

**OPTIMASI FORMULASI PAKAN AYAM PETELUR
MENGUNAKAN HIBRIDISASI *PARTICLE SWARM*
*OPTIMIZATION***

TESIS

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Magister Komputer

Disusun oleh:
Gusti Ahmad Fanshuri Alfarisy
NIM: 156150100011007



PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2017

PENGESAHAN

OPTIMASI FORMULASI PAKAN AYAM PETELUR MENGGUNAKAN HIBRIDISASI
PARTICLE SWARM OPTIMIZATION

TESIS

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Magister Komputer

Disusun Oleh :
Gusti Ahmad Fanshuri Alfarisy
NIM: 156150100011007

Tesis ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
16 November 2017
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si., M.T., Ph.D

NIP: 19720919 199702 1 001

Dr. Muhammad Halim Natsir, S.Pt., M.P

NIP: 19711224 199802 1001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T., M.T., Ph.D

NIP: 19710518 200312 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah Tesis 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 tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia tesis ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (magister) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70)

Malang, 27 November 2017

Gusti Ahmad Fanshuri Alfarisy

NIM: 156150100011007

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur yang sebesar-besarnya untuk Allah *Subhānahu wa ta'alā* yang telah memberikan karunia, rahmat, dan petunjuk-Nya kepada penulis. Sehingga, tesis yang berjudul “Optimasi Formulasi Pakan Ayam Petelur Menggunakan Hibridisasi *Particle Swarm Optimization*” dapat diselesaikan dengan baik. Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Magister Komputer di Universitas Brawijaya. Tesis ini tidak dapat diselesaikan tanpa peran serta berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si., M.T., Ph.D, selaku pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam menyusun tesis ini.
2. Dr. Muhammad Halim Natsir, S.Pt., M.P, selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam menyusun tesis ini.
3. Tri Astoto Kurniawan, S.T., M.T., Ph.D, selaku penguji proposal pertama, penguji sidang tesis pertama, dan ketua Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya yang telah memberikan kritik dan saran dalam menyusun tesis ini.
4. Dr. Eng. Herman Tolle, S.T., M.T, selaku penguji proposal kedua yang telah memberikan kritik dan saran dalam menyusun tesis ini.
5. Ismiarta Aknuranda, S.T., M.Sc., Ph.D, selaku penguji sidang tesis kedua yang telah memberikan kritik dan saran dalam menyusun tesis ini.
6. Dr. Eng. Fitra A. Bachtiar, S.T., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Komputer, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya.
7. Segenap bapak dan ibu dosen yang telah mendidik dan mengajarkan ilmunya kepada penulis selama menempuh studi di Magister Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya.
8. Ibu Muzallifah selaku orang tua yang telah mendoakan dan memberikan dukungan hingga tesis ini selesai.
9. Teman-teman sejawat Magister Ilmu Komputer yang telah memberikan bantuan dan semangat selama menempuh studi di Magister Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer , Universitas Brawijaya.
10. Dan semua pihak yang telah membantu dalam menyusun tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sangat menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam tesis ini. Oleh karena itu, penulis sangat menghargai saran dan kritik yang sifatnya membangun demi penulisan tesis yang lebih baik dan penelitian yang berkelanjutan pada masa mendatang. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya untuk semua pihak.

