah data bahan pakan. *One cut point* sebagai metode *crossover* dan *reciprocal exchange* sebagai metode mutasinya. Sedangkan proses seleksi yang digunakan menggunakan metode *elitism* (Marginingtyas, et al., 2015).

Penelitian selanjutnya mengenai penggunaan algoritma *Particle Swarm Optimization* untuk menyelesaikan sistem persamaan nonlinear. Penelitian tersebut dilakukan karena sulitnya penyelesaian sistem persamaan nonlinear. Algoritma PSO digunakan untuk penyelesaian persamaan nonlinear yang sebelumnya telah diubah menjadi permasalahan optimasi. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, algoritma PSO terbukti memiliki kinerja yang baik dan solusi yang didapatkan mendekati solusi eksak masing-masing fungsinya (Rosita, et al., 2012).

Penelitian menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* juga dilakukan oleh Hernawan (2012) untuk penentuan posisi strategis agen pada simulasi robot sepak bola dua dimensi. Penelitian tersebut dilakukan untuk mendapatkan posisi robot ketika bermain yang sangat mempengaruhi kemampuan robot dalam bekerja sama dan memilih aksi yang sesuai. Hasil pengujian pada simulasi *RoboCup Soccer* dua dimensi menunjukkan bahwa tim robot sepak bola yang menggunakan algoritma PSO memiliki performa bermain lebih baik dibandingkan dengan tim sebelum menggunakan algoritma PSO (Hernawan, 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).

Algoritma *Particle Swarm Optimization* juga digunakan untuk pola penyusunan barang dalam peti kemas. Pada penelitian ini dibutuhkan optimasi menggunakan algoritma PSO untuk mengoptimalkan penyusunan barang agar penyimpanan barang menjadi optimal dan mendapatkan keuntungan yang lebih besar. Algoritma PSO digunakan karena PSO memiliki memori untuk menyimpan solusi terbaik. Setiap partikel pada PSO tidak pernah mati, sedangkan pada algoritma evolusi seperti GA bisa mati dan digantikan dengan individu baru. Pada PSO, posisi dan kecepatan partikel tersebut bisa menghasilkan solusi baru yang lebih baik. Dalam penelitian ini, struktur partikel berupa nomor dan posisi barang. Dalam setiap iterasinya, partikel diperbarui kecepatan dan posisinya berdasarkan nilai fitness yang dihitung dari banyaknya barang yang dapat masuk peti kemas dengan menyisakan paling sedikit ruang kosong. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma PSO dapat diterapkan pada permasalahan optimasi penyusunan barang dalam peti kemas (Erny, 2013).

Pada penelitian ini akan digunakan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* untuk optimasi komposisi pakan sapi perah. Penentuan algoritma PSO sebagai metode optimasi pada penelitian ini dikarenakan PSO memiliki memori untuk menyimpan solusi terbaik. Setiap partikel pada PSO tidak pernah mati, sedangkan pada algoritma evolusi seperti GA bisa mati dan digantikan dengan individu baru. Pada PSO, posisi dan kecepatan partikel tersebut bisa menghasilkan solusi baru yang lebih baik. Perbandingan objek dan metode penelitian dari masing-masing referensi ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No	Judul	Objek	Metode	Hasil
1.	Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah	Kebutuhan nutrisi sapi	Algoritma Genetika	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa

	Menggunakan Algoritma Genetika (Fakhiroh, et al., 2015)	perah dan komposisi pakan		algoritma genetika mampu memberikan komposisi pakan yang optimal dengan harga serendah mungkin namun tetap memenuhi kebutuhan gizi sapi perah.
2.	Penentuan Komposisi Pakan Ternak Untuk Memenuhi Kebutuhan Nutrisi Ayam Dengan Biaya Minimum Menggunakan Algoritma Genetika (Marginingtyas, et al., 2015)	Kebutuhan nutrisi dan komposisi pakan ayam petelur	Algoritma Genetika	Hasil akhir yang didapatkan adalah berupa kombinasi bahan pakan terbaik dengan nutrisi terpenuhi dan biaya minimum. Hasil pengujian algoritma genetika didapatkan ukuran populasi terbaik 160, jumlah generasi 500, serta kombinasi Cr dan Mr adalah 0.9 dan 0.1.
3.	Optimasi Pola Penyusunan Barang dalam Peti Kemas Menggunakan Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i> (Erny, 2013)	Penyusunan barang dalam peti kemas	Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma PSO dapat digunakan dalam optimasi penyusunan barang dalam peti kemas. Berdasarkan hasil pengujian dengan parameter c_1 dan c_2 masing-masing 2, $w = 0.9$, serta jumlah partikel dan iterasi masing-masing 10 didapatkan <i>fitness</i> 36 yang merupakan sisa ruang kosong dalam peti kemas.
4.	Implementasi Algoritma <i>Particle Swarm</i> untuk Menyelesaikan Sistem Persamaan Nonlinear (Rosita, et al., 2012)	Persamaan Nonlinear	Algoritma <i>Particle Swarm</i>	Algoritma <i>Particle Swarm</i> memiliki kinerja yang baik dalam mencari solusi yang optimal, terbukti dari solusi yang didapat mendekati solusi eksak masing-masing fungsinya. Berdasarkan hasil pengujian, penyelesaian beberapa fungsi dengan algoritma <i>Particle Swarm</i> telah konvergen pada iterasi ke 10 sampai 20.

				Namun, terdapat fungsi yang konvergen pada iterasi ke 200. Jumlah partikel yang digunakan adalah 100 partikel dan tidak mempengaruhi hasil akhir yang didapatkan.
5.	Implementasi Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i> untuk Penentuan Posisi Strategis Agent pada Simulasi Robot Sepak Bola Dua Dimensi (Hernawan, 2012)	Posisi Agen pada Simulasi Robot Sepak Bola Dua Dimensi	<i>Particle Swarm Optimizaton</i>	Hasil pengujian pada simulasi RoboCup Soccer dua dimensi menunjukkan bahwa tim robot sepak bola yang menggunakan algoritma PSO memiliki performa bermain lebih baik ketimbang tim sebelum menggunakan algoritma PSO.
6.	Usulan Penulis: Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah Menggunakan Algoritma <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	Pakan Sapi Perah	<i>Particle Swarm Optimizaton (PSO)</i>	Algoritma yang digunakan dalam sistem mampu menghasilkan komposisi pakan sapi perah yang optimal. Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan komposisi pakan sapi perah yang mengoptimalkan kebutuhan nutrisi sapi perah serta produksi susu dengan biaya minimum.

Sumber : Diadaptasi dari (Fakhroh, et al., 2015), (Marginingtyas, et al., 2015), (Erny, 2013) , (Rosita, et al., 2012), (Hernawan, 2012)

2.2 Pakan Sapi Perah

Banyaknya produksi susu seekor sapi perah (Gambar 2.1) sangat bergantung pada pakan yang diberikan. Pada umumnya pakan sapi perah terdiri dari bahan hijauan dan bahan konsentrat.



Gambar 2.1 Sapi Perah

Bahan hijauan terdiri dari beberapa tanaman pada umumnya rerumputan. Seperti terdapat pada Gambar 2.2 pakan hijauan antara lain rumput gajah dan daun lamtoro. Selain itu pakan hijauan juga bisa didapat dari limbah pertanian.



Gambar 2.2 Pakan Hijauan Sapi Perah

Sebagian besar hijauan yang diberikan memiliki kualitas yang kurang baik, untuk itu perlu diimbangi dengan pakan konsentrat agar nutrisi sapi terpenuhi. Seperti terdapat pada Gambar 2.3 pakan konsentrat antara lain bekatul dan ampas tahu. Konsentrat yang layak menurut SNI yakni yang mengandung setidaknya 18% protein kasar dan mengandung paling sedikit 75% *TDN* (*Total Digestible Nutrient*) yang berasal dari bahan kering (Rusdiana & Sejati, 2009).



Gambar 2.3 Pakan Konsentrat Sapi Perah

Zat-zat gizi yang terdapat dalam pakan umumnya terdiri dari bahan kering (BK), Protein Kasar(PK) dan *Total Digestible Nutrient* (*TDN*). Zat-zat tersebut yang nantinya akan digunakan dalam optimasi pakan sapi perah. Bahan kering (BK) merupakan komponen penting dalam pemenuhan nutrisi sapi karena bahan kering merupakan penyedia nutrisi yang digunakan dalam menjaga kesehatan dan melakukan produksi. Komposisi bahan kering yang akurat sangatlah penting guna

mencegah terjadinya kelebihan dan kekurangan nutrisi pada sapi. Kekurangan nutrisi pada sapi akan menyebabkan terganggunya kesehatan sapi dan produksi susunya, sedangkan kelebihan pemberian nutrisi akan berdampak pada tingginya biaya pakan.

Sedangkan Protein Kasar merupakan nilai protein yang didapat dari hasil perkalian total Nitrogen (N) dengan 6.25. Di dalam laboratorium pakan, protein dipisahkan dari karbohidrat dan lipid karena kandungan nitrogen (N) pada protein tersebut – secara umum, protein pakan biasanya mengandung 16% N. Pemisahan ini memungkinkan peneliti untuk mengestimasi kandungan protein dari sebuah bahan pakan dengan cara melakukan pengukuran terhadap kandungan N-nya untuk kemudian dikalikan dengan bilangan 6.25 (perbandingan terbalik dari 16%) (Wowor, et al., 2015).

Total Digestible Nutrient (TDN) merupakan satuan energi yang paling sering digunakan menurut NRC (1978). Energi yang biasanya dibutuhkan seekor sapi yakni meliputi energi untuk pertumbuhan dan energi untuk produksi. Penggunaan TDN sering digunakan karena sebagian besar data yang tersedia baik data kebutuhan nutrisi sapi perah maupun data ketersediaan nutrisi pakan adalah data TDN (Council, 1978).

Namun untuk memenuhi parameter kuantitas produksi susu, seekor sapi perah membutuhkan *Net Energy of Lactation (NEL)* untuk memproduksi susunya (Wijaya, 2015). *Net Energy of Lactation (NE_L)* digunakan untuk menghitung energi pada sapi laktasi (Council, 1978). Data yang disediakan oleh *National Research Council (NRC)* adalah data kandungan *TDN* dari setiap ransum. Sehingga untuk menghitung kandungan *NEL* tiap ransum, *NRC* memberikan persamaan yang dapat dilihat pada persamaan 2.1. (Jayanegara, 2014)

$$NE_L(\text{Mkal/Kg}) = 0.0245 \times TDN(\%) - 0.12 \quad (2.1)$$

Kandungan nutrisi BK, PK, TDN, dan NEL yang terdapat dalam 10 jenis pakan sapi perah. Selain itu, terdapat masing-masing harga pakan yang tersaji dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kandungan Nutrisi Pakan

Nama Pakan	BK(%)	PK(%)	TDN(%)	NEL(Mkal/kg)	Harga
Rumput Gajah	36.5	13.32	55.7	1.24465	1250
Tebon Jagung	90.8	8.81	58	1.301	1700
Pollard	82.82	18.12	58	1.301	4500
Bapro	81.79	18.69	70	1.595	3000
Ampas Tahu	20.66	25.96	79	1.8155	500
Limbah Roti	68.3	15	89.3	2.06785	250
Jerami Padi	92.7	4.8	47.5	1.04375	500
Kulit Kedelai	90.9	13.9	67.3	1.52885	250
Daun Lamtoro	30	32.12	77	1.7665	2000
Bekatul	89.6	15.9	86	1.987	2500

Sumber : (Council, 2001) (Wijaya, 2015)

Kebutuhan nutrisi setiap sapi berbeda bergantung pada berat badan, jumlah susu yang diproduksi, dan kandungan lemak pada susu tersebut. Setiap pakan yang diberikan harus memenuhi nutrisi untuk hidup pokok sapi dan produksi susu sapi setiap harinya. Tabel 2.2 menunjukkan kebutuhan nutrisi untuk hidup pokok sapi.

Tabel 2.3 Kebutuhan Nutrisi Hidup Pokok Sapi perah Laktasi

Berat Badan (Kg)	NE _L (Mkal/Kg)	TDN (Kg)	PK (gr)
350	6.47	2.85	341
400	7.16	3.15	373
450	7.82	3.44	403
500	8.46	3.72	432
550	9.09	4.00	461

Sumber : (Council, 1978)

Untuk berat badan sapi yang tidak terdapat dalam tabel perlu dilakukan perhitungan kebutuhan nutrisi dapat dilihat pada persamaan 2.2 :

$$\frac{\text{nutrient atas}-\text{nutrient bawah}}{\text{BB atas}-\text{BB bawah}} \times (\text{BB} - \text{BB Bawah}) + \text{nutrient bawah} \quad (2.2)$$

Persamaan 2.2 digunakan untuk menghitung nutrisi sapi dengan berat badan di antara batas-batas berat badan (BB) yang ada pada Tabel 2.2. Misal BB sapi 430, maka BB atas = 450 dan BB bawah = 400 karena akan dihitung nutrisi sapi dengan BB di antara 400 dan 450. Begitu juga untuk perhitungan masing-masing nutrient juga mengikuti batas-batas BB sapi seperti pada contoh perhitungannya berikut:

$$\begin{aligned} PK (\text{sapi } 430) &= \frac{PK (\text{sapi } 450) - PK (\text{sapi } 400)}{450 - 400} \times (430 - 400) + PK (\text{sapi } 400) \\ &= \frac{403 - 373}{450 - 400} \times (430 - 400) + 373 = 391 \text{ gr} \end{aligned}$$

Selain dibutuhkan untuk hidup pokok sapi perah, pakan juga dibutuhkan untuk kebutuhan produksi susu sapi perah laktasi setiap harinya. Untuk menghasilkan satu liter susu dengan kadar lemak tertentu dibutuhkan kandungan nutrisi tertentu dalam pakan sapi tersebut. Pada Tabel 2.3 menunjukkan kebutuhan nutrisi) untuk menghasilkan satu liter susu dengan kadar lemak tertentu.

Tabel 2.4 Kebutuhan Nutrisi Produksi 1 liter Susu

Kadar Lemak (%)	NE _L (Mkal/Kg)	TDN (Kg)	PK (gr)
2.5	0.59	0.260	72
3.0	0.64	0.282	77
3.5	0.69	0.364	82
4.0	0.74	0.326	87
4.5	0.78	0.344	92
5.0	0.83	0.365	98
5.5	0.88	0.387	103
6.0	0.93	0.410	108

Sumber : (Council, 1978)

Jumlah produksi susu yang berbeda-beda juga mempengaruhi kebutuhan NE_L (Mkal) /kg BK pada pakan sapi perah. Pada Tabel 2.4 ditunjukkan kebutuhan NE_L (Mkal)/kg BK pada sapi perah dengan produksi susu yang berbeda.

Tabel 2.5 Kebutuhan NE_L (Mkal)/ kg BK untuk Produksi Susu yang Berbeda

Produksi susu (liter)	NE_L / kg BK (Mkal/ kg)
< 8	1.42
8 – 13	1.52
13 – 18	1.62
> 18	1.72

Sumber : (Council, 1978)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Novianti (2014) bahwa 0.2 – 0.9 kg BK/ekor/hari dapat meningkatkan produksi susu sebanyak 0.2 – 0.5 liter per hari (**Novianti, 2014**). Hal tersebut dijadikan acuan untuk menghitung pertambahan produksi susu agar mencapai optimal.

2.3 Algoritma Particle Swarm Optimization

Algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* pertama kali dikenalkan oleh *Kennedy* dan *Eberhart* pada tahun 1995. Algoritma PSO merupakan sebuah teknik optimasi yang berbasis populasi untuk mencari solusi optimal menggunakan populasi dari partikel itu sendiri. PSO didasarkan pada ide bahwa setiap kerumunan partikel merupakan sebuah solusi dari ruang solusi. Dalam PSO populasi disebut dengan *swarm*, dan individu disebut dengan *particle*. Tiap partikel diadaptasi dari daerah pencarian dan menyimpannya sebagai posisi terbaik yang pernah dicapai (Permana & Hashim, 2010).

2.3.1 Komponen-komponen Algoritma PSO

Komponen algoritma PSO adalah sebagai berikut :

1. **Swarm**
Swarm merupakan jumlah partikel dalam populasi suatu algoritma. Ukuran swarm bergantung pada seberapa kompleks masalah yang dihadapi. Secara umum ukuran swarm pada algoritma PSO cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan algoritma evolusioner yang lain dalam mencari solusi.
2. **Partikel**
Partikel merupakan individu dalam suatu *swarm* yang merepresentasikan solusi penyelesaian masalah. Setiap partikel memiliki posisi dan kecepatan yang ditentukan oleh representasi solusi pada saat itu.
3. **Personal Best**
Personal best merupakan posisi terbaik yang pernah dicapai partikel dengan membandingkan *fitness* pada posisi partikel sekarang dengan sebelumnya. *Personal best* dipersiapkan untuk mendapatkan solusi terbaik.
4. **Global Best**

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

5. Kecepatan
Velocity merupakan vektor yang menentukan arah perpindahan posisi sebuah partikel. Perubahan *velocity* dilakukan setiap iterasi dengan tujuan memperbaiki posisi partikel semula.
6. Bobot Inersia
Parameter bobot inersia digunakan untuk mengontrol dampak dari perubahan *velocity* yang diberikan oleh partikel. Selain itu, penggunaan bobot inersia pada beberapa penelitian menunjukkan adanya peningkatan performansi.
7. Koefisien Akselerasi
Koefisien akselerasi merupakan faktor pengontrol sejauh mana partikel berpindah dalam satu iterasi. Secara umum nilai koefisien akselerasi c_1 dan c_2 adalah sama yaitu dalam rentang 0 sampai 4. Namun demikian, nilai tersebut dapat ditentukan sendiri untuk setiap penelitian berbeda.

2.3.2 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 (x_{max}) dan batas bawah (x_{min}) seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.3 dan 2.4.

$$x_0^i = x_{min} + rand(x_{max} - x_{min}) \quad (2.3)$$

$$v_0^i = x_{min} + rand(x_{max} - x_{min}) \quad (2.4)$$

Langkah kedua adalah *update velocity* (kecepatan) untuk semua partikel pada waktu $k+1$ menggunakan nilai *fitness* posisi partikel saat ini pada saat waktu ke k . Dari nilai *fitness* 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 2.5: (Fukuyama, 2007)

$$v_{k+1}^i = (\omega * v_k^i) + (c_1 * rand * (p_{best}^i - x_k^i)) + (c_2 * rand * (g_{best} - x_k^i)) \quad (2.5)$$

dimana :

v_k^i = kecepatan patikel 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 2.6: (Omizegba & Adebayo, 2009)

$$\omega = \omega_{max} - \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{iter_{max}} \times iter \tag{2.6}$$

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 2.7: (Fukuyama, 2007)

$$x_{k+1}^i = x_k^i + v_{k+1}^i \tag{2.7}$$

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 (Fukuyama, 2007).

Untuk lebih jelas dalam memahami langkah-langkah algoritma PSO tersebut, Gambar 2.1 menunjukkan Standar Algoritma PSO dalam bentuk *pseudo code* secara umum.

Standar Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i>
Start
for setiap partikel i
inisialisasi posisi dan kecepatan



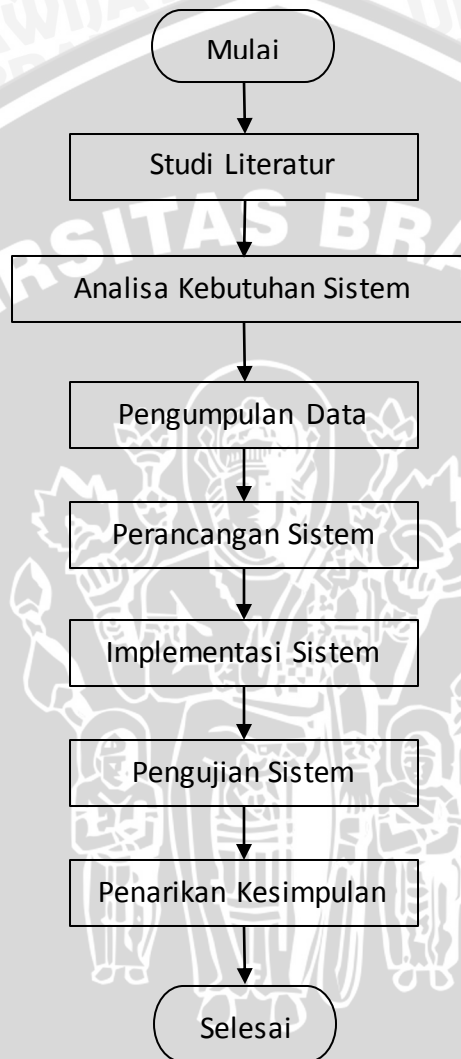
```
end for
while (bukan jumlah iterasi maksimum)
  for tiap partikel i
    tentukan fitness value  $\omega_i$ 
    if  $\omega_i$  lebih baik dari  $pbest$  terkini
      then  $pbest\ fitness = \omega_i$ ,  $pbest = x_k^i$ 
    if  $\omega_i$  lebih baik dari  $gbest$  terkini
      then  $gbest\ fitness = \omega_i$ ,  $gbest = x_k^i$ 
    end for
  for tiap partikel i
    hitung  $v_k^i$ 
    update  $v_k^i$ 
  end for
  update  $\omega$ 
end while
end
```

Gambar 2.4 Pseudo code umum Algoritma Particle Swarm Optimization

Sumber : Nouaouria (2005)

BAB 3 METODOLOGI

Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah yang dilakukan untuk mengerjakan penelitian tentang optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*. Alur pengerjaan penelitian ini secara umum dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.1 Studi Literatur

Mengumpulkan serta mempelajari berbagai macam literatur yang berkaitan dengan pembuatan sistem optimasi komposisi pakan sapi perah, di antaranya:

1. Algoritma *Particle Swarm Optimization*
2. Komposisi pakan sapi perah
3. Rekayasa Perangkat Lunak
4. Pemrograman dengan menggunakan Bahasa *Java*
5. Pengujian Sistem

Sumber yang digunakan untuk melakukan studi literatur ini berupa jurnal *e-book*, buku, penelitian sebelumnya, dan dokumentasi proyek.