Malang, 27 November 2017

Gusti Ahmad Fanshuri Alfarisy

gusti.alfarisy@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu faktor untuk bisa meningkatkan produksi telur ayam adalah melalui pakan. Pemberian pakan haruslah optimal, yaitu memenuhi kebutuhan nutrisi ternak dengan harga yang lebih murah, karena pakan merupakan biaya produksi terbesar yang dikeluarkan oleh peternak. Pembelian pakan jadi pabrik akan mengurangi keuntungan peternak lokal karena peningkatan harga terus terjadi. Sehingga dengan memanfaatkan bahan pakan lokal dengan komposisi pakan yang optimal, diharapkan dapat menekan biaya produksi dan dapat menguntungkan peternak. Selain itu, keseimbangan asam amino yang merupakan penyusun protein yang dapat meningkatkan produksi ayam petelur dan mengurangi residu kandung banyak diabaikan oleh peternak lokal. Metode manual seperti Pearson Square dan Aljabar tidak mempertimbangkan harga dan keseimbangan asam amino. Sedangkan metode *trial and error* akan memerlukan waktu yang lama untuk bisa menemukan komposisi pakan yang optimum. Selain itu *Linear Programming* (LP) tidak dapat menoleransi solusi ketika ada kendala yang dilanggar. Algoritma Genetika (GA) menunjukkan performa yang lebih baik karena dapat menyelesaikan masalah yang kompleks walau terdapat kendala yang dilanggar. Namun, GA melibatkan proses kawin silang, mutasi, dan seleksi yang dapat meningkatkan waktu komputasi. Selain itu GA pada awalnya dirancang dalam representasi biner. Berbeda dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO) yang hanya melibatkan kalkulasi sederhana dalam menemukan solusi yang optimum dan dirancang untuk menyelesaikan masalah *riil* yang sesuai untuk permasalahan pakan ternak. Selain itu, kurangnya keberagaman partikel dapat menyebabkan konvergensi dini dan solusi dapat ditingkatkan ketika terdapat mekanisme komunikasi antar dua partikel secara langsung. Sehingga, studi ini menekankan pada penerapan hibridisasi PSO (MSPSO) yang melibatkan *multi-swarm* untuk meningkatkan keberagaman, pemanfaatan metode biseksi sebagai komunikasi antar dua partikel, dan penentuan parameter optimal untuk dapat menemukan komposisi pakan ternak yang optimum dengan melibatkan keseimbangan asam amino. Hasil yang ditemukan adalah, MSPSO mampu memberikan solusi yang efektif dalam hal rata-rata *fitness*, efisien dalam hal waktu komputasi, dan stabil dalam hal rata-rata standar deviasi jika dibandingkan dengan GA, PSO, dan hibridisasi GA adaptif dengan *simulated annealing*. Selain itu, tidak ada parameter optimal untuk semua formula. Parameter yang baik ditentukan dari hasil eksperimen. Parameter maksimum probabilitas biseksi sebesar 0,2, 0,3, 0,4, dan 0,5 untuk tiap-tiap *sub-swarm* sebagai kombinasi baik. *Swarm size* sebesar 50 dan total iterasi sebesar 16,000 menunjukkan hasil yang lebih baik. Masing-masing koefisien akselerasi, kognitif dan sosial, sebesar 2,0. Sementara *inertia weight* sebesar 0,6.

Kata kunci: optimasi pakan ternak, keseimbangan asam amino, *particle swarm optimization*, metode biseksi, *multi-swarm*

ABSTRACT

The feed is one of the important things to increase the eggs production. Since it is the highest cost production, It should satisfy the laying hen nutrient requirements with the minimum cost. Buying feed from feed industries would decrease the local farmer profit as price increased. Thus, by utilizing local feed ingredients with optimal feed composition, it is expected to reduce the cost of production and would increase local farmer profit. In addition, balanced amino acids which are a building block of proteins which can increase eggs production and decrease cage residues mostly ignored by the local farmer. Manual methods such as Pearson Square and Algebra do not consider the price and balanced amino acids. While the trial and error method takes time to find the optimum feed composition. Furthermore, Linear Programming (LP) method cannot tolerate solutions when constraints are violated. Genetic Algorithm (GA) shows better performance since it can solve complex problems even with no constraint can be satisfied. However, GA involves crossover, mutation, and selection process that can increase computational time. In addition, GA was originally designed in binary representation. Unlike the Particle Swarm Optimization (PSO) which involves only simple calculations in finding the optimum solution and designed to solve problems with real representation that are appropriate for animal feed problems. Furthermore, lack of diversity of particles can lead to premature convergence and solutions can be improved when there is a communication mechanism between two particles directly. Therefore, this study emphasizes on the application of hybridization of PSO (MSPSO) using multi-swarm to increase diversity, utilization of bisection method as communication between two particles, and the determination of optimum parameters in finding the optimum feed composition by involving balanced amino acid. The results show that MSPSO provides effective solutions in terms of average fitness, efficient in terms of time complexity, and stable in terms of standard deviation compared to GA, PSO, and hybridization of adaptive GA with simulated annealing. In addition, there is no optimal parameter for all formulae. The good parameters are determined from experimental results. The parameter of maximum bisection probability with 0.2, 0.3, 0.4, and 0.5 for each sub-swarm as a good combination. Swarm size of 50 and total iterations of 16,000 shows better results. Both acceleration coefficients, cognitive and social, are 2.0. While inertia weight is 0.6.

Keywords: *animal feed optimization, balanced amino acids, particle swarm optimization, bisection method, multi-swarm*

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Hipotesis Penelitian	5
1.3 Rumusan masalah	5
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat.....	6
1.6 Batasan masalah	6
1.7 Sistematika Pembahasan	7
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	8
2.1 Pengantar Formulasi Pakan Ayam Petelur	8
2.1.1 Keseimbangan Asam Amino.....	9
2.1.2 Formulasi Manual	9
2.2 Penelitian Terkait	13
2.2.1 Formulasi Pakan dengan Algoritme Evolusi.....	13
2.2.2 Formulasi Pakan dengan <i>Particle Swarm Optimization</i>	15
2.2.3 Formulasi Pakan dengan Pendekatan Hibridisasi	16
2.3 <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	19
2.4 Metode Biseksi.....	20
2.5 <i>Multi-Swarm Particle Swarm Optimization</i>	21
BAB 3 METODOLOGI	24

3.1 Tahapan Penelitian	24
3.2 Data Penelitian.....	24
3.3 Perancangan	25
3.3.1 Model Matematis.....	25
3.3.2 Model Hibridisasi PSO	25
3.3.3 Skenario Pengujian.....	27
3.4 Analisis Hasil Pengujian.....	28
BAB 4 PERANCANGAN.....	30
4.1 Model Matematis	30
4.1.1 Kendala Jumlah Komposisi Pakan	30
4.1.2 Kendala Kebutuhan Nutrisi Non Asam Amino	31
4.1.3 Kendala Keseimbangan Asam Amino.....	32
4.1.4 Kendala Bahan Pakan	33
4.1.5 Fungsi Tujuan	34
4.2 Optimasi Formulasi Pakan Ayam Petelur	34
4.3 Representasi Partikel	35
4.4 Fungsi <i>Fitness</i>	36
4.5 Hibridisasi PSO	38
4.5.1 Inisialisasi <i>Swarm</i> dan Partikel	41
4.5.2 Pergerakan Fase Migrasi	42
4.5.3 Persiapan Fase Agregasi.....	43
4.5.4 Strategi Pergerakan PSO	44
4.5.5 Pergerakan Fase Agregasi	49
4.6 Skenario Pengujian	49
4.6.1 Spesifikasi Pengujian	49
4.6.2 Bahan Pakan Uji	49
4.6.3 Pengujian Mekanisme Hibridisasi	50
4.6.4 Pengujian Maksimum Probabilitas Biseksi (MaxBp)	51
4.6.5 Pengujian Jumlah <i>Sub-Swarm</i>	51
4.6.6 Pengujian <i>Swarm Size</i>	52
4.6.7 Pengujian Jumlah Iterasi	52
4.6.8 Pengujian Parameter PSO	52