3.2 Analisa Kebutuhan

Analisa kebutuhan bertujuan untuk menganalisis dan mendapatkan semua kebutuhan yang diperlukan dalam pembuatan sistem optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*. Analisa kebutuhan disesuaikan dengan lokasi dan variabel penelitian, menentukan kebutuhan data yang digunakan, dan mempersiapkan alat dan bahan penelitian.

Secara keseluruhan, kebutuhan yang digunakan dalam pembuatan sistem optimasi komposisi pakan sapi perah ini meliputi:

1. Kebutuhan *Hardware*, meliputi:
 - Komputer / Laptop
2. Kebutuhan *Software*, meliputi:
 - *Microsoft Windows 8.1* sebagai sistem operasi .
 - Menggunakan *Netbeans 8.0.2* sebagai *editor* untuk membuat sistem.
 - *Java* merupakan bahasa pemrograman untuk pembuatan sistem.
 - *Microsoft Visio 2013* yang akan membantu dalam pembuatan diagram

3.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari beberapa sumber. Data-data tersebut akan digunakan dalam penelitian ini baik dalam perhitungan maupun untuk analisa hasil optimasi. Data yang dikumpulkan untuk pelaksanaan penelitian ini meliputi :

- Data jenis pakan yang biasa digunakan untuk ternak dari peternak di kota Batu beserta berat badan sapi.
- Data konsumsi pakan dan produksi susu sapi perah harian dari beberapa peternak di kota Batu.
- Data harga jenis pakan dan kandungan lemak serta kualitas susu dari KUD Batu.
- Data kebutuhan nutrisi sapi perah dari NRC 1978 dan 2001.

3.4 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dibuat berdasarkan hasil analisa kebutuhan dan pengumpulan data yang telah dilakukan. Perancangan ini dilakukan untuk mempermudah proses implementasi, pengujian, serta analisis. Pada sistem ini, terdapat dua jenis perancangan yang akan dilakukan yaitu:

1. Perancangan Antarmuka Pengguna
Perancangan antarmuka pengguna bertujuan agar antarmuka sistem yang dibangun dapat memudahkan penggunanya.
2. Perancangan Pengujian

Perancangan pengujian sistem yang dilakukan adalah uji coba untuk menentukan parameter yang paling optimal dalam implementasi sistem.

3.5 Implementasi Sistem

Implementasi sistem adalah tahap membangun sistem yang sesuai dengan perancangan yang telah dibuat dan menerapkan hal yang telah didapatkan pada proses studi literatur. Sistem optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* yang akan dibangun ini menggunakan Java sebagai platform pengembangannya. Tahap implementasi yang dilakukan meliputi implementasi antarmuka, dan algoritma. Keluaran yang dihasilkan dari implementasi sistem ini adalah komposisi pakan sapi perah yang optimal.

3.6 Perancangan Uji Coba

Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem yang telah dibuat untuk mengetahui bahwa sistem telah mampu bekerja sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan. Perancangan pengujian sistem yang dilakukan adalah uji coba untuk menentukan parameter yang paling optimal dalam implementasi sistem. Parameter yang akan diuji meliputi: konstanta, inersia maksimum, inersia minimum, jumlah partikel, serta iterasi.

3.7 Pengambilan Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah semua tahapan dari perancangan, implementasi, dan pengujian dari sistem optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* telah dilakukan. Kesimpulan diambil dari hasil pengujian dan analisis sistem tersebut. Tahap terakhir dari penulisan adalah saran yang berkenaan dengan hasil yang telah dicapai yang berguna untuk memperbaiki kesalahan dalam pengembangan lebih lanjut.

BAB 4 PERANCANGAN

Pada bab ini menjelaskan formulasi permasalahan, siklus algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)*, siklus penyelesaian komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)*, perhitungan manual, serta perancangan antarmuka.

4.1 Formulasi Permasalahan

Pada subbab formulasi permasalahan menjelaskan tentang permasalahan yang akan diselesaikan. Permasalahan yang diselesaikan adalah bagaimana menyusun komposisi pakan sapi perah dengan jenis pakan sesuai masukan pengguna sistem agar nutrisi terpenuhi, produksi susu optimal dan biaya minimal menggunakan algoritma *particle swarm optimization*. Untuk menyelesaikan masalah komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma PSO akan diberikan contoh kasus seperti berikut :

Seekor sapi perah dengan dengan berat badan 450 kg mempunyai produksi susu 15 liter dengan kadar lemak 4.5 %. Bagaimana menyusun komposisi pakan sapi perah tersebut agar nutrisinya terpenuhi dengan produksi susu optimal dan harga yang minimal?

Langkah pertama yang dilakukan adalah melihat bahan pakan yang tersedia (sesuai pada Tabel 2.2). Dalam contoh permasalahan ini bahan pakan yang tersedia yaitu rumput gajah, daun lamtoro, dan bekatul. Setelah itu menghitung kebutuhan nutrisi yang terdiri dari bahan kering (BK), protein kasar (PK), dan *total digestible nutrient (TDN)* dari sapi perah tersebut. Dengan melihat Tabel 2.3, berdasarkan bobot sapi perah, maka kebutuhan nutrisi yang dibutuhkan untuk sapi perah tersebut adalah bahan kering (BK) = 12.53 kg, protein kasar (PK) = 1.78 kg, *total digestible nutrient (TDN)* = 8.6 kg, dan *Net Energy of Lactation (NEL)* = 20.3 Mkal/kg.

4.2 Siklus Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)

Siklus algoritma PSO merupakan urutan penyelesaian masalah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* secara sekuensial. Optimasi menggunakan algoritma PSO bertujuan untuk memperoleh komposisi pakan sapi perah yang optimum berdasarkan nilai *fitness* yang dihasilkan oleh partikel sebagai representasi solusi. Diagram alir proses optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma PSO ditunjukkan pada Gambar 4.1:



Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah Menggunakan Algoritma PSO

Langkah-langkah optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma PSO berdasarkan Gambar 4.1 adalah sebagai berikut:

1. Sistem menerima masukan berupa data jenis pakan yang tersedia bagi pengguna dan parameter PS meliputi: jumlah iterasi, ukuran *swarm*, bobot inersia maksimal (w_{max}), bobot inersia minimal (w_{min}), koefisien akselerasi 1 (c_1), dan koefisien akselerasi 2 (c_2).
2. Melakukan proses inialisasi partikel.
3. Melakukan *update* kecepatan dan posisi partikel.
4. Melakukan perhitungan *fitness*.
5. Melakukan *update personal best* dan *global best*.

6. Untuk iterasi 1 sampai iterasi maksimal, lakukan langkah 3 sampai langkah 5.
7. Keluaran sistem adalah *global best* dengan nilai *fitness* terbaik yaitu komposisi pakan sapi perah paling optimum.

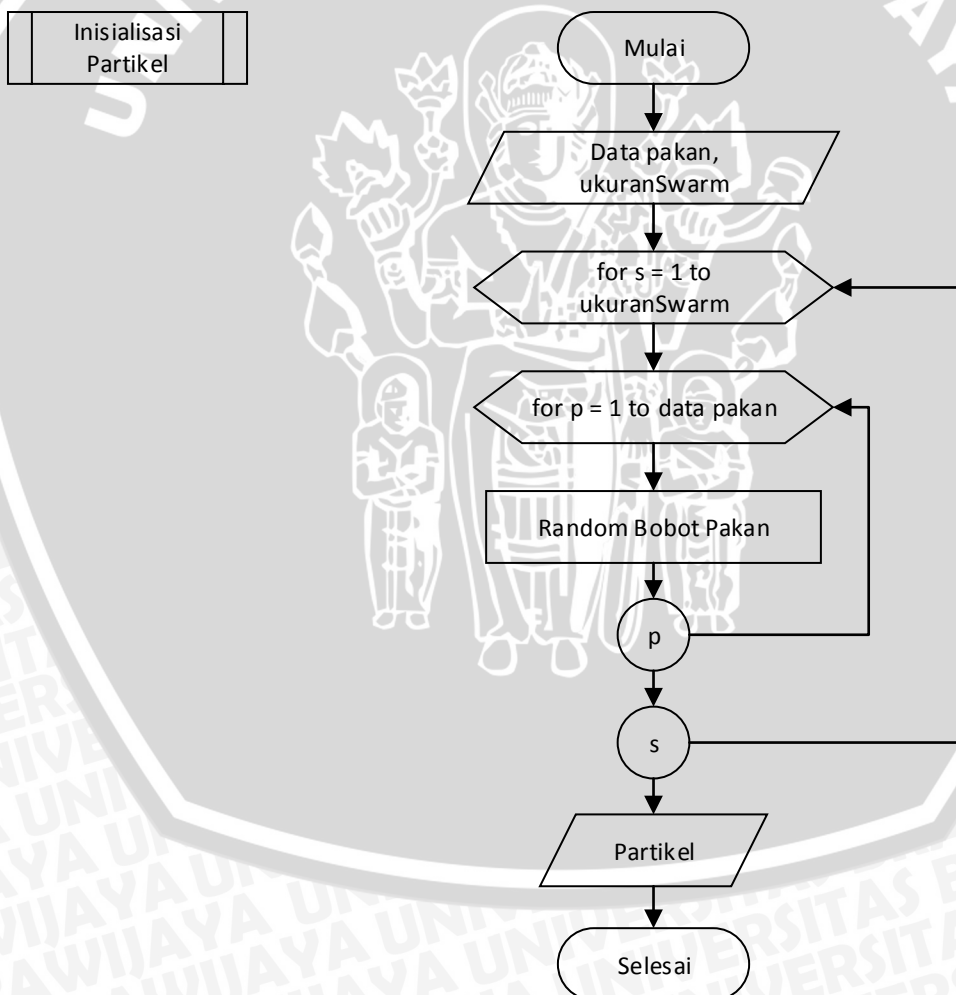
4.2.1 Inisialisasi Partikel

Inisialisasi partikel pada penelitian ini menggunakan pengkodean *real code*. Partikel ini memiliki panjang sesuai dengan jumlah jenis pakan yang diinputkan. Tiap dimensi merupakan representasi dari bobot masing-masing pakan yang dibangkitkan secara acak dengan interval antara 1 sampai dengan 10. Contoh skema inisialisasi partikel ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Skema Inisialisasi Partikel

Kulit kedelai	Bekatul	Bapro
7	3.72	8.6

Digaram alir proses inisialisasi partikel pada algoritma PSO ditunjukkan pada Gambar 4.2:



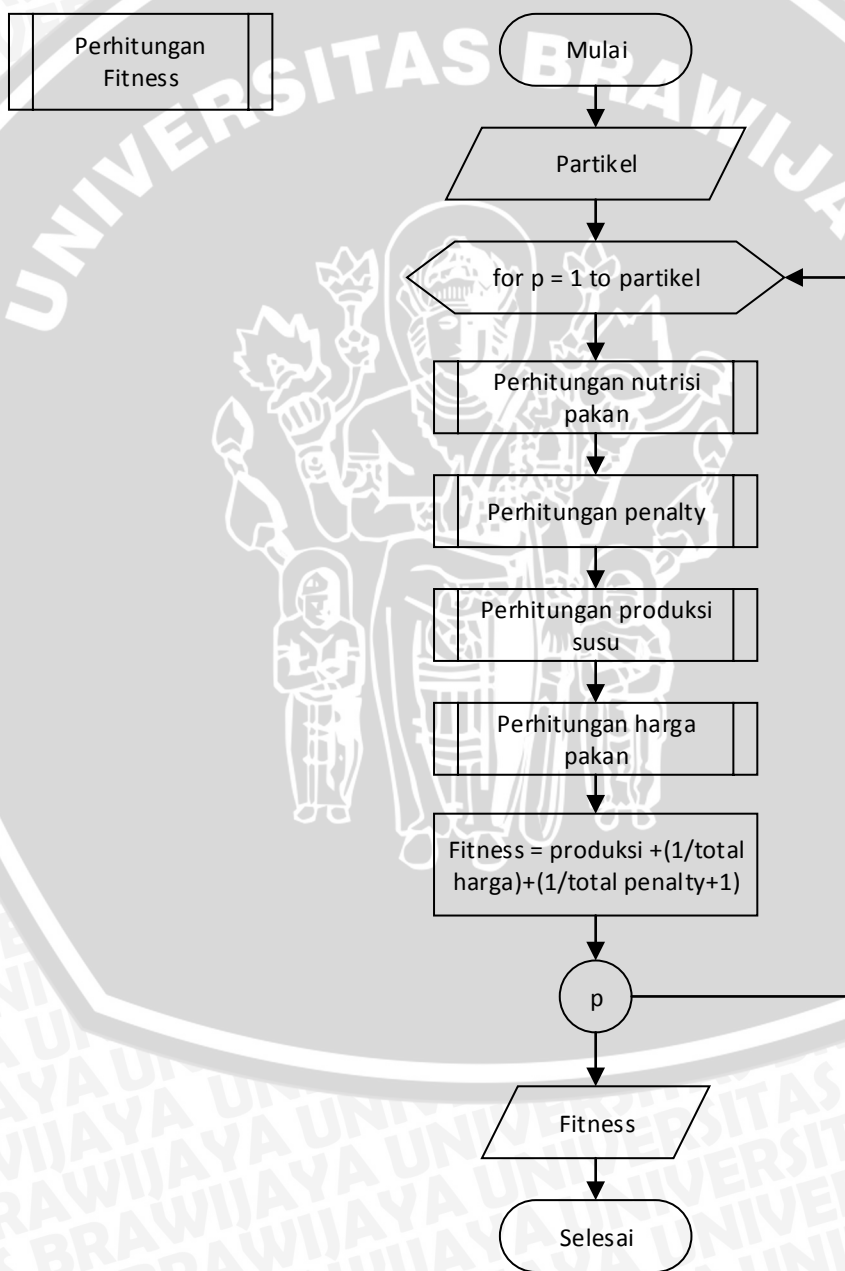
Gambar 4.2 Diagram Alir Proses Inisialisasi Partikel

Langkah-langkah inisialisasi partikel pada algoritma PSO berdasarkan Gambar 4.2 adalah sebagai berikut:

1. Sistem menerima masukan berupa data jenis pakan dan ukuran *swarm*.
2. Untuk tiap partikel sampai jumlah *swarm*, lakukan langkah 3.
3. Untuk tiap jenis pakan dari partikel diperoleh secara acak untuk membangkitkan bobot pakan tersebut.
4. Keluaran sistem adalah partikel PSO sebanyak jumlah *swarm*.

4.2.2 Perhitungan Nilai Fitness

Setiap partikel akan menghasilkan nilai *fitness* untuk menentukan seberapa optimal solusi yang didapatkan. Pada penelitian ini nilai *fitness* bertujuan untuk meminimalkan harga pakan dan memaksimalkan produksi susu. Diagram alir perhitungan nilai fitness ditunjukkan pada Gambar 4.3.



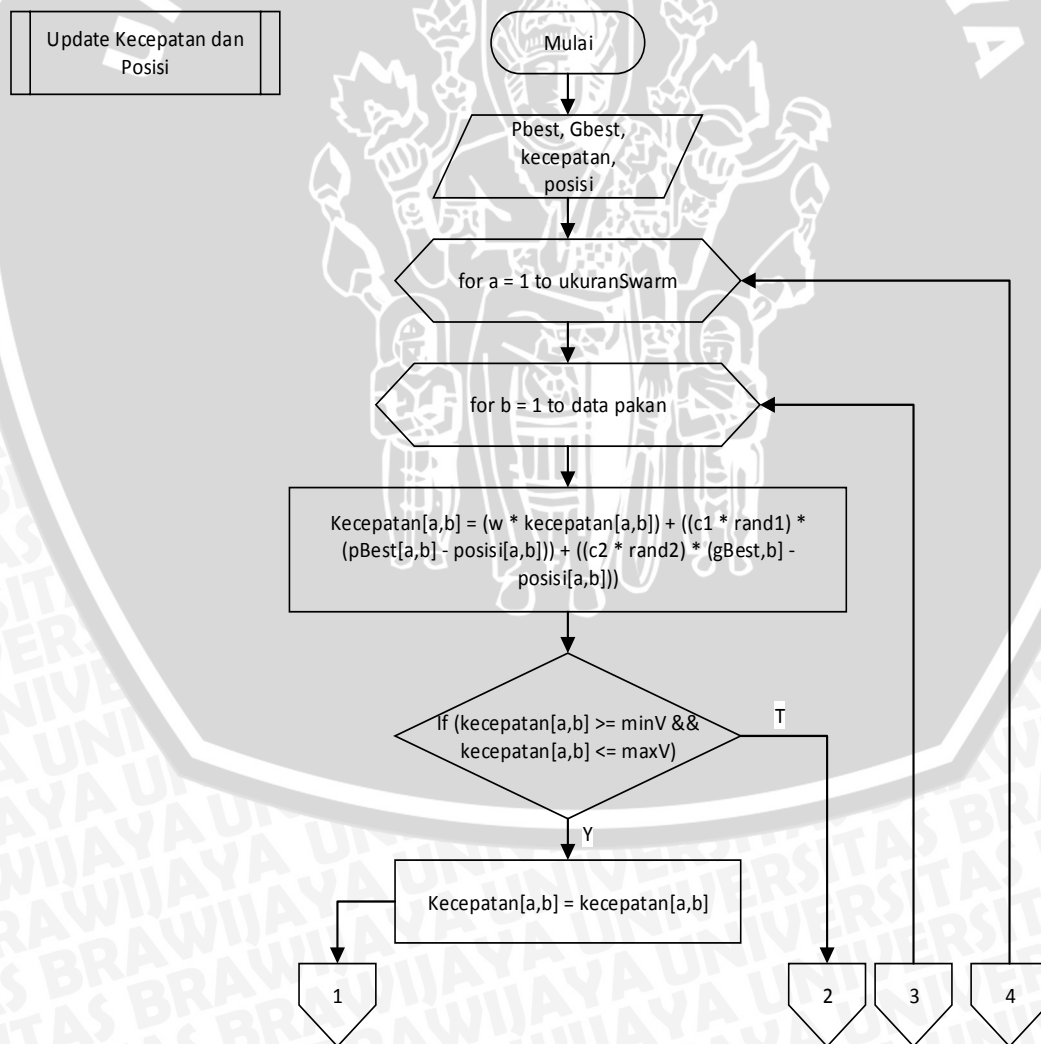
Gambar 4.3 Diagram Alir Proses Perhitungan Nilai Fitness

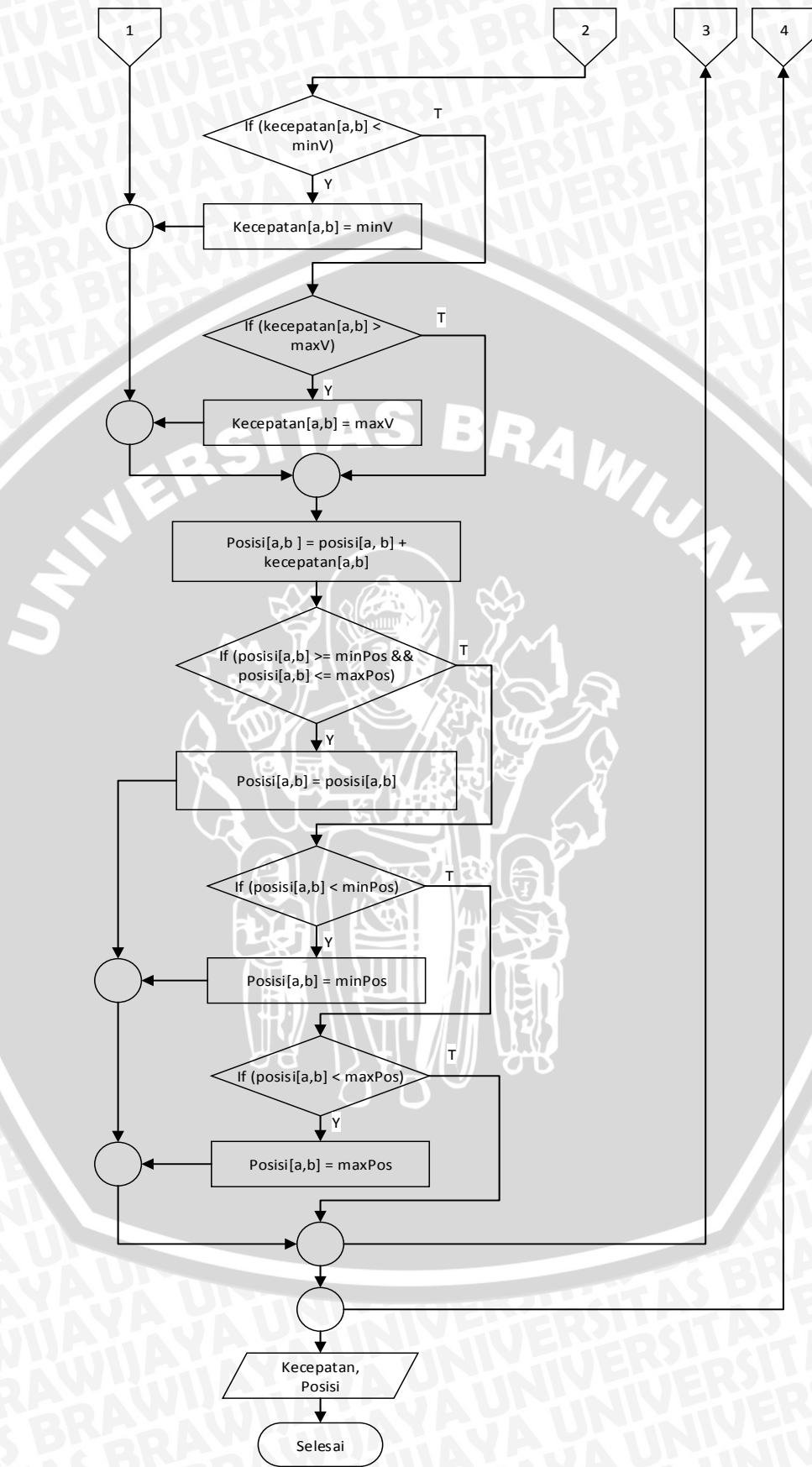
Langkah-langkah nilai *fitness* pada algoritma PSO berdasarkan Gambar 4.3 adalah sebagai berikut:

1. Sistem menerima masukan berupa partikel.
2. Untuk partikel 1 sampai dengan sejumlah ukuran *swarm*, lakukan langkah 3 sampai dengan 7.
3. Melakukan perhitungan nilai nutrisi dari masing-masing pakan.
4. Melakukan perhitungan nilai *penalty* partikel tersebut.
5. Melakukan perhitungan produksi susu.
6. Melakukan perhitungan harga pakan.
7. Menghitung nilai *fitness*.
8. Keluaran dari proses ini adalah nilai *fitness* dari tiap partikel.

4.2.3 Update Kecepatan dan Posisi

Pada tahap inisialisasi, nilai kecepatan adalah 0 dan nilai posisi sama dengan nilai inisialisasi partikel. Namun pada iterasi berikutnya, nilai kecepatan dan posisi dihitung berdasarkan persamaan 2.5. Diagram alir *update* kecepatan dan posisi ditunjukkan pada Gambar 4.4.





Gambar 4.4 Diagram Alir Proses Update Kecepatan dan Posisi

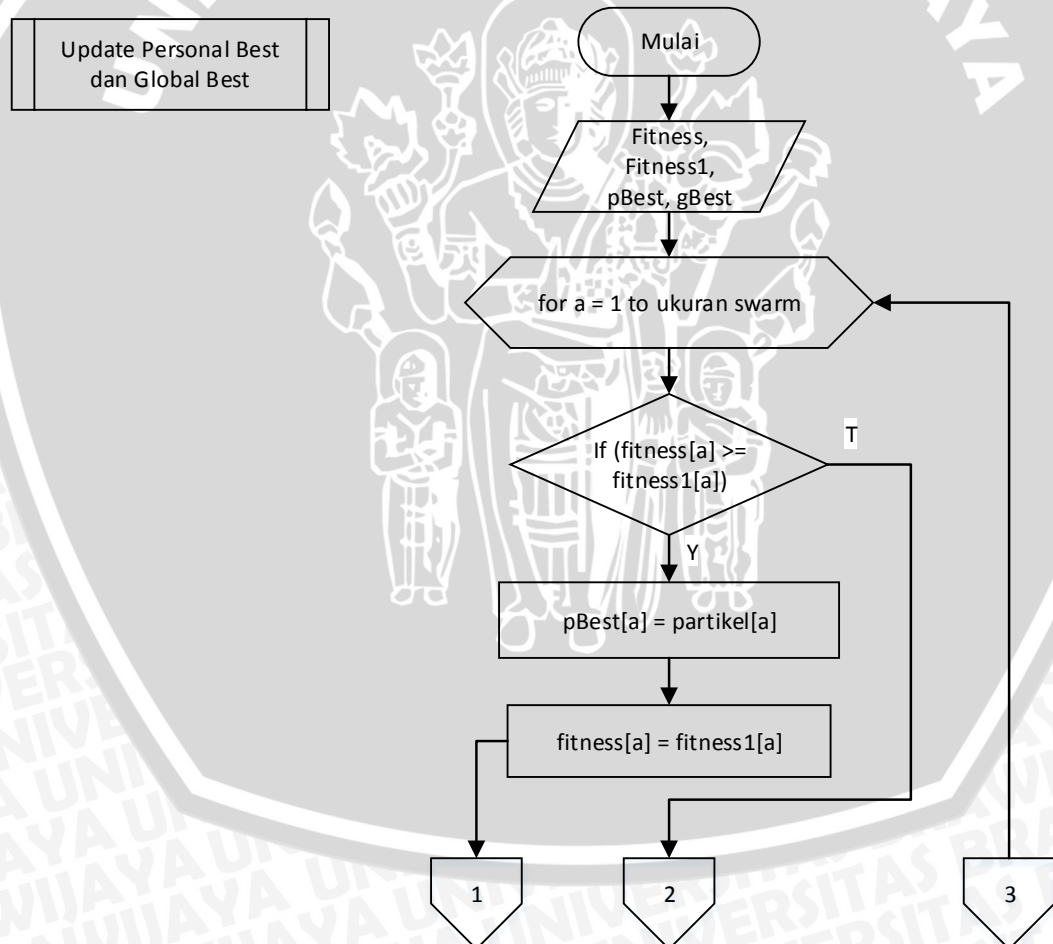


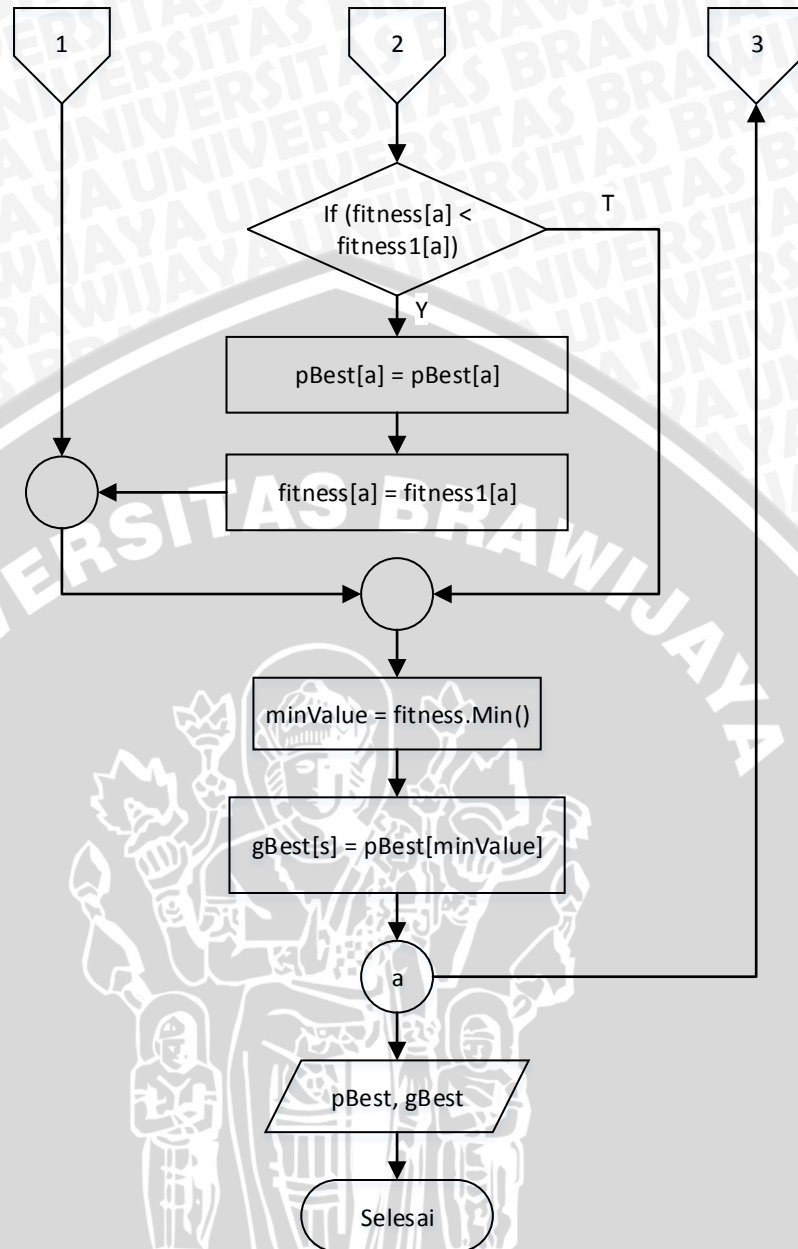
Langkah-langkah *update* kecepatan dan posisi pada algoritma PSO berdasarkan Gambar 4.4 adalah sebagai berikut:

1. Sistem menerima masukan berupa *personal best*, *global best*, kecepatan, dan posisi partikel.
2. Melakukan *update* kecepatan menggunakan persamaan 2.5.
3. Melakukan *update* posisi menggunakan persamaan 2.3.
4. Keluaran sistem adalah kecepatan dan posisi yang telah diperbarui.

4.2.4 Update Personal Best dan Global Best

Pada tahap inialisasi, nilai *personal best* dan *global best* ditentukan berdasarkan nilai inialisasi partikel sedangkan *global best* ditentukan berdasarkan nilai *personal best* dengan *fitness* terbesar. Pada iterasi berikutnya, nilai *personal best* diperoleh dengan membandingkan nilai *fitness personal best* sekarang dengan iterasi sebelumnya sedangkan *global best* diperoleh berdasarkan nilai *personal best* dengan *fitness* terbesar. Diagram alir *update personal* dan *global best* ditunjukkan pada Gambar 4.5.





Gambar 4.5 Diagram Alir Proses Update Personal Best dan Global Best

Langkah-langkah *update personal best* dan *global best* pada algoritma PSO berdasarkan Gambar 4.5 adalah sebagai berikut:

1. Sistem menerima masukan berupa *personal best*, *global best*, *fitness* sebelumnya, dan *fitness* sekarang.
2. Melakukan *update personal best* dengan membandingkan nilai terbesar dari *fitness* sebelumnya dengan *fitness* sekarang.
3. Melakukan *update global best* dengan mencari nilai *fitness* terbesar dari *personal best*.
4. Keluaran dari sistem adalah nilai *personal best* dan *global best* yang telah diperbarui.

4.3 Siklus Penyelesaian Masalah Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)

Siklus algoritma PSO yang telah diuraikan pada subbab 4.2 selanjutnya akan disederhanakan menjadi perhitungan manual untuk memudahkan pemahaman tentang penyelesaian masalah optimasi komposisi pakan sapi perah sebelum diimplementasikan ke dalam kode program. Perhitungan optimasi komposisi pakan sapi perah akan diuraikan pada subbab berikutnya.

Perhitungan manual pada penelitian ini menggunakan sampel data bobot komposisi pakan sapi perah yang dibangkitkan secara acak sebanyak jumlah partikel. Berikut merupakan inialisasi awal yang digunakan dalam perhitungan manual:

- Jumlah iterasi : 1
- Ukuran *swarm* : 5
- Bobot inersia maksimal : 0.9
- Bobot inersia minimal : 0.4
- Koefisien akselerasi 1 & 2 : 2
- Minimal & maksimal kecepatan : -0.6 & 0.6
- Minimal & maksimal posisi : 0 & 10

4.3.1 Inialisasi Partikel

Inialisasi partikel menggunakan pengkodean *real code*. Partikel mempunyai panjang d (d = jumlah dimensi). Tiap dimensi merepresentasikan bobot tiap bahan pakan. Skema inialisasi partikel ditunjukkan pada Gambar 4.6.

d_i	d_{i+1}	d_{i+2}	$d_{i+...}$	d_{i+n}
-------	-----------	-----------	-------------	-----------

Gambar 4.6 Skema Inialisasi Partikel

Sebagai contoh, telah ditentukan ukuran *swarm* sebanyak 5 partikel. Nilai dari tiap partikel merupakan bobot dari masing-masing pakan yang telah diinputkan, sehingga inialisasi partikel seperti yang terdapat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Inialisasi Partikel

Partikel ke-	Nilai Partikel		
	Rumput Gajah	Daun Lamtoro	Bekatul
1	7	3.72	8.6
2	10	7.01	4.56
3	8.79	1.21	1.98
4	6.34	6.16	4.69
5	9.09	7.72	8.6

4.3.2 Perhitungan Nilai Fitness Iterasi 0

Nilai fitness dihitung berdasarkan kebutuhan nutrisi seekor sapi perah yaitu kebutuhan BK, PK, TDN dan NE_L . Dalam menghitung kebutuhan nutrisi sapi perah,

terdapat dua jenis kebutuhan yang harus dihitung yakni kebutuhan nutrisi hidup pokok dan kebutuhan nutrisi produksi.

a. Kebutuhan Hidup Pokok

Dari tabel 2.3 dapat dihitung kebutuhan bahwa sapi dengan bobot 450 kg membutuhkan :

$$NE_L = 7.82 \text{ Mkal}$$

$$TDN = 3.44 \text{ kg}$$

$$PK = 0.403 \text{ kg}$$

b. Kebutuhan Produksi

Dari tabel 2.4 dapat diketahui kebutuhan nutrisi sapi untuk memproduksi satu liter susu. Untuk menghitung keseluruhan produksi sebagai berikut :

$$NE_L = 0.78 \times 15 \text{ liter} = 11.7$$

$$TDN = 0.344 \times 15 \text{ liter} = 5.16$$

$$PK = 0.092 \times 15 \text{ liter} = 1.38$$

c. Kebutuhan Nutrisi Total

Kebutuhan total nutrisi sapi perah dihitung dengan menjumlahkan kebutuhan hidup pokok dan produksi.

$$NE_L(\text{aktivitas}) 10\% \text{ HP} = 10\% \times 7.82 = 0.782$$

$$NE_L \text{ total} = 7.82 + 11.7 + 0.782 = 20.302$$

$$TDN \text{ total} = 3.44 + 5.16 = 8.6$$

$$PK \text{ total} = 0.403 + 1.38 = 1.783$$

$$BK \text{ total} = 20.302 \div 1.62 = 12.5321$$

Berdasarkan dengan bobot badan 450 kg mempunyai produksi susu 15 liter dengan kadar lemak 4.5 % maka kebutuhan nutrisi yang dibutuhkan untuk sapi perah tersebut adalah bahan kering (BK) = 12.53 kg, protein kasar (PK) = 1.78 kg, Total Digestible Nutrient (TDN) = 8.6 kg, dan Net Energy of Lactation(NEL) = 20.3 Mkal/kg.

Tabel 4.3 Nutrisi dan Harga Pakan

Bahan Pakan	Kebutuhan				Harga
	12.53 BK	1.78 PK	8.6 TDN	20.3 NEL	
Rumput gajah	0.365	0.1332	0.557	1.2446	1250
Daun lamtoro	0.3	0.3212	0.77	1.7665	2000
Bekatul	0.896	0.159	0.86	1.987	2500

Misal pada partikel kelima yang terdiri dari tiga bahan pakan, maka proses perhitungan untuk mencari nilai *fitness* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Sel dalam Partikel ke-5

Rumput gajah	Daun lamtoro	Bekatul
9.09	7.72	8.6

2. Menghitung nilai nutrisi pada setiap partikel

Menghitung nilai nutrisi BK, PK, dan TDN untuk setiap bahan pakan dengan mengalikan nilai nutrisi masing-masing bahan pakan dengan bobot tiap bahan pakannya. Berikut merupakan contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai nutrisi setiap bahan pakan.

a. Nilai nutrisi rumput gajah

- BK = Nilai nutrisi BK rumput gajah x bobot rumput gajah
= $0.365 \times 9.09 = 3.31785$
- PK = Nilai nutrisi PK rumput gajah x bobot rumput gajah
= $0.1332 \times 9.09 = 1.2108$
- TDN = Nilai nutrisi TDN rumput gajah x bobot rumput gajah
= $0.557 \times 9.09 = 5.0631$
- NEL = Nilai nutrisi NEL rumput gajah x bobot rumput gajah
= $1.2446 \times 9.09 = 11.3138$

b. Nilai nutrisi daun lamtoro

- BK = Nilai nutrisi BK daun lamtoro x bobot daun lamtoro
= $0.3 \times 7.72 = 2.316$
- PK = Nilai nutrisi PK daun lamtoro x bobot daun lamtoro
= $0.3212 \times 7.72 = 2.4797$
- TDN = Nilai nutrisi TDN daun lamtoro x bobot daun lamtoro
= $0.77 \times 7.72 = 5.9444$
- NEL = Nilai nutrisi NEL daun lamtoro x bobot daun lamtoro
= $1.7665 \times 7.72 = 13.6374$

c. Nilai nutrisi Bekatul

- BK = Nilai nutrisi BK bekatul x bobot bekatul
= $0.896 \times 8.6 = 7.7056$
- PK = Nilai nutrisi PK bekatul x bobot bekatul
= $0.159 \times 8.6 = 1.3674$
- TDN = Nilai nutrisi TDN bekatul x bobot bekatul
= $0.86 \times 8.6 = 7.396$

- NEL = Nilai nutrisi NEL bekatul x bobot bekatul
= 1.987 x 8.6 = 17.0882

Tabel 4.5 Perhitungan Ketersediaan dan Kebutuhan Nutrisi

Bahan Pakan	Nutrisi			
	BK	PK	TDN	NEL
Rumput gajah	3.31785	1.21079	5.06313	11.3139
Daun lamtoro	2.316	2.47967	5.9444	13.6374
Bekatul	7.7056	1.3674	7.396	17.0882
Total Ketersediaan	13.3395	5.05785	18.4035	42.0395
Total Kebutuhan	12.53	1.78	8.6	20.302

3. Menghitung nilai *penalty*

Dari perhitungan nilai nutrisi masing-masing bahan pakan didapatkan total ketersediaan nutrisi yang ditunjukkan pada Tabel 4.5. Jika kebutuhan nutrisi terpenuhi, maka nilai *penalty* 0 dan jika ada nutrisi yang tidak terpenuhi akan diperoleh nilai *penalty*.

Tabel 4.6 Perhitungan Nilai Penalty dan Kelebihan Nutrisi

Nutrisi	Kebutuhan	Ketersediaan	Penalty	Kelebihan
BK (kg)	12.5321	13.33945	0	0.807351
PK (kg)	1.783	5.057852	0	3.274852
TDN (kg)	8.6	18.40353	0	9.80353
NEL (Mkal/kg)	20.302	42.03945	0	21.73745

Karena tidak ada nilai nutrisi yang kurang dari kebutuhan maka nilai *penalty* adalah 0.

- *Penalty* jika ketersediaan BK < kebutuhan BK sapi perah
- *Penalty* jika ketersediaan PK < kebutuhan BK sapi perah
- *Penalty* jika ketersediaan TDN < kebutuhan BK sapi perah

4. Menghitung pertambahan produksi susu

Berdasarkan Tabel 4.6 terdapat kelebihan nutrisi dari komposisi pakan yang sudah tersedia. Dari nilai kelebihan tersebut dapat dihitung produksi susunya dengan cara kelebihan nutrisi (PK, TDN, NEL) dibagi dengan nutrisi yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 liter susu seperti yang terdapat pada Tabel 2.4. Contoh perhitungan pertambahan produksi susu berdasarkan PK, TDN, NEL sebagai berikut:

- Pertambahan produksi (PK) = $\frac{\text{sisia PK}}{\text{PK 1 liter susu}} = \frac{3.193184}{0.092} = 34.70852$
- Pertambahan produksi (TDN) = $\frac{\text{sisia TDN}}{\text{TDN 1 liter susu}} = \frac{9.084042}{0.344} = 26.4071$
- Pertambahan produksi (NEL) = $\frac{\text{sisia NEL}}{\text{NEL 1 liter susu}} = \frac{19.9747}{0.78} = 25.60859$



Sedangkan untuk menghitung pertambahan produksi dari sisa nutrisi BK didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Novianti (2014). Nilai 0.55 didapatkan dari rata-rata BK yang dibutuhkan berkisar antara 0.2 – 0.9 kg. Sedangkan, nilai 0.35 didapatkan dari rata-rata susu yang dihasilkan dari kisaran BK tersebut yaitu antara 0.2 – 0.5 liter (Novianti, 2014). Contoh perhitungan pertambahan produksi susu berdasarkan BK sebagai berikut:

- $$\text{Pertambahan produksi (BK)} = \frac{\text{sisa BK}}{0.55} \times 0.35 = \frac{0.893351}{0.55} \times 0.35 = 0.568496$$

Dari hasil perhitungan pertambahan produksi masing-masing nutrisi, maka diambil pertambahan produksi yang paling minimal. Maka pertambahan produksi pada partikel tersebut = 0.568496.