4.6.9 Pengujian Komparasi.....	52
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN	54
5.1 Mekanisme Hibridisasi.....	54
5.2 Parameter Maksimum Probabilitas Biseksi	55
5.3 Jumlah <i>Sub-Swarm</i>	56
5.4 <i>Swarm Size</i>	67
5.5 Jumlah Iterasi.....	71
5.6 Parameter PSO.....	74
5.6.1 Koefisien Akselerasi.....	74
5.6.2 <i>Inertia Weight</i>	79
5.7 Komparasi	81
5.7.1 Parameter <i>Crossover Rate</i> dan <i>Mutation Rate</i> pada GA	81
5.7.2 Komparasi Algoritme.....	82
5.8 Hasil Formulasi.....	89
5.9 Pembahasan Hipotesis.....	93
BAB 6 PENUTUP	95
6.1 Kesimpulan.....	95
6.2 Saran	96
DAFTAR PUSTAKA.....	98
LAMPIRAN A DAFTAR NUTRISI DAN HARGA BAHAN PAKAN AYAM PETELUR....	102
LAMPIRAN B KEBUTUHAN ZAT MAKANAN	107
LAMPIRAN C BATASAN BAHAN PAKAN.....	108
LAMPIRAN D KEBUTUHAN ZAT MAKANAN SESUAI STANDAR NASIONAL INDONESIA	109
LAMPIRAN E HASIL PENGUJIAN	110
E.1 <i>Swarm Size</i>	110
E.2 Iterasi	112
E.3 Koefisien Akselerasi	116
E.4 <i>Inertia Weight</i>	162

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kebutuhan nutrisi ayam petelur	8
Tabel 2.2 Contoh nutrisi untuk tiap pakan.....	9
Tabel 2.3 Contoh formulasi pakan	10
Tabel 2.4 Perolehan jumlah nutrisi	10
Tabel 2.5 Jenis-jenis teknik migrasi pada MSO	22
Tabel 4.1 Spesifikasi perangkat keras	49
Tabel 4.2 Spesifikasi perangkat lunak	49
Tabel 4.3 Daftar bahan pakan uji	49
Tabel 4.4 Mekanisme hibridisasi.....	51
Tabel 5.1 Hasil skenario pengujian mekanisme hibridisasi.....	54
Tabel 5.2 Parameter MaxBp optimal dalam menghasilkan rata-rata nilai <i>fitness</i> terbaik	55
Tabel 5.3 Perbandingan Parameter MaxBp Gabungan dengan Parameter MaxBp Optimal.....	55
Tabel 5.4 Hasil pengujian parameter cr dan mr.....	82
Tabel 5.5 Hasil uji rata-rata <i>fitness</i> untuk semua algoritme komparasi	83
Tabel 5.6 Hasil uji rata-rata penalti dan biaya untuk semua algoritme komparasi	84
Tabel 5.7 Hasil uji rata-rata penalti dan biaya untuk semua algoritme komparasi dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).....	85
Tabel 5.8 Hasil uji rata-rata waktu komputasi untuk semua algoritme komparasi	86
Tabel 5.9 Hasil uji rata-rata standar deviasi untuk semua algoritme komparasi .	87
Tabel 5.10 Daftar bahan pakan uji untuk perubahan fungsi <i>fitness</i>	88
Tabel 5.11 Perbandingan rata-rata <i>fitness</i> dan penalti batasan komposisi antara PSO dan MSPSO sebelum penambahan beban pada kendala batasan komposisi	88
Tabel 5.12 Perbandingan rata-rata <i>fitness</i> dan penalti batasan komposisi antara PSO dan MSPSO selesai penambahan beban pada kendala batasan komposisi..	89
Tabel 5.13 Komposisi tiap-tiap bahan dan harga per kilogram	90
Tabel 5.14 Penalti yang diperoleh untuk fase <i>layer</i>	90
Tabel 5.15 Status terpenuhi dan penalti untuk kebutuhan nutrisi non asam amino pada fase <i>layer</i>	91