5. Menghitung harga

Selanjutnya adalah menghitung total harga dalam satu partikel tersebut dengan harga pakan yang terdapat pada Tabel 2.2. Perhitungan harga komposisi pakan terdapat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perhitungan Harga Pakan

Bahan Pakan	Sel	Harga	Jumlah
Rumput gajah	9.09	1250	11362.5
Daun lamtoro	7.72	2000	15440
Bekatul	8.6	2500	21500
Total Harga			48302.5

6. Menghitung *fitness*

Menghitung *fitness* digunakan untuk mengukur kualitas solusi yang didapatkan dari partikel tersebut. Contoh perhitungan nilai *fitness* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Fitness} &= \text{Produksi} + \frac{1}{\text{Total harga}} + \frac{1}{\text{Total penalty} + 1} \\ &= 0.568496 + \frac{1}{48302.5} + \frac{1}{0+1} = 1.536031 \end{aligned}$$

4.3.3 Perhitungan Inisialisasi Personal Best dan Global Best

Inisialisasi nilai *personal best* nilainya sama seperti inisialisasi partikel PSO. Inisialisasi nilai *personal best* ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Inisialisasi Personal Best

Partikel	Rumput Gajah	Daun Lamtoro	Bekatul	Fitness
1	7	3.72	8.6	0.24787565
2	10	7.01	4.56	0.27416881
3	8.79	1.21	1.98	0.077320401
4	6.34	6.16	4.69	0.195311026
5	9.09	7.72	8.6	1.568516943



Sedangkan nilai *global best* merupakan nilai *personal best* yang mempunyai nilai *fitness* terbesar. Inisialisasi nilai *global best* ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Inisialisasi Global Best

Partikel	Rumput Gajah	Daun Lamtoro	Bekatul	Fitness
5	9.09	7.72	8.6	1.568516943

4.3.4 Perhitungan Update Kecepatan dan Posisi

Update kecepatan dan posisi partikel pada iterasi 1 dan selanjutnya dihitung berdasarkan persamaan 2.5 dan 2.7. Langkah-langkah menghitung nilai kecepatan dan posisi partikel adalah :

Langkah 1 : menghitung perubahan bobot inersia menggunakan persamaan 2.6

$$\text{Bobot inersia}(\omega) = 0.9 - \frac{0.9-0.4}{5} \times 1 = 0.8$$

Langkah 2 : menghitung nilai kecepatan partikel berdasarkan persamaan 2.5. Sebagai contoh, menghitung nilai kecepatan partikel ke-1 dimensi ke-1

$$\begin{aligned} V &= (0.8 * 0) + ((2 * 0.828236) * (7 - 7)) + ((2 * 0.542143) * (9.09 - 7)) \\ &= 2.266158 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai kecepatan dari semua partikel ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Perhitungan Update Kecepatan Partikel

Partikel	Nilai Kecepatan Partikel		
1	2.266158	4.337144	0
2	-0.9867	0.7698431	0.769843
3	0.325286	7.0587019	7.058702
4	2.981787	1.6914862	4.239558
5	0	0	0

Langkah 3 : normalisasi kecepatan partikel

Normalisasi kecepatan partikel dilakukan karena kecepatan maksimum (v_{\max}) ditetapkan berdasarkan 60% dari rentang posisi masing-masing dimensi (Chen, et al., 2011). Misal interval posisi partikel [1;10], maka:

$$V_{\min} = \frac{60}{100} \times (-X_{\max}) = \frac{60}{100} \times (-10) = -6$$

$$V_{\max} = \frac{60}{100} \times X_{\max} = \frac{60}{100} \times 10 = 6$$

Oleh karena itu, rentang kecepatan partikel $[-v_{\max}; v_{\max}]$ dari semua partikel dikonversi dikarenakan batas maksimum dan minimum kecepatan adalah [-6;6]. Jika nilai kecepatan partikel > 6 maka akan dikembalikan pada kecepatan maksimal 6. Begitu pula sebaliknya dengan kecepatan minimal. Hasil normalisasi kecepatan partikel ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Normalisasi Kecepatan Partikel

Partikel	Normalisasi Kecepatan		
1	2.266158	4.337144	0
2	-0.9867	0.7698431	0.769843
3	0.325286	6	6
4	2.981787	1.6914862	4.239558
5	0	0	0

Langkah 4 : menghitung nilai posisi partikel berdasarkan persamaan 2.7. Sebagai contoh, menghitung nilai posisi partikel ke-1 dimensi ke-1.

$$\text{Posisi } (x) = 0.6 + 7 = 7.6$$

Hasil perhitungan nilai posisi dari keseluruhan partikel ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Perhitungan Update Posisi Partikel

Partikel	Posisi Partikel		
1	7.6	4.32	8.6
2	9.4	7.61	5.16
3	9.39	1.81	2.58
4	6.94	6.76	5.29
5	9.09	7.72	8.6

Langkah 5 : normalisasi posisi partikel

Normalisasi posisi partikel dilakukan jika posisi partikel melewati batas minimum dan maksimum yang telah ditentukan. Misal interval posisi adalah [1;10]. Maka, jika nilai posisi partikel > 10 maka akan dikembalikan pada posisi maksimal 10. Begitu pula sebaliknya dengan posisi minimal. Hasil normalisasi posisi partikel ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Normalisasi Posisi Partikel

Partikel	Normalisasi Posisi		
1	7.6	4.32	8.6
2	9.4	7.61	5.16
3	9.39	1.81	2.58
4	6.94	6.76	5.29
5	9.09	7.72	8.6

4.3.5 Perhitungan Nilai Fitness Iterasi 1

Seperti halnya pada iterasi 0, nilai *fitness* pada iterasi 1 juga dihitung untuk masing-masing partikel. Hasil perhitungan nilai *fitness* iterasi 1 ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.14 Perhitungan Nilai Fitness Iterasi 1

Partikel	Rumput Gajah	Daun Lamtoro	Bekatul	Harga	Penalty	Produksi	Fitness
1	7.6	4.32	8.6	39640	1.887411	0	0.346356
2	9.4	7.61	5.16	39870	2.143139	0	0.318178
3	9.39	1.81	2.58	23318	6.945038	0	0.125908
4	6.94	6.76	5.29	35420	3.178259	0	0.239362
5	9.09	7.72	8.6	48302.5	0	0.568496	1.568517

4.3.6 Perhitungan Update Personal Best dan Global Best

Update personal best pada iterasi 1 dan selanjutnya didapatkan dengan membandingkan nilai *fitness personal best* iterasi saat ini dengan nilai *fitness personal best* pada iterasi sebelumnya. Sedangkan *global best* diperoleh dari partikel dengan nilai *fitness* terbesar dalam personal best yang telah terpilih. Tabel 4.14 menunjukkan perbandingan nilai *fitness personal best* iterasi 0 dan iterasi 1.

Tabel 4.15 Perbandingan Fitness Iterasi 0 dan Iterasi 1

Partikel	Fitness Iterasi 0	Fitness Iterasi 1
1	0.24787565	0.346356
2	0.27416881	0.318178
3	0.077320401	0.125908
4	0.195311026	0.239362
5	1.568516943	1.568517

Setelah dilakukan perbandingan dengan nilai *fitness personal best* iterasi 0 maka dilakukan proses *update personal best*. Hasil *update personal best* ditunjukkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.16 Update Personal Best

Partikel	Rumput Gajah	Daun Lamtoro	Bekatul	Fitness
1	7.5	4.22	8.6	0.346356
2	9.5	7.51	5.06	0.318178
3	9.29	1.71	2.48	0.125908
4	6.84	6.66	5.19	0.239362
5	9.09	7.72	8.6	1.568517

Selanjutnya dilakukan *update* nilai *global best* berdasarkan nilai *fitness* terbesar dari *personal best* yang telah diperbarui. Hasil *update global best* ditunjukkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.17 Update Global Best

Partikel	Rumput Gajah	Daun Lamtoro	Bekatul	Fitness
5	9.09	7.72	8.6	1.568517

4.4 Perancangan Pengujian Algoritma

Pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian terkait parameter algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* yang digunakan untuk mengoptimasi komposisi pakan sapi perah. Skenario pengujian yang dilakukan antara lain sebagai berikut:

1. Pengujian interval bobot pakan
2. Pengujian parameter PSO

4.4.1 Pengujian Interval Bobot Pakan

Pengujian interval bobot pakan dilakukan untuk mengetahui interval random bobot pakan yang tepat sehingga dapat menghasilkan solusi penyelesaian yang optimal. Parameter yang digunakan pada pengujian interval bobot pakan adalah sebagai berikut :

- a. Bobot inersia max = 0,9
- b. Bobot inersia min = 0,3
- c. Koefisien akselerasi 1 = 1
- d. Koefisien akselerasi 2 = 1
- e. Ukuran swarm = 10
- f. Jumlah iterasi = 100

Tabel 4.18 Rancangan Pengujian Interval Bobot Pakan

Interval Bobot Pakan	Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	Fitness Percobaan ke-4	Fitness Percobaan ke-5	Rata-rata Fitness
1-10						
1-20						
1-30						
1-40						
1-50						

4.4.2 Pengujian Parameter PSO

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui parameter algoritma PSO yang paling optimal dalam menentukan komposisi pakan sapi perah. Untuk mendapatkan parameter PSO yang tepat, maka dilakukan uji coba sebagai berikut:

1. Pengujian bobot inersia
2. Pengujian koefisien akselerasi
3. Pengujian jumlah iterasi
4. Pengujian ukuran *swarm*

4.4.2.1 Pengujian Bobot Inersia

Pengujian bobot inersia dilakukan untuk mengetahui kombinasi bobot inersia maksimal dan bobot inersia minimal yang tepat untuk menghasilkan komposisi pakan sapi perah yang optimal. Bobot inersia maksimal dan minimal diuji coba

pada rentang 0 sampai dengan 1 yang ditunjukkan pada Tabel 4.3. Parameter yang digunakan untuk pengujian bobot inersia adalah sebagai berikut:

- a. Bobot inersia max = 0 - 1
- b. Bobot inersia min = 0 - 1
- c. Koefisien akselerasi 1 = 1
- d. Koefisien akselerasi 2 = 1
- e. Ukuran *swarm* = 10
- f. Jumlah iterasi = 100

Tabel 4.19 Rancangan Pengujian Bobot Inersia

Bobot inersia		Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	Fitness Percobaan ke-...	Fitness Percobaan ke-10	Rata-rata Fitness
ω_{max}	ω_{min}						
0,9	0,2						
	0,3						
	0,4						
0,8	0,2						
	0,3						
	0,4						
0,7	0,2						
	0,3						
	0,4						

4.4.2.2 Pengujian Koefisien Akselerasi

Pengujian koefisien akselerasi dilakukan untuk mengetahui kombinasi koefisien akselerasi 1 dan koefisien akselerasi 2 yang tepat untuk menghasilkan komposisi pakan sapi perah yang optimal. Koefisien akselerasi 1 dan 2 diuji coba pada rentang 1 sampai dengan 2 yang ditunjukkan pada Tabel 4.4. Parameter yang digunakan untuk pengujian koefisien akselerasi adalah sebagai berikut:

- a. Bobot inersia max = ω_{max} terbaik pada pengujian bobot inersia
- b. Bobot inersia min = ω_{min} terbaik pada pengujian bobot inersia
- c. Koefisien akselerasi 1 = 1 - 2
- d. Koefisien akselerasi 2 = 1 - 2
- e. Ukuran *swarm* = 10
- f. Jumlah iterasi = 100

Tabel 4.20 Rancangan Pengujian Koefisien Akselerasi

Koefisien Akselerasi		Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	Fitness Percobaan ke-...	Fitness Percobaan ke-10	Rata-rata Fitness
c_1	c_2						
1	1						
	1,5						
	2						
1,5	1						
	1,5						
	2						



Koefisien Akselerasi		Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	Fitness Percobaan ke-...	Fitness Percobaan ke-10	Rata-rata Fitness
c_1	c_2						
2	1						
	1,5						
	2						

4.4.2.3 Pengujian Jumlah Iterasi

Pengujian jumlah iterasi dilakukan untuk mengetahui jumlah iterasi yang tepat dalam menentukan komposisi pakan sapi perah yang optimal. Jumlah iterasi yang diujikan adalah kelipatan 100 yang ditunjukkan pada Tabel 4.5. Parameter yang digunakan pada pengujian jumlah iterasi adalah sebagai berikut:

- Bobot inersia max = ω_{max} terbaik pada pengujian bobot inersia
- Bobot inersia min = ω_{min} terbaik pada pengujian bobot inersia
- Koefisien akselerasi 1 = c_1 terbaik pada pengujian koefisien akselerasi
- Koefisien akselerasi 2 = c_2 terbaik pada pengujian koefisien akselerasi
- Ukuran *swarm* = 10
- Jumlah iterasi = 50 - 500

Tabel 4.21 Rancangan Pengujian Jumlah Iterasi

Jumlah Iterasi	Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	...	Fitness Percobaan ke-10	Rata-rata Fitness
50						
100						
150						
200						
250						
300						
350						
400						
450						
500						

4.4.2.4 Pengujian Ukuran Swarm

Pengujian ukuran swarm dilakukan untuk mengetahui jumlah partikel yang dibutuhkan dalam menentukan komposisi pakan sapi perah yang optimal. Ukuran swarm yang diujikan adalah kelipatan 10 yang ditunjukkan pada Tabel 4.6. Parameter yang digunakan pada pengujian ukuran swarm adalah sebagai berikut:

- Bobot inersia max = ω_{max} terbaik pada pengujian bobot inersia
- Bobot inersia min = ω_{min} terbaik pada pengujian bobot inersia
- Koefisien akselerasi 1 = c_1 terbaik pada pengujian koefisien akselerasi
- Koefisien akselerasi 2 = c_2 terbaik pada pengujian koefisien akselerasi
- Ukuran swarm = 50 - 500
- Jumlah iterasi = jumlah terbaik pada pengujian jumlah iterasi

Tabel 4.22 Rancangan Pengujian Ukuran Swarm

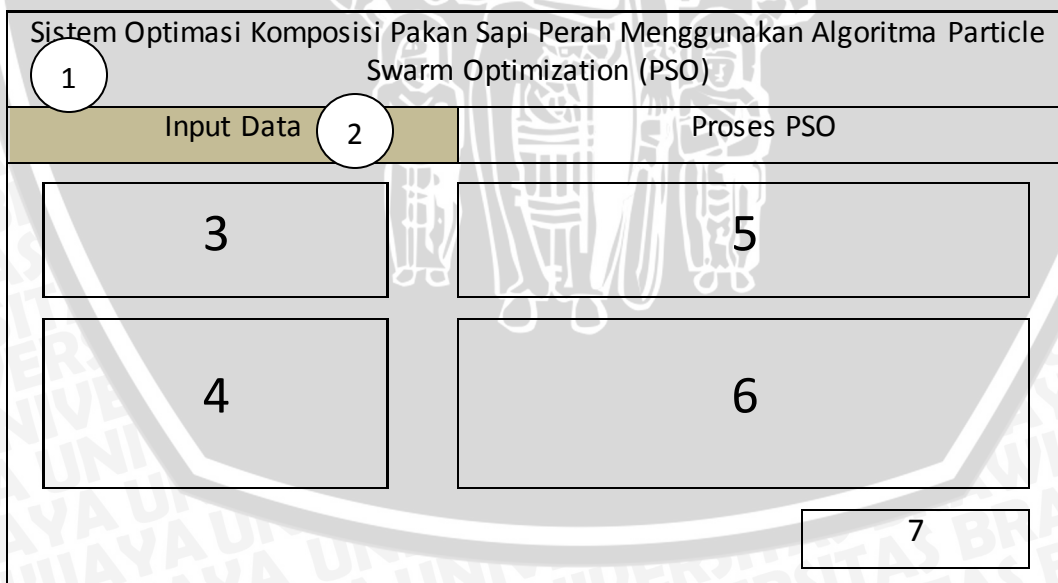
Ukuran Swarm	Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	...	Fitness Percobaan ke-10	Rata-rata Fitness
50						
100						
150						
200						
250						
300						
350						
400						
450						
500						

4.5 Perancangan Antarmuka

Perancangan antarmuka digunakan untuk menggambarkan bagaimana implementasi sistem optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma PSO yang akan dibangun. Antarmuka yang akan dirancang terdiri dari 2 halaman yaitu halaman input data dan halaman proses algoritma PSO.

4.5.1 Perancangan Halaman Input Data

Perancangan antarmuka halaman input data dari sistem optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.7 Perancangan Halaman Input Data

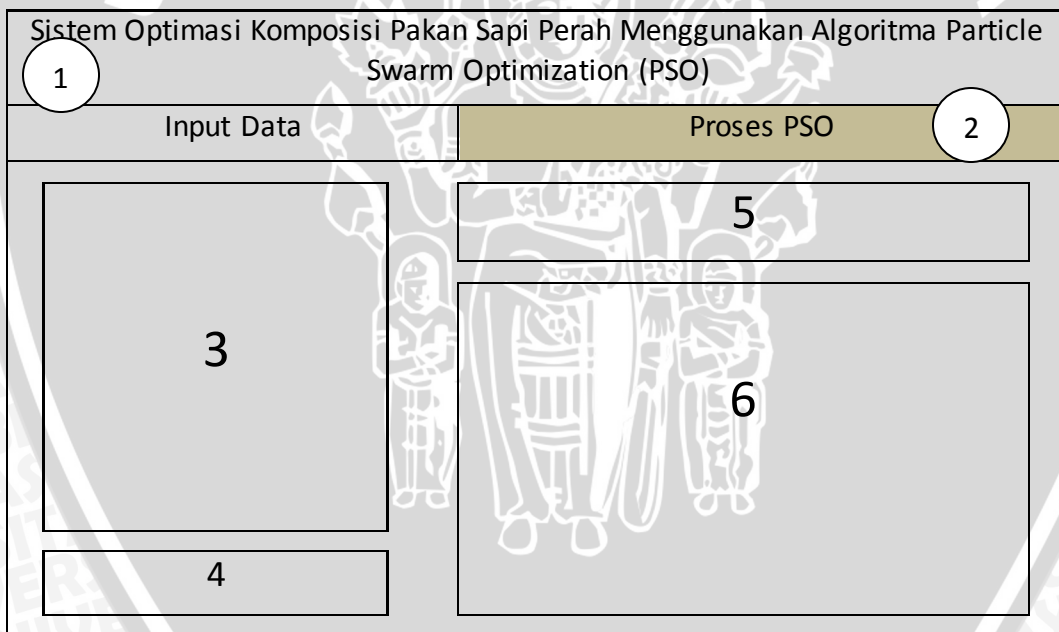
Keterangan perancangan antarmuka halaman input data pada Gambar 4.6 adalah sebagai berikut:

1. Header sistem.

2. Tab menu sistem Input Data, tab menu berwarna abu-abu menandakan bahwa menu Input Data sedang aktif.
3. Textbox untuk memasukkan data sapi perah yaitu: bobot, produksi susu, dan kandungan lemak susu sapi perah tersebut.
4. Textbox untuk memasukkan bahan pakan untuk kemudian didapatkan komposisi pakan yang tepat.
5. Datagridview untuk menampilkan hasil perhitungan kebutuhan nutrisi sesuai dengan data sapi yang telah dimasukkan.
6. Datagridview untuk menampilkan hasil perhitungan ketersediaan nutrisi sesuai dengan bahan pakan yang telah dimasukkan.
7. Button untuk menyimpan data yang selanjutnya akan diproses dengan algoritma PSO.

4.5.2 Perancangan Halaman Proses PSO

Perancangan antarmuka halaman proses PSO dari sistem optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* dapat dilihat pada Gambar 4.7.

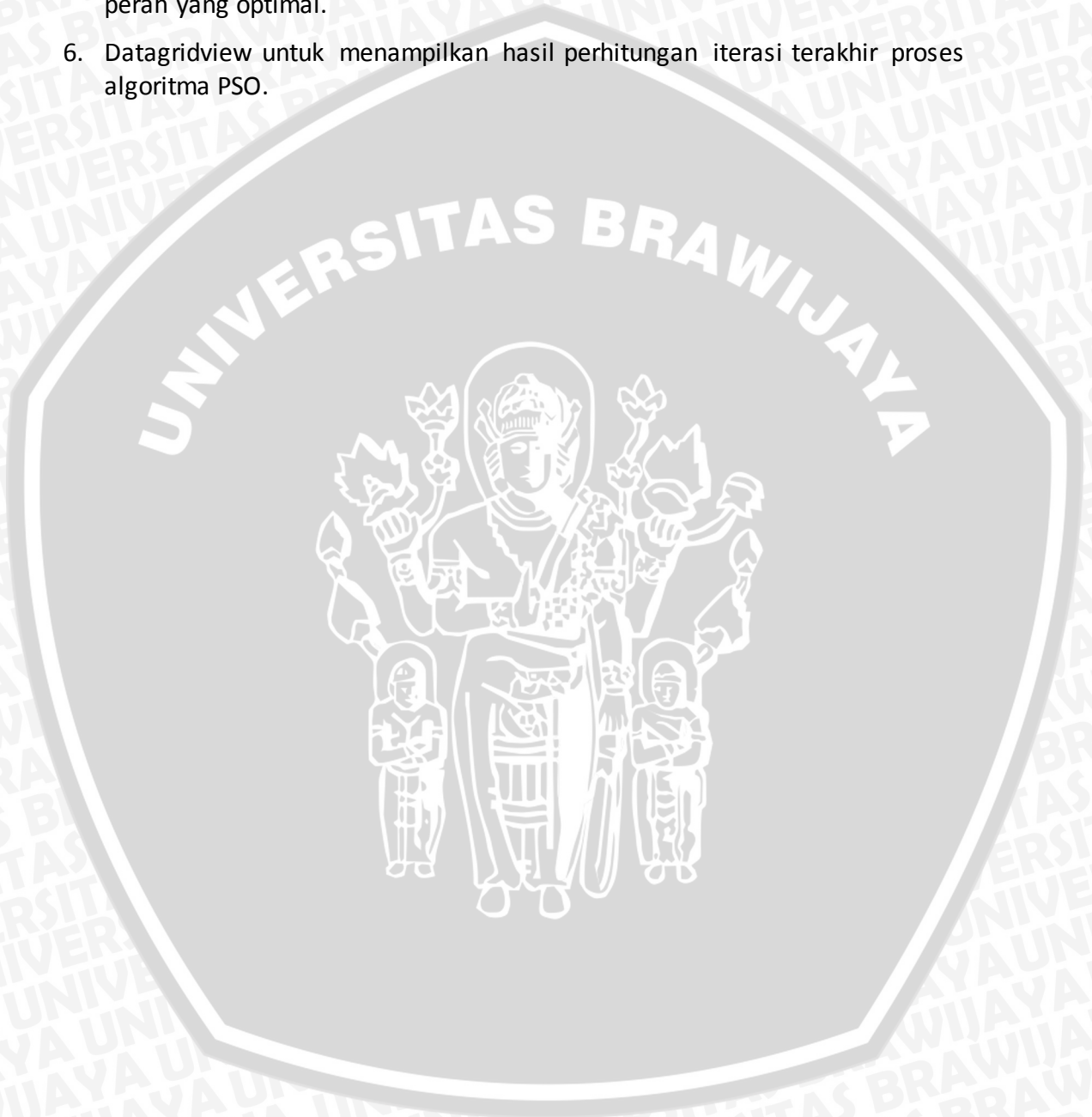


Gambar 4.8 Perancangan Halaman Proses PSO

Keterangan perancangan antarmuka halaman proses PSO pada Gambar 4.7 adalah sebagai berikut:

1. Header sistem.
2. Tab menu sistem Proses PSO, tab menu berwarna abu-abu menandakan bahwa menu Proses PSO sedang aktif.

3. Textbox untuk memasukkan parameter PSO yaitu: jumlah iterasi, ukuran swarm, bobot nersia maksimal, bobot inersia minimal, koefisien akselerasi 1, dan koefisien akselerasi 2.
4. Button untuk melakukan proses perhitungan dengan algoritma PSO.
5. Datagridview untuk menampilkan hasil rekomendasi komposisi pakan sapi perah yang optimal.
6. Datagridview untuk menampilkan hasil perhitungan iterasi terakhir proses algoritma PSO.



BAB 5 IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan mengenai implementasi sistem berdasarkan analisis kebutuhan dan perancangan sistem yang telah dibuat. Pembahasan pada bab ini terdiri dari penjelasan implementasi algoritma PSO untuk penyelesaian optimasi komposisi pakan sapi perah serta implementasi antarmuka sistem.

5.1 Implementasi Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)

Implementasi algoritma merupakan hasil perancangan sistem optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma PSO ke dalam kode program. Pada sistem ini terdapat beberapa proses meliputi inialisasi partikel, inialisasi kecepatan partikel, proses menghitung nilai *fitness*, proses *update personal* dan *global best*, serta proses *update* kecepatan dan posisi partikel.

5.1.1 Implementasi Inialisasi Partikel

Implementasi inialisasi partikel merupakan proses awal untuk menginisialisasi partikel PSO. Proses ini dilakukan dengan mengacak posisi sampai dengan batas ukuran *swarm* terpenuhi. Implementasi inialisasi partikel ditunjukkan pada Kode Program 5.1.

```

1 public void inialisasiPartikel() {
2     if (newPartikel == null) {
3         partikel = new double[ukuranSwarm][dimensi + 1];
4         for (int i = 0; i < partikel.length; i++) {
5             for (int j = 0; j < partikel[i].length - 1; j++) {
6                 partikel[i][j] = randPosisi();
7             }
8         }
9     } else {
10        partikel = newPartikel;
11    }
12 }

```

Kode Program 5.1 Implementasi Inialisasi Partikel

Penjelasan Kode Program 5.1 tentang implementasi inialisasi partikel adalah sebagai berikut :

- Baris 2 : Proses seleksi kondisi
- Baris 3 : Proses inialisasi partikel sebanyak ukuran *swarm*
- Baris 4 s.d 8 : Proses perulangan mengacak posisi partikel sebanyak ukuran *swarm*
- Baris 9 s.d 11 : Proses seleksi kondisi

5.1.2 Implementasi Inialisasi Kecepatan

Implementasi inialisasi kecepatan merupakan proses awal untuk menginisialisasi kecepatan partikel PSO. Proses ini dilakukan dengan mengatur inialisasi kecepatan 0 untuk semua partikel sampai dengan batas ukuran *swarm* terpenuhi. Implementasi inialisasi kecepatan ditunjukkan pada Kode Program 5.2.

```

1 public double[][] inisialKec() {
2     kecepatan = new double[ukuranSwarm][dimensi];
3     for (int i = 0; i < partikel.length; i++) {
4         for (int j = 0; j < dimensi; j++) {
5             kecepatan[i][j] = 0;
6         }
7     }
8     return kecepatan;
9 }

```

Kode Program 5.2 Implementasi Inisialisasi Kecepatan

Penjelasan Kode Program 5.2 tentang implementasi inisialisasi kecepatan adalah sebagai berikut :

Baris 2 : Proses inisialisasi partikel sebanyak ukuran *swarm*

Baris 3 s.d 7 : Proses perulangan mengatur kecepatan partikel dengan 0 sebanyak ukuran *swarm*

Baris 8 : Proses mengembalikan nilai kecepatan

5.1.3 Implementasi Perhitungan Nilai Fitness

Implementasi perhitungan nilai fitness merupakan proses untuk menghitung fitness pada seluruh partikel PSO. Proses ini dilakukan dengan menghitung nilai fitness dari nilai produksi, harga, dan total penalty sampai dengan batas ukuran *swarm* terpenuhi. Implementasi perhitungan nilai fitness ditunjukkan pada Kode Program 5.3.

```

1 public double getFitness() {
2     double fitness = getProduksi() + (1 / pakan.getTotalHarga())
3         + (1 / (getPenalty() + 1));
4     return fitness;
5 }

```

Kode Program 5.3 Implementasi Perhitungan Nilai Fitness

Penjelasan Kode Program 5.3 tentang implementasi perhitungan nilai fitness adalah sebagai berikut :

Baris 1 s.d 3 : Proses menghitung *fitness* dengan memanggil nilai produksi, harga, serta penalty

Baris 4 : Proses mengembalikan nilai fitness

5.1.4 Implementasi Inisialisasi Personal Best

Implementasi inisialisasi *personal best* merupakan proses awal untuk menginisialisasi *personal best* pada seluruh partikel PSO. Proses ini dilakukan dengan menginisialisasi *personal best* sampai dengan batas ukuran *swarm* terpenuhi. Implementasi inisialisasi *personal best* ditunjukkan pada Kode Program 5.4.

```

1 pBest = pso.getPBest(pso.getPartikel());
2 for (int i = 0; i < pso.getPartikel().length; i++) {
3     for (int j = 0; j < idxPakan.length; j++) {
4         System.out.printf("%f%s", pBest[i][j], "\t");
5     }
6     System.out.println("");

```



```
7 }
```

Kode Program 5.4 Implementasi Inisialisasi Personal Best

Penjelasan Kode Program 5.4 tentang implementasi inisialisasi *personal best* adalah sebagai berikut :

Baris 1 : Proses inisialisasi *personal best* partikel dengan memanggil fungsi
 Baris 2 s.d 7 : Proses perulangan menampilkan *personal best*

5.1.5 Implementasi Global Best

Implementasi *global best* merupakan proses awal untuk mencari partikel terbaik dari seluruh *personal best* pada partikel PSO. Proses ini dilakukan dengan menyeleksi nilai *personal best* sampai dengan batas ukuran *swarm* dan diambil nilai *global best*. Implementasi *global best* ditunjukkan pada Kode Program 5.5.

```
1 public double[][] GBest() {
2     double[][] temp = new double[partikel.length][];
3     int n = 0;
4     for (int i = 0; i < partikel.length; i++) {
5         temp[n] = partikel[i];
6         n++;
7     }
8     sorting(partikel);
9     double[][] gBest = new double[1][];
10    for (int i = 0; i < 1; i++) {
11        gBest[i] = partikel[i];
12    }
13    return gBest;
14 }
```

Kode Program 5.5 Implementasi Global Best

Penjelasan Kode Program 5.5 tentang implementasi *global best* adalah sebagai berikut :

Baris 2 : Proses inisialisasi variabel sebanyak jumlah partikel
 Baris 4 s.d 7 : Proses perulangan mengisi variabel dengan nilai partikel
 Baris 8 : Proses memanggil fungsi *sorting* untuk mencari nilai terbaik
 Baris 9 : Inisialisasi *global best*
 Baris 13 : Mengembalikan nilai *global best*

5.1.6 Implementasi Update Kecepatan

Implementasi *update* kecepatan merupakan proses untuk memperbarui kecepatan partikel PSO pada setiap iterasinya. Proses ini dilakukan dengan memperbarui kecepatan untuk semua partikel sampai dengan batas ukuran *swarm*. Implementasi *update* kecepatan ditunjukkan pada Kode Program 5.6.

```
1 public double[][] updateKec() {
2     double kecepatan[][] = new double[partikel.length][];
3     double vmax = 0.6 * interval;
4     double vmin = -(0.6 * interval);
5     for (int i = 0; i < pso.getPartikel().length; i++) {
6         for (int j = 0; j < idxPakan.length; j++) {
7
8
```

```

9      kec[i][j] = (w * kec[i][j]) + (c1 * pso.randR() *
10 (pBest[i][j] - pso.getPartikel()[i][j])) + (c2 * pso.randR()
11 * (gBest[0][j] - pso.getPartikel()[i][j]));
12      if (kec[i][j] >= vmin && kec[i][j] <= vmax) {
13          kec[i][j] = kec[i][j];
14      } else {
15          if (kec[i][j] < vmin) {
16              kec[i][j] = vmin;
17          } else {
18              if (kec[i][j] > vmax) {
19                  kec[i][j] = vmax;
20              }
21          }
22      }
23  }
24  }
25  return kecepatan;
26  }

```

Kode Program 5.6 Implementasi Update Kecepatan

Penjelasan Kode Program 5.6 tentang implementasi *update* kecepatan adalah sebagai berikut :

- Baris 2 : Proses inialisasi kecepatan sebanyak ukuran *swarm*
- Baris 3 s.d 4 : Proses inialisasi kecepatan maksimum dan minimum
- Baris 7 s.d 9 : Proses menghitung kecepatan partikel sesuai dengan persamaan *update* kecepatan partikel 2.5
- Baris 10 s.d 11 : Proses seleksi kondisi jika kecepatan antara kecepatan minimum dan maksimum
- Baris 12 s.d 14: Proses seleksi kondisi kecepatan kurang dari kecepatan minimum
- Baris 15 s.d 18: Proses seleksi kondisi kecepatan lebih dari kecepatan maksimum
- Baris 23 : Mengembalikan nilai kecepatan

5.1.7 Implementasi Update Posisi

Implementasi *update* posisi merupakan proses untuk memperbarui posisi partikel PSO pada setiap iterasinya. Proses ini dilakukan dengan memperbarui posisi untuk semua partikel sampai dengan batas ukuran *swarm*. Implementasi *update* posisi ditunjukkan pada Kode Program 5.7.

```

1  Public double[][] updatePos(double[][] kecepatan) {
2      double posisi[][] = new double[partikel.length][];
3      for (int i = 0; i < partikel.length; i++) {
4          for (int j = 0; j < dimensi; j++) {
5              posisi[i][j] = posisi[i][j] + kecepatan[i][j];
6              if (posisi[i][j] >= 1 && posisi[i][j] <= interval)
7          {
8              posisi[i][j] = posisi[i][j];
9          } else {
10             if (posisi[i][j] < 1) {
11                 posisi[i][j] = 1;
12             } else {
13                 if (posisi[i][j] > interval) {
14                     posisi[i][j] = interval;
15                 }
16             }
17         }
18     }
19 }

```

```

17     }
18     }
19     }
20     return posisi;
21 }

```

Kode Program 5. 7 Implementasi Update Posisi

Penjelasan Kode Program 5.6 tentang implementasi *update* posisi adalah sebagai berikut :

- Baris 2 : Proses inialisasi posisi sebanyak ukuran *swarm*
- Baris 5 : Proses menghitung posisi partikel sesuai dengan persamaan *update* posisi partikel 2.7
- Baris 6 s.d 7 : Proses seleksi kondisi jika kecepatan antara 1 s.d interval maksimum
- Baris 8 s.d 10 : Proses seleksi kondisi kecepatan kurang dari 1
- Baris 11 s.d 13: Proses seleksi kondisi kecepatan lebih dari interval maksimum
- Baris 19 : Mengembalikan nilai posisi

5.2 Implementasi Antarmuka

Implementasi antarmuka merupakan hasil perancangan antarmuka yang telah dibuat sebelumnya. Antarmuka sistem terdiri dari 2 halaman utama yaitu halaman Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah dan halaman Hasil Proses PSO.

5.2.1 Implementasi Halaman Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah

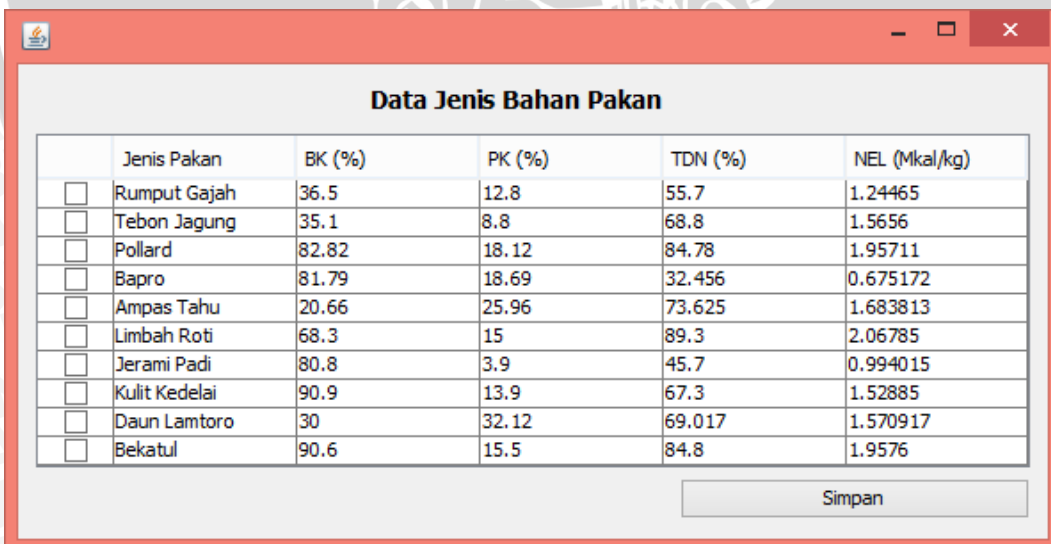
Implementasi halaman optimasi komposisi pakan sapi perah merupakan halaman utama pada sistem ini. Halaman ini berfungsi untuk menerima masukan data sapi perah, dan data parameter PSO yang akan digunakan. Halaman ini juga berfungsi menampilkan hasil komposisi pakan sapi perah yang optimal serta total harga pakan tersebut. Implementasi halaman optimasi komposisi pakan sapi perah ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Implementasi Halaman Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah

5.2.2 Implementasi Halaman Data Bahan Pakan

Implementasi halaman data bahan pakan merupakan halaman pemilihan bahan pakan pada sistem ini. Halaman ini juga berfungsi menampilkan nutrisi serta harga bahan pakan sapi perah. Implementasi halaman data bahan pakan ditunjukkan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Implementasi Halaman Data Bahan Pakan

5.2.3 Implementasi Halaman Hasil Proses PSO

Implementasi halaman hasil proses PSO merupakan halaman untuk menampilkan seluruh partikel hasil proses PSO dari seluruh iterasi. Hasil proses

PSO tersebut ditampilkan dalam textarea. Implementasi halaman hasil proses PSO ditunjukkan pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Implementasi Halaman Hasil Proses PSO

BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini menjelaskan tentang hasil pengujian dari sistem optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma PSO. Pengujian yang akan dilakukan meliputi pengujian parameter PSO serta pengujian interval bobot pakan.

6.1 Pengujian Parameter PSO

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui parameter algoritma PSO yang paling optimal dalam menentukan komposisi pakan sapi perah. Parameter PSO yang diuji coba adalah ukuran *swarm*, jumlah iterasi, kombinasi bobot inersia serta kombinasi koefisien akselerasi.

6.1.1 Pengujian Bobot Inersia

Pengujian bobot inersia dilakukan untuk mengetahui kombinasi bobot inersia maksimal dan bobot inersia minimal yang tepat untuk menghasilkan komposisi pakan sapi perah yang optimal. Bobot inersia maksimal dan minimal diuji coba pada rentang 0 sampai dengan 1. Parameter yang digunakan untuk pengujian bobot inersia adalah:

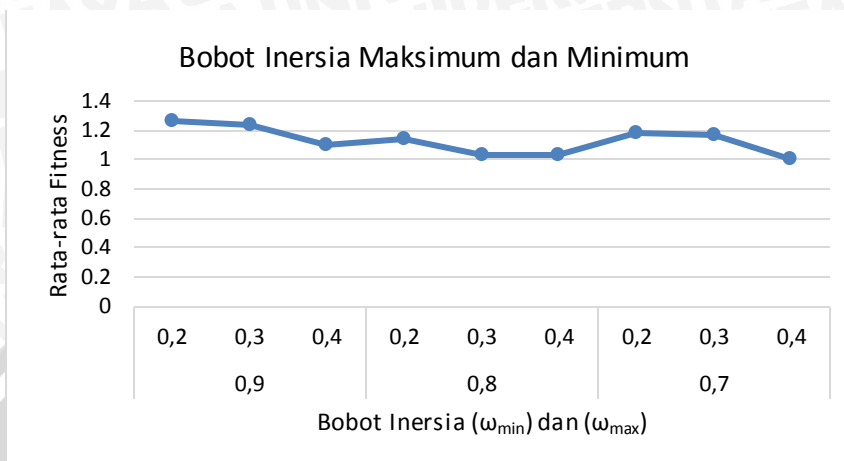
- a. Bobot inersia max = 0 - 1
- b. Bobot inersia min = 0 - 1
- c. Koefisien akselerasi 1 = 1
- d. Koefisien akselerasi 2 = 1
- e. Ukuran *swarm* = 100
- f. Jumlah iterasi = 10

Sedangkan data sapi yang digunakan dalam pengujian bobot inersia yaitu sapi dengan bobot 450 kg, produksi 15 liter per hari per ekor, dan kandungan lemak dalam susu sebesar 4.5%. Data pakan yang digunakan yakni rumput gajah, daun lamtoro, dan bekatul. Hasil pengujian kombinasi bobot inersia dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Hasil Pengujian Bobot Inersia

Bobot inersia		Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	...	Fitness Percobaan ke-10	Rata-rata Fitness
ω_{max}	ω_{min}						
0,9	0,2	1.52308648	1.40117458	1.0029464		1.0993818	1.25941687
	0,3	1.4954445	0.92348283	1.3442898		1.4382863	1.23482033
	0,4	1.02323805	1.48847874	1.2557528		1.1538368	1.09546391
0,8	0,2	1.20135554	0.94106479	0.4964704		1.0988675	1.14256899
	0,3	1.19667969	1.26493043	0.9372140		1.1687425	1.03964696
	0,4	0.87730011	1.18650662	1.1024349		0.9070463	1.03681457
0,7	0,2	1.14802654	0.7775922	1.2212507		1.2104505	1.17992517
	0,3	1.43107102	0.83514243	1.0582787		0.8361018	1.16586945
	0,4	1.2563101	0.76541256	1.2621941		0.8764354	1.00265145

Grafik hasil pengujian kombinasi bobot inersia maksimal dan bobot inersia minimal dapat dilihat pada Gambar 6.1. Hasil pengujian bobot inersia menunjukkan kombinasi terbaik adalah bobot inersia maksimum 0.9 dan bobot inersia minimum 0.2.



Gambar 6.1 Grafik Hasil Pengujian Bobot Inersia

Bobot inersia merupakan mekanisme untuk mengontrol daya eksplorasi dan eksploitasi partikel. Nilai bobot inersia yang besar meningkatkan daya eksplorasi sehingga keragaman partikel dalam *swarm* meningkat sedangkan nilai bobot inersia yang kecil meningkatkan daya eksploitasi namun rentan terhadap hilangnya daya eksplorasi partikel. Eksplorasi cenderung memperluas ruang pencarian secara global sebaliknya eksploitasi cenderung berfokus pada pencarian solusi pada optimum lokal. Oleh karena keseimbangan antara kedua hal tersebut sangat menentukan PSO dalam menemukan solusi optimum.

Berdasarkan grafik hasil pengujian bobot inersia pada Gambar 6.1 maka diperoleh kombinasi bobot inersia terbaik adalah dengan menerapkan bobot inersia maksimal 0,9 dan bobot inersia minimal 0,2. Semakin besar kombinasi nilai bobot inersia (w_{max} dan w_{min}) maka nilai bobot inersia yang dihasilkan juga semakin besar (dihitung berdasarkan Persamaan 2.6). Nilai bobot inersia yang besar akan meningkatkan daya eksplorasi sehingga keragaman partikel meningkat. Kondisi ini memungkinkan partikel untuk menjelajah wilayah baru dan tidak lagi berfokus pada pencarian solusi pada daerah optimum lokal dimana pada daerah tersebut belum dapat dipastikan merupakan daerah pencarian yang menghasilkan sebuah solusi optimum. Hal ini dapat dilihat pada grafik pengujian bobot inersia bahwa semakin besar kombinasi bobot inersia maka semakin besar nilai *fitness* yang dihasilkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan bobot inersia yang besar, pada permasalahan ini partikel-partikel PSO cenderung melakukan eksplorasi guna menemukan solusi optimum pada ruang pencarian.

6.1.2 Pengujian Koefisien Akselerasi

Pengujian koefisien akselerasi dilakukan untuk mengetahui kombinasi koefisien akselerasi 1 dan koefisien akselerasi 2 yang tepat untuk menghasilkan komposisi pakan sapi perah yang optimal. Parameter yang digunakan untuk pengujian koefisien akselerasi adalah:

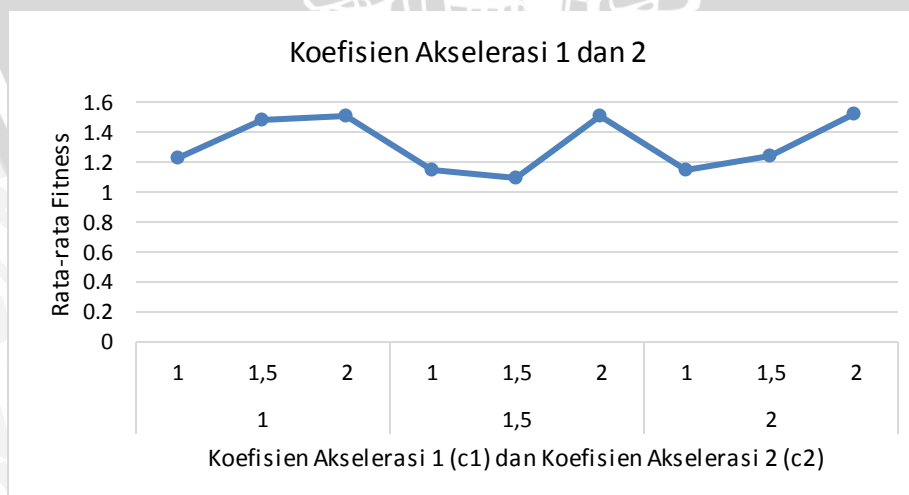
- a. Bobot inersia max = 0.9
- b. Bobot inersia min = 0.3
- c. Koefisien akselerasi 1 = 1 - 2
- d. Koefisien akselerasi 2 = 1 - 2
- e. Ukuran swarm = 100
- f. Jumlah iterasi = 10

Sedangkan data sapi yang digunakan dalam pengujian bobot inersia yaitu sapi dengan bobot 450 kg, produksi 15 liter per hari per ekor, dan kandungan lemak dalam susu sebesar 4.5%. Data pakan yang digunakan yakni rumput gajah, daun lamtoro, dan bekatul. Hasil pengujian kombinasi bobot inersia dapat dilihat pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Hasil Pengujian Koefisien Akselerasi

Koefisien Akselerasi		Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	...	Fitness Percobaan ke-10	Rata-rata Fitness
c ₁	c ₂						
1	1	1.49544450	0.92348283	1.34428982		1.438286379	1.234820338
	1,5	1.33835227	1.52313694	1.52352916		1.523304747	1.47905853
	2	1.52486312	1.52327062	1.52401045		1.523654416	1.512310065
1,5	1	1.40113618	0.94743415	1.52342211		1.192674893	1.146262502
	1,5	0.68497341	1.23961903	1.13913693		1.234583459	1.101975733
	2	1.52465083	1.52422893	1.52333419		1.524250706	1.508755344
2	1	0.96369003	1.42538174	1.15604817		1.255114574	1.154366446
	1,5	1.05237387	0.61470496	1.30705447		1.261766384	1.242858217
	2	1.52358179	1.52265850	1.52415669		1.523303364	1.523578245

Grafik hasil pengujian kombinasi koefisien akselerasi 1 dan 2 dapat dilihat pada Gambar 6.2. Hasil pengujian koefisien akselerasi menunjukkan kombinasi koefisien akselerasi 1 = 2 dan koefisien akselerasi 2 = 2.



Gambar 6.2 Grafik Hasil Pengujian Koefisien Akselerasi

Koefisien akselerasi bertugas mengontrol pergerakan partikel pada ruang pencarian. Secara umum, nilai koefisien akselerasi adalah sama dan bersifat statis.

Nilai c_1 dan c_2 yang besar menyebabkan pergerakan partikel menempati posisi baru yang relatif lebih jauh sehingga kemampuan eksplorasi partikel menjadi lebih baik namun rentan menyimpang dari batas ruang pencarian. Sebaliknya, nilai c_1 dan c_2 yang kecil menyebabkan pergerakan partikel menjadi terbatas sehingga memungkinkan terperangkap pada pencarian optimum lokal. Kondisi lain adalah ketika nilai c_1 lebih besar dibandingkan c_2 maka pergerakan partikel cenderung mengarah pada posisi terbaik dari setiap partikel itu sendiri atau *personal best* dan sebaliknya jika nilai c_2 lebih besar dibandingkan nilai c_1 maka pergerakan partikel cenderung mengarah pada posisi terbaik partikel secara keseluruhan atau *global best* (Ahmed & Glasgow, 2012). Sehingga, pemilihan nilai koefisien akselerasi dapat bervariasi disebabkan bobot untuk setiap partikel *personal best* dan *global best* akan berbeda satu sama lain bergantung pada karakteristik permasalahan yang dihadapi (Valle & Mohagheghi, 2008).

Berdasarkan grafik hasil pengujian koefisien akselerasi pada Gambar 6.2 diperoleh kombinasi koefisien akselerasi terbaik adalah dengan menerapkan c_1 bernilai 2 dan c_2 bernilai 2. Karakteristik permasalahan berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan nilai *fitness* cenderung dipengaruhi oleh koefisien akselerasi 2 yaitu semakin besar nilai c_2 maka semakin besar nilai *fitness* yang dihasilkan. Namun, hal tersebut tidak berlaku pada perubahan nilai koefisien akselerasi 1. Sebagai contoh, ketika nilai c_2 bernilai 1.5, semakin besar nilai c_1 tidak selalu menghasilkan nilai *fitness* semakin besar, hal tersebut berulang ketika c_2 bernilai 2. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada permasalahan ini, kemampuan pencarian solusi optimum oleh partikel-partikel PSO lebih dipengaruhi oleh posisi terbaik partikel secara keseluruhan atau *global best*.

6.1.3 Pengujian Ukuran Swarm

Pengujian ukuran *swarm* dilakukan untuk mengetahui jumlah partikel yang dibutuhkan dalam menentukan komposisi pakan sapi perah yang optimal. Ukuran *swarm* optimum didapatkan berdasar rata-rata nilai *fitness* terbaik dari 10 kali percobaan untuk setiap ukuran *swarm*. Parameter yang digunakan untuk pengujian ukuran *swarm* adalah:

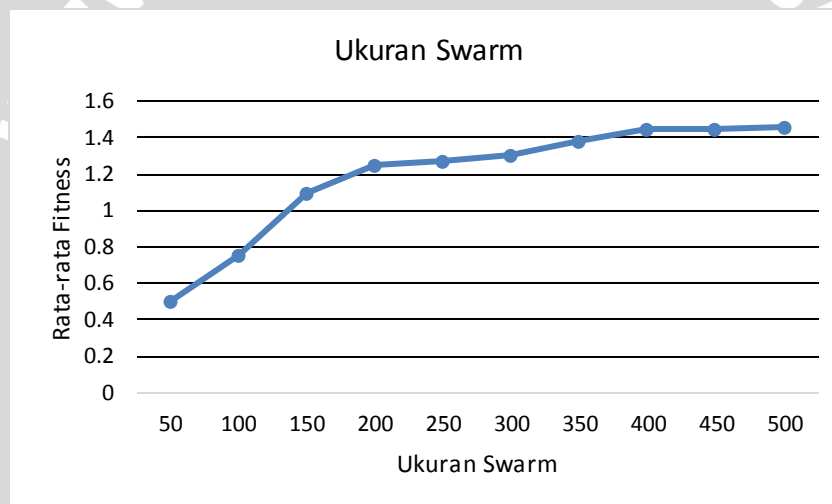
- a. Bobot inersia max = 0.9
- b. Bobot inersia min = 0.3
- c. Koefisien akselerasi 1 = 2
- d. Koefisien akselerasi 2 = 2
- e. Ukuran *swarm* = 50 - 500
- f. Jumlah iterasi = 10

Data yang digunakan dalam pengujian ukuran *swarm* ini sapi dengan bobot 450 kg, produksi 15 liter per hari per ekor, dan kandungan lemak dalam susu sebesar 4.5%. Data pakan yang digunakan yakni rumput gajah, daun lamtoro, dan bekatul. Hasil pengujian ukuran *swarm* dapat dilihat pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Hasil Pengujian Ukuran Swarm

Ukuran Swarm	Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	...	Fitness Percobaan ke-10	Rata-rata Fitness
50	0.66396633	0.49626426	0.67330064		0.25996027	0.505739064
100	0.71874357	0.64787227	0.65338853		0.74912068	0.750657966
150	1.10309649	1.22371255	1.13934351		0.91698516	1.093144582
200	1.40610487	1.52332549	1.12675779		1.2348445	1.253548996
250	1.38355166	1.12150027	1.31213494		1.07462399	1.273259896
300	1.33869083	1.18658080	1.28703153		1.36774625	1.302248246
350	1.31001023	1.40544832	1.36231703		1.52298136	1.378620615
400	1.52321117	1.52281501	1.52304087		1.51195383	1.445191792
450	1.52318420	1.32872981	1.49503074		1.41306865	1.450561875
500	1.52306481	1.41996475	1.27908618		1.4952021	1.458058001

Grafik hasil pengujian ukuran *swarm* 2 dapat dilihat pada Gambar 6.3.



Gambar 6.3 Grafik Hasil Pengujian Ukuran Swarm

Semakin besar jumlah partikel maka semakin tinggi tingkat keragaman partikel dalam *swarm* sehingga menyebabkan skema inisialisasi partikel juga semakin baik. Ukuran *swarm* yang besar memungkinkan partikel PSO untuk mengeksplorasi ruang pencarian semakin luas sehingga peluang untuk mendapatkan solusi penyelesaian optimum juga semakin besar. Hasil pengujian ukuran *swarm* menunjukkan bahwa rata-rata fitness mengalami kenaikan secara signifikan pada setiap perubahan ukuran *swarm*. Namun pada titik 400, nilai fitness cenderung hanya sedikit mengalami perubahan atau stabil. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak ukuran *swarm*, maka solusi yang dihasilkan lebih baik karena jumlah partikel yang diseleksi lebih banyak. Namun pada titik tertentu, solusi yang dihasilkan cenderung stabil dan tidak mengalami kenaikan lagi.

6.1.4 Pengujian Jumlah Iterasi

Pengujian jumlah iterasi dilakukan untuk mengetahui iterasi yang tepat dalam menentukan komposisi pakan sapi perah yang optimal. Iterasi optimum

didapatkan berdasar rata-rata nilai fitness terbaik dari 10 kali percobaan untuk setiap jumlah iterasi. Parameter yang digunakan untuk pengujian jumlah iterasi adalah:

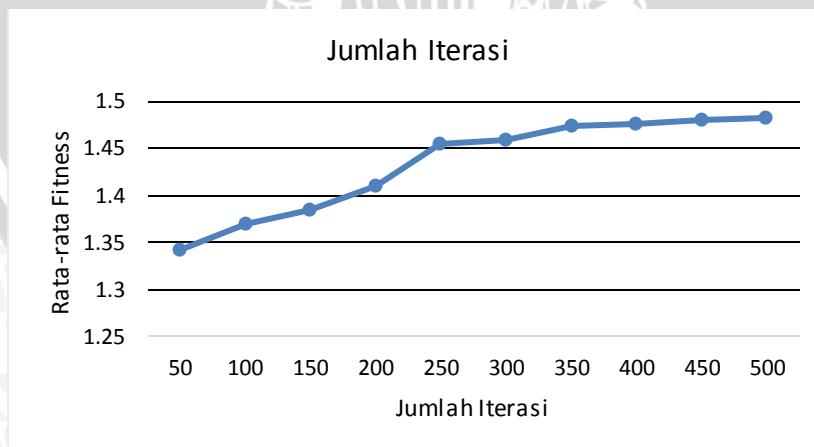
- a. Bobot inersia max = 0.9
- b. Bobot inersia min = 0.3
- c. Koefisien akselerasi 1 = 2
- d. Koefisien akselerasi 2 = 2
- e. Ukuran swarm = 400
- f. Jumlah iterasi = 50 - 500

Data yang digunakan dalam pengujian jumlah iterasi ini sapi dengan bobot 450 kg, produksi 15 liter per hari per ekor, dan kandungan lemak dalam susu sebesar 4.5%. Data pakan yang digunakan yakni rumput gajah, daun lamtoro, dan bekatul. Hasil pengujian iterasi dapat dilihat pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Hasil Pengujian Jumlah Iterasi

Jumlah Iterasi	Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	...	Fitness Percobaan ke-10	Rata-rata Fitness
50	1.27757668	1.4574104	1.42518686		1.397728654	1.341486411
100	1.5232942	1.15640798	1.44911377		1.265155613	1.368526763
150	1.47501902	1.25363121	1.30594967		1.500705243	1.384897979
200	1.35432971	1.39956458	1.50821168		1.291597658	1.409279157
250	1.41387394	1.52274198	1.36018485		1.52275958	1.453525462
300	1.52257676	1.34971327	1.33783706		1.522919261	1.458655952
350	1.43094772	1.5225951	1.43817581		1.420596923	1.472982984
400	1.40187837	1.43056512	1.52309896		1.523583798	1.474919345
450	1.46118431	1.47833858	1.52318447		1.522927047	1.479017233
500	1.5230682	1.52330617	1.48483376		1.365200718	1.481305938

Grafik hasil pengujian jumlah iterasi dapat dilihat pada Gambar 6.4.



Gambar 6.4 Grafik Hasil Pengujian Jumlah Iterasi

Hasil pengujian jumlah iterasi menunjukkan bahwa rata-rata fitness mengalami kenaikan secara signifikan pada setiap perubahan jumlah iterasi. Namun pada titik 350, nilai fitness cenderung hanya sedikit mengalami perubahan

atau stabil. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak iterasi yang dilakukan, maka solusi yang dihasilkan lebih baik. Namun pada titik tertentu, solusi yang dihasilkan cenderung stabil dan tidak mengalami kenaikan lagi.

6.2 Pengujian Interval Bobot Pakan

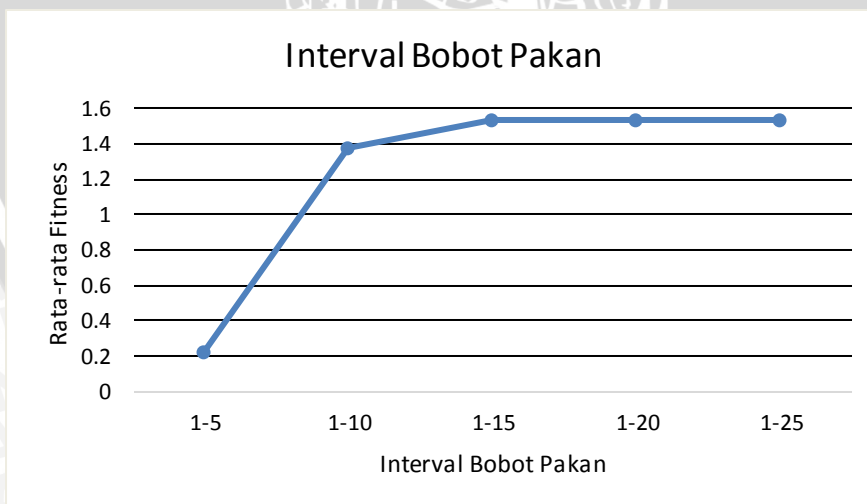
Pengujian interval bobot pakan dilakukan untuk mengetahui interval random bobot pakan yang tepat sehingga dapat menghasilkan solusi penyelesaian yang optimal. Parameter yang digunakan pada pengujian interval bobot pakan adalah sebagai berikut :

- a. Bobot inersia max = 0,9
- b. Bobot inersia min = 0,3
- c. Koefisien akselerasi 1 = 2
- d. Koefisien akselerasi 2 = 2
- e. Ukuran swarm = 400
- f. Jumlah iterasi = 10

Tabel 6.5 Hasil Pengujian Interval Bobot Pakan

Interval Bobot Pakan	Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	...	Fitness Percobaan ke-10	Rata-rata Fitness
1-5	0.22395344	0.22399121	0.22395621		0.22392918	0.22394269
1-10	1.39278497	1.5239823	1.52390197		1.49715707	1.37176884
1-15	1.53248639	1.52933525	1.53151015		1.53089306	1.53212343
1-20	1.53016703	1.53008909	1.52833333		1.53037999	1.53008233
1-25	1.52712961	1.53204912	1.52770466		1.52374533	1.52966334

Grafik hasil pengujian interval bobot pakan dapat dilihat pada Gambar 6.5.



Gambar 6.5 Grafik Hasil Pengujian Interval Bobot Pakan

Hasil pengujian interval bobot pakan menunjukkan bahwa rata-rata fitness mengalami kenaikan secara signifikan ketika interval 1-10. Rata-rata nilai fitness terbaik terdapat pada interval 1-15. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa, semakin besar interval bobot pakan tidak selalu menghasilkan nilai fitness yang

lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi bobot pakan maka total biaya pakan yang dikeluarkan juga akan semakin tinggi. Oleh sebab itu, nilai fitness semakin lama juga menurun meskipun tidak terlampau jauh atau cenderung stabil.

6.3 Pembahasan Hasil Pengujian

Particle Swarm Optimization (PSO) merupakan algoritma yang akan mencari solusi mendekati optimal dari suatu permasalahan. Pada penelitian ini nilai fitness terbaik yang pernah didapatkan melalui PSO adalah 1.523184. Solusi ini didapatkan dengan nilai parameter PSO kombinasi bobot inersia minimum dan maksimum = 0.2 dan 0.9, kombinasi koefisien akselerasi 1 dan 2 masing-masing bernilai 2, ukuran swarm = 400, serta jumlah iterasi = 350.

Setelah melakukan serangkaian uji coba, PSO dianggap mampu untuk menyelesaikan masalah optimasi komposisi pakan sapi perah. Peternak dapat menggunakan rekomendasi komposisi pakan sapi perah yang telah didapatkan sehingga dapat mengurangi biaya pengeluaran bahan pakan. Selanjutnya berikut ini merupakan salah satu contoh perbandingan rekomendasi sistem dengan salah satu data peternak.

Seekor sapi perah dengan bobot badan 400 kg jika diberi pakan rumput gajah 25 kg dan polar 4 kg mampu memproduksi susu sebanyak 9 liter. Dari pakan tersebut, biaya yang dibutuhkan sebesar Rp 49.250,-. Sedangkan dengan bahan pakan yang sama untuk memproduksi susu seperti semula, rekomendasi komposisi pakan yang dihasilkan sistem adalah rumput gajah 9.33 kg dan pollard 7.02 kg, total biaya yang dibutuhkan sebesar Rp 43.229,-. Hal tersebut membuktikan bahwa komposisi pakan sapi perah yang dihasilkan sistem dapat menghemat biaya pakan sekitar Rp 6.000,-. Dari komposisi pakan tersebut nutrisi yang dibutuhkan sapi perah telah terpenuhi, perkiraan pertambahan produksi susu bisa mencapai 0.14 liter, serta total biaya pakan yang dikeluarkan lebih minimal.

Dari salah satu contoh uraian tersebut, maka penulis menuliskan hasil beberapa perbandingan hasil observasi dengan beberapa peternak yang dilakukan di Desa Dresel, Kecamatan Batu, Kota Batu. Hasil observasi di Desa Dresel tertera pada Tabel 6.5.

Tabel 6.6 Hasil Observasi di Desa Dresel, Kecamatan Batu, Kota Batu

No.	Keadaan sapi	Pakan	Jumlah	Harga	Produksi susu
1.	BB : 400 kg Lemak : 4%	Rumput gajah	30 kg	Rp 1.250,00 x 30 = Rp 37.500,00	8 L
		Bapro	3 kg	Rp 3.000,00 x 3 = Rp 9.000,00	
		Jumlah		33 kg	
2.	BB : 400 kg Lemak : 4,2%	Rumput gajah	25 kg	Rp 1.250,00 x 25 = Rp 31.250,00	9 L
		Pollard	4 kg	Rp 4.500,00 x 4 = Rp 18.000,00	
		Jumlah		29 kg	

No.	Keadaan sapi	Pakan	Jumlah	Harga	Produksi susu
3.	BB : 380 kg Lemak : 4,2%	Rumput gajah	25 kg	Rp 1.250,00 x 25 = Rp 31.250,00	6 L
		Bapro	2,5 kg	Rp 3.000,00 x 2,5 = Rp 7.500,00	
Jumlah			27,5 kg	Rp 37.750,00	
4.	BB : 400 kg Lemak : 4,2%	Rumput gajah	25 kg	Rp 1.250,00 x 25 = Rp 31.250,00	8 L
		Pollard	3 kg	Rp 3.00,00 x 3 = Rp 9.000,00	
Jumlah			28 kg	Rp 40.250,00	
5.	BB : 400 kg Lemak : 4%	Rumput gajah	30 kg	Rp 1.250,00 x 30 = Rp 37.500,00	8 L
		Bapro	3 kg	Rp 3.000,00 x 3 = Rp 9.000,00	
Jumlah			33 kg	Rp 46.500,00	

Pada Tabel 6.6, kolom keadaan sapi didapatkan dari hasil observasi berdasarkan berat badan sapi dan kandungan lemak dalam susu. Sedangkan untuk produksi merupakan produksi susu yang seharusnya dihasilkan seekor sapi dengan berat badan dari hasil observasi. Kolom pakan merupakan jenis bahan pakan yang diberikan kepada sapi. Kolom jumlah merupakan banyaknya bahan pakan yang diberikan pada sapi. Sedangkan harga merupakan biaya yang harus dikeluarkan oleh peternak untuk membeli bahan pakan tersebut. Produksi susu merupakan hasil produksi susu yang dihasilkan oleh sapi.

Dengan parameter sapi yang sama, hasil dengan menggunakan optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* tertera pada Tabel 6.7.

Tabel 6.7 Hasil Dengan Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)

No.	Keadaan sapi	Pakan	Jumlah	Harga	Pertambahan Produksi
1.	BB : 400 kg Produksi : 8 L Lemak : 4%	Rumput gajah	7.1 kg	Rp 1.250,00 x 7.1 = Rp 8.900,00	0.8 L
		Bapro	9.7 kg	Rp 3.000,00 x 9.7 = Rp 29.100,00	
Jumlah			16.8 kg	Rp 38.000,00	
Selisih Harga				Rp 8.500,00	
2.	BB : 400 kg Produksi : 9 L Lemak : 4,2%	Rumput gajah	5.3 kg	Rp 1.250,00 x 5.3 = Rp 6.625,00	0.1 L
		Pollard	9.1 kg	Rp 4.500,00 x 9.1 = Rp 40.950,00	
Jumlah			10.4 kg	Rp 47.575,00	
Selisih Harga				Rp 1.675,00	

No.	Keadaan sapi	Pakan	Jumlah	Harga	Pertambahan Produksi
3.	BB : 380 kg Produksi : 6 L Lemak : 4,2%	Rumput gajah	13 kg	Rp 1.250,00 x 13 = Rp 16.250,00	0.8 L
		Bapro	8 kg	Rp 3.000,00 x 8 = Rp 24.000,00	
		Jumlah		21 kg	
Selisih Harga				Rp -2.500,00	
4.	BB : 400 kg Produksi : 8 L Lemak : 4,2%	Rumput gajah	8,7 kg	Rp 1.250,00 x 8,7 = Rp 10.875,00	0.4 L
		Bapro	9,9 kg	Rp 4.500,00 x 9,9 = Rp 29.700,00	
		Jumlah		28 kg	
Selisih Harga				Rp -325,00	
5.	BB : 400 kg Produksi : 8 L Lemak : 4%	Rumput gajah	5.6 kg	Rp 1.250,00 x 5,6 = Rp 7.000,00	0.8 L
		Bapro	11,4 kg	Rp 3.000,00 x 11,4 = Rp 34.200,00	
		Jumlah		33 kg	
Selisih Harga				Rp 5.300,00	

Dari tabel 6.7 didapatkan hasil optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma PSO. Dari perbandingan dengan data hasil observasi didapatkan rata-rata selisih harga sekitar Rp 2.600,00. Namun dari komposisi sistem juga didapatkan rata-rata perkiraan pertambahan produksi susu sebesar 0.57 liter.



BAB 7 PENUTUP

Bab ini membahas mengenai kesimpulan dan saran terkait penelitian optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)*.

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dari implementasi algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* untuk optimasi komposisi pakan sapi perah maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Permasalahan optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* yaitu dengan tahapan melakukan inialisasi partikel dengan panjang dimensi sebanyak bahan pakan yang digunakan, menghitung nilai *fitness* setiap partikel, memperbarui kecepatan dan posisi partikel pada setiap iterasinya, menentukan *personal best* yang merupakan solusi terbaik dari tiap partikel dan menentukan *global best* yang merupakan solusi terbaik dari semua partikel, kemudian nilai *fitness global best* pada iterasi terakhir dijadikan sebagai solusi akhir.
2. Parameter terbaik dengan rata-rata nilai *fitness* paling optimal yang didapatkan dari masing-masing pengujian adalah:
 - Jumlah partikel sebanyak 400, dengan rata-rata nilai *fitness* sebesar 1.44519179.
 - Jumlah iterasi sebanyak 350, dengan rata-rata nilai *fitness* sebesar 1.47298298.
 - Kombinasi nilai bobot inersia minimum (ω_{\min}) = 0.2 dan bobot inersia maksimum (ω_{\max}) = 0.9, dengan rata-rata nilai *fitness* sebesar 1.26156177.
 - Kombinasi nilai koefisien akselerasi 1 (c_1) = 2 dan koefisien akselerasi 2 (c_2) = 2, dengan rata-rata nilai *fitness* sebesar 1.52357824.
3. Pengukuran solusi dari permasalahan optimasi komposisi pakan sapi perah ini dilakukan dengan perhitungan nilai *fitness* yang diperoleh dari total penambahan produksi, total biaya, dan total *penalty* yaitu nilai yang didapatkan apabila kebutuhan nutrisi tidak terpenuhi ataupun ketersediaan nutrisi terlalu berlebih.
4. Hasil analisis didapatkan rata-rata selisih harga antara data observasi dengan sistem sekitar Rp 2.600,00. Dari komposisi sistem juga didapatkan rata-rata perkiraan penambahan produksi susu sebesar 0.57 liter.

7.2 Saran

Penelitian mengenai optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma PSO dapat dikembangkan dengan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penambahan variasi pakan yang akan dioptimasi untuk mendapatkan komposisi yang optimal.
2. Penggunaan *stopping condition* dapat berdasarkan pembatasan iterasi maksimal untuk mendapatkan solusi yang optimal dengan waktu yang relatif lebih cepat.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, H. & Glasgow, J., 2012. *Swarm Intelligence: Concepts, Models, and Applications*. Canad: Queen's University.
- Andrianyta, H. & Budiastira, I. W., 2015. Efektivitas Metode Nondestructive NIR-Jairngan Syaraf Triuan dalam Menentukan Komposisi Kimia Jagung. pp. 15-21.
- Anggraeni, A., 2003. Keragaman Produksi Susu Sapi Perah: Kajian pada Faktor Koreksi Pengaruh Lingkungan Internal. *WARTAZOA*, 13(1).
- Chen, H.-L. et al., 2011. An Adaptive Fuzzy K-Nearest Neighbor Method Based on Parallel Particle Swarm Optimization for Bankruptcy Prediction. *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*, Volume 1, pp. 249-264.
- Council, N. R., 1978. *Nutrient Requirement of Dairy Cattle Fifth Revised Edition*. 5th ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.
- Council, N. R., 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle Seventh Revised Edition*. 7th ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.
- Erny, 2013. Optimasi Pola Penyusunan Barang dalam Peti Kemas Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization. *Jurnal Matematika Komputasi*.
- Fakhiroh, D., Mahmudy, W. F. & Indriati, 2015. Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah Menggunakan Algoritma Genetika. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIK Universitas Brawijaya*.
- Fukuyama, Y., 2007. Fundamentals of Particle Swarm Optimization Techniques. In: *Modern Heuristic Optimization Techniques: Theory and Applications to Power Systems*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons Inc.
- Hernawan, G., 2012. Implementasi Algoritma Particle Swarm Optimization untuk Penentuan Posisi Strategis Agent pada Simulasi Robot Sepak Bola Dua Dimensi. *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika*, 1(2).
- Hosseini, M., Naeini, S. A. M. & Dehghani, A. A., 2016. Estimation of Soil Mechanical Resistance Parameter by Using Particle Swarm Optimization, Genetic Algorithm and Multiple Regression. *Soil & Tillage Research*, Volume 157, pp. 32-42.
- Jayanegara, A., 2014. Evaluasi Pemberian Pakan Sapi Perah Laktasi Menggunakan Standar NRC 2001: Studi Kasus Peternakan di Sukabumi. pp. 1-7.
- Kemenperin, 2014. *Kementerian Perindustrian Republik Indonesia*. [Online] Available at: <http://www.kemenperin.go.id> [Accessed 26 12 2015].
- Mahmudy, W. F., 2013. *Algoritma Evolusi*. Malang: Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.

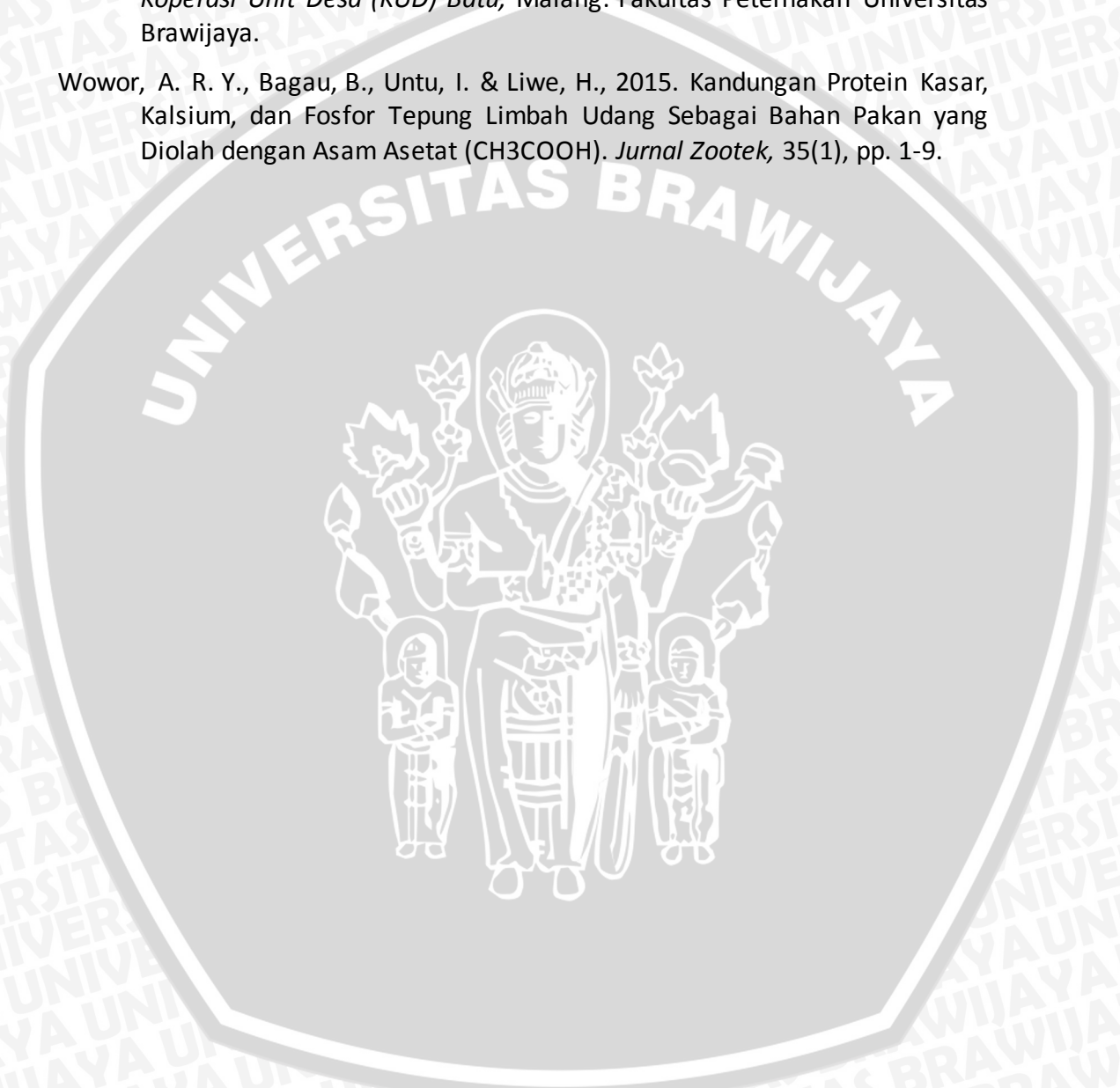
- Mansyur, et al., 2008. *Kemandirian Pakan Dalam Pengembangan Sapi Perah (Kasus KSU Tandangsari Sumedang)*. Yogyakarta, Fakultas Peternakan UGM.
- Marginingtyas, E., Mahmudy, W. F. & Indriati, 2015. Penentuan Komposisi Pakan Ternak untuk Memenuhi Kebutuhan Nutrisi Ayam Petelur dengan Biaya Minimum Menggunakan Algoritma Genetika. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIK Universitas Brawijaya*.
- Milah, H. & Mahmudy, W. F., 2015. Implementasi Algoritma Evolution Strategies untuk Optimasi Komposisi Pakan Ternak Sapi Potong. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIK Universitas Brawijaya*, 5(11).
- Miller, W. J., 1979. *Dairy Cattle Feeding and Nutrition*. London: Academic Press.
- Moto, K., Setiarini, L. & Abubakar, Z., 2003. Analisis Komposisi Fasa Dengan Metode Rietveld Dan Pengaruhnya Terhadap Kekerasan Nanokomposit Ti-Si-N. *Makara, Teknologi*, 7(1), pp. 10-14.
- 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.
- Novianti, J., 2014. *Respon Fisiologis Sapi Perah FH Laktasi yang Diberi Pakan Rumput Gajah (Pennisetum purpuruem) dengan Ukuran Potongan yang Berbeda*, Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- 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).
- Putri, N. D., 2014. *Sistem Ujian TOEFL Dengan Pengacakan Soal Menggunakan Algoritma Fisher Yates*, Jember: Universitas Jember.
- Ramon, E., Efendi, Z. & Daliani, S., n.d. Pengaruh Pemberian Bahan Pakan Lokal Berbasis Kulit Kopi Terhadap Produksi Susu Sapi Perah di Kabupaten Rejang Lebong. *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bengkulu*.
- Rosita, A., Purwananto, Y. & Soelaiman, R., 2012. Implementasi Algoritma Particle Swarm untuk Menyelesaikan Sistem Persamaan Nonlinear. *Jurnal Teknik ITS*, Volume 1.
- Rusdiana, S. & Sejati, W. K., 2009. Upaya Pengembangan Agribisnis Sapi Perah dan Peningkatan Produksi Susu Melalui Pemberdayaan Koperasi Susu. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 27(1), pp. 43-51.
- 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.

Valle, Y. D. & Mohagheghi, S., 2008. Particle Swarm Optimization: Basic Concept, Variants and Application in Power System. *IEEE Transactions On Evolutionary Computation*, 12(2).

Wijaya, R. B., 2015. *Manajemen Pemberian Pakan Sapi Perah Periode Laktasi Di Koperasi Unit Desa (KUD) Batu*, Malang: Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya.

Wowor, A. R. Y., Bagau, B., Untu, I. & Liwe, H., 2015. Kandungan Protein Kasar, Kalsium, dan Fosfor Tepung Limbah Udang Sebagai Bahan Pakan yang Diolah dengan Asam Asetat (CH₃COOH). *Jurnal Zootek*, 35(1), pp. 1-9.



LAMPIRAN A DAFTAR PERTANYAAN PAKAR

Pada lampiran ini akan dituliskan daftar pertanyaan dari hasil wawancara dengan Bapak Dr. Ir. Irfan H. Djunaidi, M.Sc yang bertindak sebagai pakar dalam penelitian skripsi penulis. Wawancara ini terkait dengan pakan sapi perah, produksi susu yang dihasilkan, dan langkah-langkah dalam menghitung kebutuhan serta ketersediaan nutrisi pada sapi perah.

1. Apa faktor utama dalam memproduksi susu pada sapi perah?
Produksi susu sapi perah sangat bergantung pada pakan sapi perah. Pakan sapi perah terdiri dari pakan hijauan dan konsentrat. Selain itu, produksi susu terbesar yaitu ketika sapi perah dalam periode laktasi.
2. Bagaimana pemberian pakan sapi perah?
Pemberian pakan sapi perah bergantung pada berat badan sapi, produksi susu yang dihasilkan, dan kandungan lemak dalam susu. Untuk kebutuhan nutrisi tiap sapi berdasarkan berat badan produksi susu rata-rata, dan kandungan lemak dalam susu seperti yang telah tertera dalam laporan KKN-P Andi Alfian selaku mahasiswa Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya Malang pada bulan Oktober tahun 2015.
3. Bagaimana dengan kandungan tiap pakan sapi perah yang terdiri dari hijauan dan konsentrat?
Untuk kandungan pakan sapi perah dapat dilihat pada tabel NRC tahun 2001, sedangkan untuk jenis pakan yang memang hanya ada di Indonesia pada umumnya dan tidak terdapat dalam tabel NRC 2001, dapat dilihat pada uji laboratorium fakultas Peternakan Universitas Brawijaya di buku KKN-P Andi Alfian.
4. Apakah produksi susu sapi bisa meningkat langsung secara drastis?
Tidak bisa, penambahan produksi susu hanya sebesar 10% dari produksi susu rata-rata. Namun, jika berat badan sapi 400 kg dan mampu menghasilkan susu 15 L tetapi pada kenyataannya hanya produksi susu sebesar 8 L, maka peningkatan produksi agar menjadi 15 L bisa dilakukan.
5. Bagaimana langkah-langkah untuk menghitung jumlah pakan yang harus diberikan oleh peternak pada sapi perah?
Pertama dihitung kebutuhan nutrisinya berdasarkan berat badan sapi, produksi susu rata-rata, dan kandungan lemak dalam susu. Kemudian dihitung ketersediaan nutrisi yang didapatkan dari pakan. Setelah itu dihitung selisihnya. Jika kebutuhan nutrisinya tercukupi dan lebih, maka kelebihan nutrisinya bisa untuk memproduksi pertambahan susu yang dihasilkan. Jika kelebihannya dapat memproduksi susu lebih dari batas maksimal, maka pertambahan produksi tetap berada pada batas maksimal. Jika kurang, maka sapi tidak bisa menghasilkan susu

dengan produksi rata-rata. Jika tidak lebih dan tidak kurang, maka tidak ada penambahan produksi susu.



LAMPIRAN B HASIL OBSERVASI DI KUD BATU DAN DESA DRESEL, KECAMATAN BATU, KOTA BATU

Tgl	Pagi	Sore	BJ	FAT	Bakteri/gade	BJ sore	66A
11	11	5,5	23			22,5	
12	10,5	6	23			22,5	
13	10,5	5,5	23			22,5	
14	11	6	23,5			23	
15	11,5	6	23			22,5	
16	11	6	23,5			23	
17	11	6	23			22,5	
18	11,5	6	23,5			22,5	
19	11,5	7	23			23	
20	11,5	7	23,5			23	
			23	4%	2	(1)	
							675
11	11,5	7	25			24,5	
12	12	7,5	25			"	
13	14,5	7,5	25			"	
14	14	7,5	25,5			"	
15	9,5	8	"			"	
16	13,5	9	25			24	
17	14	7,5	25			25	
18	13	8,5	25			24	
19	13,5	6,5	25			24	
20	13	6	25			24	
			25	4,2%	2	(super)	
							680
11	15	9,5	25			24	
12	15,5	9,5	25			24	
13	15,5	8,5	24,5			24	
14	15	9	25			24	
15	15	7,5	25			24	
16	13	7,5	25			24	
17	13,5	7,5	24,5			24	
18	13	7,5	24,5			24	
19	12	7	25			24	
20	12	7	24,5			24	
			24,5	4,2%	2	(super)	
							685
11	21,5	13,5	25			24	
12	21	13	25			24	
13	18,5	15	25			24	
14	22	13	25			24	
15	22	12	25			24	
16	21	11	25			24	
17	20	11,5	25			24	
18	18	14	25			24	
19	22	11	25			24	
20	19	11	25			24	
			24,5	4,2%	2	(super)	



11	5,5	3,5	24	24,5	
12	10	6,5	25	24,5	25,84
13	11	7,5	24,5	23,5	
14	11,5	9	25	24,5	
15	10,5	9	25	23	
16	12	9	24	23,5	
17	12	9	24,5	23	
18	12,5	9	24	23,5	
19	11	9,5	25	23	
20	11,5	9	24,5	23	
			24	4%	2
					(1)

Nama : Maske Afend (66A)

No. Sapi	Hari, tanggal	Pakan				Produksi susu
		Hijauan	Jumlah	Konsentrat	Jumlah	
1.	Selasa 16/11	P. Rumpuk gajah	8 30kg	P. Bapro/Pofar	8 2kg	P. 8 liter
		S. Rumpuk gajah	8 30kg	S. " " "	8 3kg	S. 4 liter
2.	Selasa 16/11	P. Rumpuk gajah	8 30kg	P. Bapro/Pofar	8 3kg	P. 8 liter
		S. " " "	8 30kg	S. " " "	8 3kg	S. 5 liter
3.	Selasa 16/11	P. Rumpuk gajah	8 30kg	P. Bapro/Pofar	8 2 1/2kg	P. 5 liter
		S. " " "	8 30kg	S. Bapro/Pofar	8 2 1/2kg	S. 3 liter
4.	Selasa 16/11	" " "	8 30kg	P. " " "	8 2 1/2kg	P. 4 liter
		" " "	8 30kg	S. " " "	8 2 1/2kg	S. 3 liter
1.	Rabu 16/11	P. Rumpuk gajah	8 30kg	P. " " "	8 3kg	P. 8 liter
		S. " " "	8 30kg	S. " " "	8 kg	S. 4 liter
2.	Rabu 16/11	P. " " "	8 30kg	P. " " "	8 3kg	P. 8 liter
		S. " " "	8 30kg	P. " " "	8 3kg	S. 5 "
3.	Rabu 16/11	P. " " "	8 30kg	S. " " "	8 2 1/2kg	P. 8 liter
		S. " " "	8 30kg	S. " " "	8 2 1/2kg	S. 3 liter
4.	Rabu 16/11	P. " " "	8 30kg	P. " " "	8 2 1/2kg	P. 4 liter
		S. " " "	8 30kg	S. " " "	8 2 1/2kg	S. 3 liter
Kamis 17/11		P. Rumpuk gajah	8 30kg	P. Bapro/Pofar	8 3kg	P. 8 liter
		S. " " "	8 30kg	S. " " "	8 3kg	S. 4 liter
		P. " " "	8 30kg	P. " " "	8 3kg	P. 8 liter
		S. " " "	8 30kg	S. " " "	8 3kg	S. 5 liter
		P. " " "	8 30kg	P. " " "	8 3kg	P. 5 liter
		S. " " "	8 30kg	S. " " "	8 3kg	S. 3 liter
		P. " " "	8 30kg	P. " " "	8 3kg	P. 4 liter
		S. " " "	8 30kg	S. " " "	8 3kg	S. 3 liter
Jumat 18-11-11		P. " " "	8 25kg	P. " " "	8 3kg	P. 8 liter
		S. " " "	8 25kg	S. " " "	8 3kg	S. 5 liter
		P. " " "	8 25kg	P. " " "	8 3kg	P. 3 liter
		S. " " "	8 25kg	S. " " "	8 3kg	S. 5 liter



Untuk lebih jelasnya, penulis telah menuliskan ulang hasil dari observasi yang telah dilakukan.

No. Sapi	Hari, tanggal	Pakan				Produksi susu	Kadar Lemak	
		Hijauan	Jumlah	Konsentrat	Jumlah			
1	Selasa, 15-12-2015	P. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	8 L	4%	
		S. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	4 L		
2		P. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	8 L		
		S. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	5 L		
3		P. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	5 L		
		S. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	3 L		
4		P. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	4 L		
		S. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	3 L		
1	Rabu, 16-12-2015	P. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	8 L		
		S. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	4 L		
		2	P. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg		8 L
			S. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg		5 L
		3	P. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg		5 L
			S. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg		3 L
		4	P. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg		4 L
			S. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg		3 L
1	Kamis, 16-12-2015	P. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	8 L		
		S. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	4 L		
		2	P. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	8 L	
			S. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	5 L	
		3	P. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	5 L	
			S. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	3 L	
		4	P. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	4 L	
			S. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	3 L	
1	Jumat, 17-12-2015	P. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	8 L		
		S. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	5 L		
		2	P. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	8 L	
			S. Rumput gajah	30 kg	Bapro/Pollard	2 kg	5 L	

Nama : Dasun . (175)

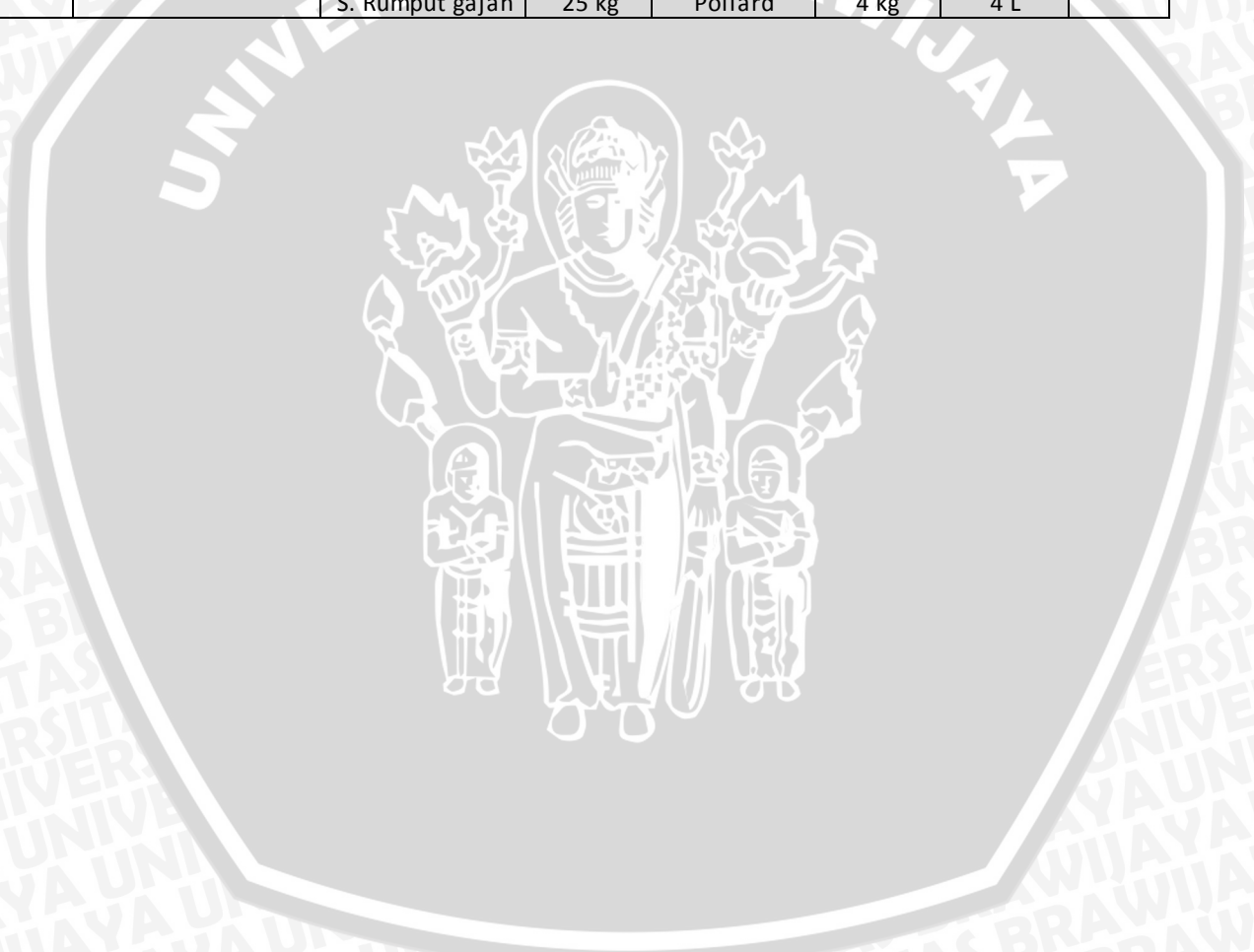
No. Sapi	Hari, tanggal	Pakan				Produksi susu
		Hijauan	Jumlah	Konsentrat	Jumlah	
1.	Selasa 15/12	P. Rumput gajah	25 kg	Polar	4 kg	9 liter
		S. " "	25	" "	4 kg	5 liter
		P. " "	25 kg	" "	4 kg	8 liter
		S. " "	25 kg	" "	4 kg	4 liter
	Rabu 16/12	P. Rumput gajah	25 kg	Polar	4 kg	8 liter
		S. " "	25 kg	" "	4 kg	4 liter
		P. " "	25 kg	" "	4 kg	9 liter
		S. " "	25 kg	" "	4 kg	4 liter
	Kamis 17/12	P. rumput gajah	25 kg	Polar	4 kg	9 liter
		S. " "	25 kg	" "	4 kg	5 liter
		P. " "	25 kg	" "	4 kg	8 liter
		S. " "	25 kg	" "	4 kg	4 liter
	Jumat 18/12	P. " "	25 kg	Polar	4 kg	4 liter
		S. " "	25 kg	" "	4 kg	9 liter
		P. " "	25 kg	" "	4 kg	5 liter
		S. " "	25 kg	" "	4 kg	8 liter
	Sabtu 19/12	P. " "	25 kg	" "	4 kg	4 liter
		S. " "	25 kg	" "	4 kg	9 liter
		P. " "	25 kg	" "	4 kg	5 liter
		S. " "	25 kg	" "	4 kg	8 liter
	Minggu 20/12	P. " "	25 kg	" "	4 kg	4 liter
		S. " "	25 kg	" "	4 kg	9 liter
		P. " "	25 kg	" "	4 kg	5 liter
		S. " "	25 kg	" "	4 kg	8 liter

Untuk lebih jelasnya, penulis telah menuliskan ulang hasil dari observasi yang telah dilakukan.

No. Sapi	Hari, tanggal	Pakan				Produksi susu	Kadar Lemak
		Hijauan	Jumlah	Konsentrat	Jumlah		
1	Selasa, 15-12-2015	P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	9 L	4,2%
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	5 L	
2		P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	8 L	
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	4 L	
1	Rabu, 16-12-2015	P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	8 L	
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	4 L	
2		P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	9 L	



		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	4 L
1	Kamis, 17-12-2015	P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	9 L
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	5 L
2		P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	8 L
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	4 L
1	Jumat, 18-12-2015	P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	9 L
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	5 L
2		P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	8 L
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	4 L
1	Sabtu, 19-12-2015	P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	9 L
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	5 L
2		P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	8 L
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	4 L
1	Minggu, 20-12-2015	P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	9 L
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	5 L
2		P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	8 L
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	4 kg	4 L



Nama : Kartuhji (620)

No. Sapi	Hari, tanggal	Pakan				Produksi susu
		Hijauan	Jumlah	Konsentrat	Jumlah	
1.	Selasa 15/12-15	P Rumpun gajah	P 25 kg	Rotan	P 2,5 kg	P 6 Liter
		S " "	S 25 kg	" "	S 2,5 kg	S 4 Liter
	Rabu 16-12-15	P " "	P 25 kg	" "	P 2,5 kg	P 6 Liter
		S " "	S 25 kg	" "	S 2,5 kg	S 4 Liter
	Kamis 17/12-15	P " "	P 25 kg	" "	P 2,5 kg	P 6 Lt.
		S " "	S 25 kg	" "	S 2,5 kg	S 4 Lt.
	Jumat 18-12-15	P " "	P 25 kg	" "	P 2,5 kg	P 6 Lt.
		S " "	S 25 kg	" "	S 2,5 kg	S 4 Lt.
	Sabtu 19-12-15	P " "	P 25 kg	" "	P 2,5 kg	P 6 Lt
		S " "	S 25 kg	" "	S 2,5 kg	S 4 Lt.
MINGGU 20-12		P " "	P 25 kg	" "	P 2,5 kg	P 6 Lt
		S " "	S 25 kg	" "	S 2,5 kg	S 4 Lt
Senin 21-12-15		P " "	P 25 kg	" "	P 2,5 kg	P 6 Lt.
		S " "	S 25 kg	" "	S 2,5 kg	S 4 Lt.

Untuk lebih jelasnya, penulis telah menuliskan ulang hasil dari observasi yang telah dilakukan.

No. Sapi	Hari, tanggal	Pakan				Produksi susu	Kadar Lemak
		Hijauan	Jumlah	Konsentrat	Jumlah		
1	Selasa, 15-12-2015	P. Rumpun gajah	25 kg	Pollard	2,5 kg	6 L	4,2%
		S. Rumpun gajah	25 kg	Pollard	2,5 kg	4 L	
1	Rabu, 16-12-2015	P. Rumpun gajah	25 kg	Pollard	2,5 kg	6 L	
		S. Rumpun gajah	25 kg	Pollard	2,5 kg	4 L	
1	Kamis, 17-12-2015	P. Rumpun gajah	25 kg	Pollard	2,5 kg	6 L	
		S. Rumpun gajah	25 kg	Pollard	2,5 kg	4 L	
1	Jumat, 18-12-2015	P. Rumpun gajah	25 kg	Pollard	2,5 kg	6 L	
		S. Rumpun gajah	25 kg	Pollard	2,5 kg	4 L	
1	Sabtu, 19-12-2015	P. Rumpun gajah	25 kg	Pollard	2,5 kg	6 L	



		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	2,5 kg	4 L
1	Minggu, 20-12-2015	P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	2,5 kg	6 L
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	2,5 kg	4 L
1	Senin, 21-12-2015	P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	2,5 kg	6 L
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	2,5 kg	4 L

Nama : Fiondo (625)

No. Sapi	Hari, tanggal	Pakan				Produksi susu
		Hijauan	Jumlah	Konsentrat	Jumlah	
1	Selasa 15/12	P. Rumput gajah	P 25 kg	Pollard	P 3 kg	P 8 L
			S 25 kg	—	S 3 kg	S 5 liter
	Rabu 16/12	—	P 25 kg	—	P 3 kg	P 8 L
			S 25 kg	—	S 3 kg	S 5 L
	Kamis	—	P 25 kg	—	P 3 kg	P 9 L
			S 25 kg	—	S 3 kg	S 5 L
	Jumat	—	P 25 kg	—	P 3 kg	P 8 L
			S 25 kg	—	S 3 kg	S 4 L
	Sabtu	—	P 25 kg	—	P 3 kg	P 8 L
			S 25 kg	—	S 3 kg	S 5 L
	Minggu	—	P 25 kg	—	P 3 kg	P 8 L
			S 25 kg	—	S 3 kg	S 5 L
	Senin	—	P 25 kg	—	P 5 kg	P 8 L
			S 25 kg	—	S 3 kg	S 5 L

Untuk lebih jelasnya, penulis telah menuliskan ulang hasil dari observasi yang telah dilakukan.

No. Sapi	Hari, tanggal	Pakan				Produksi susu	Kadar Lemak
		Hijauan	Jumlah	Konsentrat	Jumlah		
1	Selasa, 15-12-2015	P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	3 kg	8 L	4,2%
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	3 kg	5 L	
1	Rabu, 16-12-2015	P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	3 kg	8 L	
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	3 kg	5 L	
1	Kamis, 17-12-2015	P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	3 kg	9 L	
		S. Rumput gajah	25 kg	Pollard	3 kg	5 L	
1	Jumat, 18-12-2015	P. Rumput gajah	25 kg	Pollard	3 kg	8 L	



		S. Rumpus gajah	25 kg	Pollard	3 kg	4 L
1	Sabtu, 19-12-2015	P. Rumpus gajah	25 kg	Pollard	3 kg	8 L
		S. Rumpus gajah	25 kg	Pollard	3 kg	5 L
1	Minggu, 20-12-2015	P. Rumpus gajah	25 kg	Pollard	3 kg	8 L
		S. Rumpus gajah	25 kg	Pollard	3 kg	5 L
1	Senin, 21-12-2015	P. Rumpus gajah	25 kg	Pollard	3 kg	8 L
		S. Rumpus gajah	25 kg	Pollard	3 kg	5 L

Nama : Eko (2524)

No. Sapi	Hari, tanggal	Pakan				Produksi susu
		Hijauan	Jumlah	Konsentrat	Jumlah	
	Sabtu 15/12-15	P Rumpus gajah	P. 30kg	Potar	P. 3kg	P. 8 liter
		S " "	S. 30kg	Potar	S. 3kg	S. 4 liter
	Rabu 16/12-15	P " "	P. 30kg	Potar	P. 3kg	P. 6 liter
		S " "	S. 30kg	Potar	S. 3kg	S. 4 liter
	Kamis 17/12-15	P " "	P. 30kg	" "	P. 3kg	P. 8 liter
		S " "	S. 30kg	" "	S. 3kg	S. 4 liter
		P " "	P. 30kg	" "	P. 3kg	P. 6 liter
		S " "	S. 30kg	" "	S. 3kg	S. 4 liter
	Jumat 18/12-15	P " "	P. 30kg	" "	P. 3kg	P. 4 liter
		S " "	S. 30kg	" "	S. 3kg	S. 1 liter
		P " "	P. 30kg	" "	P. 3kg	P. 3 liter
		S " "	S. 30kg	" "	S. 3kg	S. 3 liter
	Sabtu 19/12-15	P Rumpus gajah	P. 30kg	Potar	P. 3kg	P. 8 liter
		S " "	S. 30kg	" "	S. 3kg	S. 4 liter
		P " "	P. 30kg	Potar	P. 3kg	P. 6 liter
		S " "	S. 30kg	" "	S. 3kg	S. 4 liter
	Minggu 20/12-15	P Rumpus gajah	P. 30kg	Potar	P. 3kg	P. 8 liter
		S " "	S. 30kg	" "	S. 3kg	S. 4 liter
		P " "	P. 30kg	" "	P. 3kg	P. 6 liter
		S " "	S. 30kg	" "	S. 3kg	S. 4 liter
	Senin 21/12-15	P Rumpus gajah	P. 30kg	Potar	P. 3kg	P. 8 liter
		S " "	S. 30kg	" "	S. 3kg	S. 4 liter
		P " "	P. 30kg	" "	P. 3kg	P. 6 liter
		S " "	S. 30kg	" "	S. 3kg	S. 4 liter

Untuk lebih jelasnya, penulis telah menuliskan ulang hasil dari observasi yang telah dilakukan.

No. Sapi	Hari, tanggal	Pakan				Produksi susu	Kadar Lemak
		Hijauan	Jumlah	Konsentrat	Jumlah		



1	Selasa, 15-12-2015	P. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	8 L	4,2%
		S. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	4 L	
2	Selasa, 15-12-2015	P. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	6 L	
		S. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	4 L	
1	Rabu, 16-12-2015	P. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	8 L	
		S. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	4 L	
2		P. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	6 L	
		S. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	4 L	
1	Kamis, 17-12-2015	P. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	8 L	
		S. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	4 L	
2		P. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	6 L	
		S. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	4 L	
1	Jumat, 18-12-2015	P. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	8 L	
		S. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	4 L	
2		P. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	6 L	
		S. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	4 L	
1	Sabtu, 19-12-2015	P. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	8 L	
		S. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	4 L	
2		P. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	6 L	
		S. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	4 L	
1	Minggu, 20-12-2015	P. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	8 L	
		S. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	4 L	
2		P. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	6 L	
		S. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	4 L	
1	Senin, 21-12-2015	P. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	8 L	
		S. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	4 L	
2		P. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	6 L	
		S. Rumput gajah	30 kg	Pollard	3 kg	4 L	



LAMPIRAN C HASIL PENGUJIAN

1. HASIL PENGUJIAN BOBOT INERSIA

Bobot inersia		Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	Fitness Percobaan ke-4	Fitness Percobaan ke-5
ω_{max}	ω_{min}					
0,9	0,2	1.52308648	1.40117458	1.0029464	1.1948888	1.52245439
	0,3	1.4954445	0.92348283	1.3442898	1.1882912	1.14040641
	0,4	1.02323805	1.48847874	1.2557528	0.9949815	1.00255099
0,8	0,2	1.20135554	0.94106479	0.4964704	1.3497366	1.03908185
	0,3	1.19667969	1.26493043	0.9372140	0.6322846	0.73901275
	0,4	0.87730011	1.18650662	1.1024349	0.9264515	1.33713216
0,7	0,2	1.14802654	0.7775922	1.2212507	0.8422023	1.52307503
	0,3	1.43107102	0.83514243	1.0582787	0.8142534	1.52309463
	0,4	1.2563101	0.76541256	1.2621941	1.0487193	0.62934952

Bobot inersia		Fitness Percobaan ke-6	Fitness Percobaan ke-7	Fitness Percobaan ke-8	Fitness Percobaan ke-9	Fitness Percobaan ke-10
ω_{max}	ω_{min}					
0,9	0,2	0.5563689	1.1343785	1.2793278	1.90161	1.09938183
	0,3	1.3611757	1.3100905	0.9125668	1.2341692	1.43828638
	0,4	0.9864537	1.2380049	1.1133175	0.698024	1.15383686
0,8	0,2	1.30602	1.3807614	1.159357	1.4529749	1.09886757
	0,3	1.0664362	0.8659565	1.3336646	1.1915482	1.16874253
	0,4	0.9940991	1.0128901	1.0302192	0.9940656	0.90704637
0,7	0,2	0.7249414	1.4480443	1.4979929	1.4056758	1.21045057
	0,3	1.5230376	1.1217901	1.2842937	1.2316311	0.83610183
	0,4	0.9850235	0.9361667	1.2978685	0.9690348	0.87643549

2. HASIL PENGUJIAN KOEFISIEN AKSELERASI

Koefisien Akselerasi		Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	Fitness Percobaan ke-4	Fitness Percobaan ke-5
c_1	c_2					
1	1	1.49544450	0.92348283	1.34428982	1.18829122	1.140406409
	1,5	1.33835227	1.52313694	1.52352916	1.35788007	1.522915105
	2	1.52486312	1.52327062	1.52401045	1.52352263	1.52325539
1,5	1	1.40113618	0.94743415	1.52342211	0.89049563	1.333228833
	1,5	0.68497341	1.23961903	1.13913693	1.08638065	1.523800336
	2	1.52465083	1.52422893	1.52333419	1.52367726	1.523129244
2	1	0.96369003	1.42538174	1.15604817	0.86673012	1.04350848
	1,5	1.05237387	0.61470496	1.30705447	1.29068029	1.522632616
	2	1.52358179	1.52265850	1.52415669	1.52433025	1.52495486

Koefisien Akselerasi		Fitness Percobaan ke-6	Fitness Percobaan ke-7	Fitness Percobaan ke-8	Fitness Percobaan ke-9	Fitness Percobaan ke-10
c_1	c_2					
1	1	1.36117571	1.3100905	0.91256681	1.2341692	1.438286379
	1,5	1.52366236	1.52336647	1.52258572	1.43185243	1.523304747
	2	1.52519481	1.52269838	1.40772381	1.524907	1.523654416
1,5	1	0.66688262	1.20612143	1.09627370	1.20495546	1.192674893
	1,5	0.87653573	0.85209747	1.45310571	0.92952457	1.234583459
	2	1.52298183	1.37101518	1.52581197	1.52447328	1.524250706
2	1	1.09944723	1.47426619	1.02766080	1.23181711	1.255114574
	1,5	1.19583742	1.52342233	1.32693525	1.33317456	1.257114574
	2	1.52321179	1.52336329	1.52306543	1.52315648	1.523303364

3. HASIL PENGUJIAN UKURAN SWARM

Ukuran Swarm	Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	Fitness Percobaan ke-4	Fitness Percobaan ke-5
50	0.66396633	0.49626426	0.67330064	0.658185778	0.274665966
100	0.71874357	0.64787227	0.65338853	0.885878633	0.972302593
150	1.10309649	1.22371255	1.13934351	1.138935505	1.126356208
200	1.40610487	1.52332549	1.12675779	1.105933168	1.084135209
250	1.38355166	1.12150027	1.31213494	1.458132392	1.157103622
300	1.33869083	1.18658080	1.28703153	1.424126811	1.408104768
350	1.31001023	1.40544832	1.36231703	1.431287218	1.4233713
400	1.52321117	1.52281501	1.52304087	1.522150601	1.278247625
450	1.52318420	1.32872981	1.49503074	1.429561574	1.502321222
500	1.52306481	1.41996475	1.27908618	1.502982793	1.506130968

Ukuran Swarm	Fitness Percobaan ke-6	Fitness Percobaan ke-7	Fitness Percobaan ke-8	Fitness Percobaan ke-9	Fitness Percobaan ke-10
50	0.35951614	0.52046753	0.52220710	0.6288566	0.25996027
100	0.53284747	0.81756088	0.56134045	0.96752456	0.74912068
150	0.91133296	1.12498570	1.19724057	1.04945714	0.91698516
200	1.32859569	1.31552052	1.02645094	1.38382176	1.2348445
250	1.22293660	1.32952336	1.39997068	1.27312141	1.07462399
300	1.08069225	1.46094433	1.21705970	1.25150515	1.36774625
350	1.19075885	1.29527040	1.52267004	1.32209138	1.52298136
400	1.18430078	1.52315477	1.40856387	1.45447936	1.51195383
450	1.52278017	1.39274410	1.46888816	1.42931009	1.41306865
500	1.47307656	1.41434401	1.44369130	1.52303649	1.4952021

4. HASIL PENGUJIAN JUMLAH ITERASI

Jumlah Iterasi	Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	Fitness Percobaan ke-4	Fitness Percobaan ke-5
50	1.27757668	1.4574104	1.42518686	1.2625487	1.19700518



Jumlah Iterasi	Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	Fitness Percobaan ke-4	Fitness Percobaan ke-5
100	1.5232942	1.15640798	1.44911377	1.52264973	1.52307522
150	1.47501902	1.25363121	1.30594967	1.45285745	1.43069864
200	1.35432971	1.39956458	1.50821168	1.4333913	1.52350146
250	1.41387394	1.52274198	1.36018485	1.52258286	1.52266362
300	1.52257676	1.34971327	1.33783706	1.50394921	1.52287959
350	1.43094772	1.5225951	1.43817581	1.49581225	1.52287508
400	1.40187837	1.43056512	1.52309896	1.45442959	1.45968514
450	1.46118431	1.47833858	1.52318447	1.46142582	1.45786218
500	1.5230682	1.52330617	1.48483376	1.45694481	1.52302118

Jumlah Iterasi	Fitness Percobaan ke-6	Fitness Percobaan ke-7	Fitness Percobaan ke-8	Fitness Percobaan ke-9	Fitness Percobaan ke-10
50	1.38902668	1.29960538	1.38658824	1.322187335	1.397728654
100	1.3488518	1.21610137	1.34767025	1.332947688	1.265155613
150	1.49552576	1.17872777	1.51499711	1.240867907	1.500705243
200	1.52251789	1.32715678	1.45407105	1.278449452	1.291597658
250	1.28538021	1.33897159	1.52289787	1.52319811	1.52275958
300	1.39565731	1.52257892	1.51940594	1.38904221	1.522919261
350	1.44859984	1.52343751	1.40347231	1.523317297	1.420596923
400	1.40633657	1.52294635	1.50374308	1.522926478	1.523583798
450	1.52307553	1.52296141	1.39048076	1.448732205	1.522927047
500	1.52264906	1.46388071	1.47743175	1.472723005	1.365200718

5. HASIL PENGUJIAN INTERVAL BOBOT PAKAN

Interval Bobot Pakan	Fitness Percobaan ke-1	Fitness Percobaan ke-2	Fitness Percobaan ke-3	Fitness Percobaan ke-4	Fitness Percobaan ke-5
1-5	0.22395344	0.22399121	0.22395621	0.22377536	0.2239686
1-10	1.39278497	1.5239823	1.52390197	1.52399022	1.52398715
1-15	1.53248639	1.52933525	1.53151015	1.52967298	1.52955016
1-20	1.53016703	1.53008909	1.52833333	1.53046422	1.53020673
1-25	1.52712961	1.53204912	1.52770466	1.52990477	1.52965734

Interval Bobot Pakan	Fitness Percobaan ke-6	Fitness Percobaan ke-7	Fitness Percobaan ke-8	Fitness Percobaan ke-9	Fitness Percobaan ke-10
1-5	0.22393644	0.2239885	0.22396454	0.22396345	0.22392918
1-10	1.52399004	1.52390076	1.42792529	0.25606859	1.49715707
1-15	1.53423966	1.5349919	1.53596414	1.53259063	1.53089306
1-20	1.53214315	1.52807673	1.5310289	1.52993411	1.53037999
1-25	1.53207792	1.53145549	1.53145102	1.53145812	1.52374533