Tabel 5.16 Status terpenuhi dan penalti untuk keseimbangan asam amino pada fase <i>layer</i>	92
--	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh perhitungan menggunakan metode <i>Pearson Square</i>	11
Gambar 2.2 Model evolusi untuk optimasi formula pakan ternak (Rahman <i>et al.</i> , 2015)	12
Gambar 2.3 Diagram alir PSO.....	17
Gambar 2.4 Struktur dan proses BMPSO (Wei <i>et al.</i> , 2015).....	21
Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian.....	24
Gambar 3.2 Representasi partikel	26
Gambar 3.3 Contoh representasi partikel dengan 3 bahan pakan.....	26
Gambar 3.4 Skenario pengujian.....	28
Gambar 4.1 Diagram alir optimasi formulasi pakan ayam petelur.....	35
Gambar 4.2 Model hibridisasi PSO	38
Gambar 4.3 Diagram alir hibridisasi PSO	39
Gambar 4.4 Rata-rata <i>fitness</i> terhadap koefisien sosial dengan koefisien kognitif sebesar 1,8	40
Gambar 4.5 Diagram alir inialisasi <i>swarm</i> dan partikel.....	40
Gambar 4.6 Diagram alir inialisasi partikel awal	41
Gambar 4.7 Diagram alir fase migrasi.....	42
Gambar 4.8 Diagram alir migrasi partikel terbaik.....	43
Gambar 4.9 Persiapan fase agregasi	44
Gambar 4.10 Diagram alir strategi pergerakan PSO standar.....	45
Gambar 4.11 Diagram alir strategi hibridisasi PSO dengan biseksi	46
Gambar 4.12 Diagram alir <i>update</i> pBest dan gBest.....	47
Gambar 4.13 Diagram alir pergerakan fase agregasi.....	48
Gambar 5.1 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 60 untuk A11.....	56
Gambar 5.2 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 120 untuk A11.....	57
Gambar 5.3 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 180 untuk A11.....	57
Gambar 5.4 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 240 untuk A11.....	57

Gambar 5.5 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 300 untuk A11.....	58
Gambar 5.6 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 60 untuk A12.....	58
Gambar 5.7 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 120 untuk A12.....	58
Gambar 5.8 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 180 untuk A12.....	59
Gambar 5.9 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 240 untuk A12.....	59
Gambar 5.10 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 300 untuk A12.....	59
Gambar 5.11 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 60 untuk A13.....	60
Gambar 5.12 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 120 untuk A13.....	60
Gambar 5.13 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 180 untuk A13.....	61
Gambar 5.14 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 240 untuk A13.....	61
Gambar 5.15 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 300 untuk A13.....	61
Gambar 5.16 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 60 untuk A14.....	62
Gambar 5.17 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 120 untuk A14.....	62
Gambar 5.18 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 180 untuk A14.....	63
Gambar 5.19 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 240 untuk A14.....	63
Gambar 5.20 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 300 untuk A14.....	63
Gambar 5.21 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 60 untuk A15.....	64
Gambar 5.22 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 120 untuk A15.....	64

Gambar 5.23 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 180 untuk A15.....	65
Gambar 5.24 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 240 untuk A15.....	65
Gambar 5.25 Rata-Rata <i>fitness</i> dari jumlah <i>sub-swarm</i> 1 sampai 4 dengan jumlah <i>swarm size</i> sebesar 300 untuk A15.....	65
Gambar 5.26 Ketidaklayakan peningkatan waktu komputasi terhadap <i>fitness</i> . Area X menunjukkan kenaikan <i>fitness</i> pada setengah pertama algoritme dijalankan dan area Y setengah lainnya (Eiben and Smith, 2015).....	67
Gambar 5.27 Rata-rata <i>fitness</i> untuk <i>swarm size</i> yang berbeda pada A11.....	67
Gambar 5.28 Rata-rata <i>fitness</i> untuk <i>swarm size</i> yang berbeda pada A12.....	68
Gambar 5.29 Rata-rata <i>fitness</i> untuk <i>swarm size</i> yang berbeda pada A13.....	68
Gambar 5.30 Rata-rata <i>fitness</i> untuk <i>swarm size</i> yang berbeda pada A14.....	69
Gambar 5.31 Rata-rata <i>fitness</i> untuk <i>swarm size</i> yang berbeda pada A15.....	70
Gambar 5.32 Rata-rata <i>fitness</i> untuk jumlah iterasi yang berbeda pada A11	71
Gambar 5.33 Rata-rata <i>fitness</i> untuk jumlah iterasi yang berbeda pada A12	71
Gambar 5.34 Rata-rata <i>fitness</i> untuk jumlah iterasi yang berbeda pada A13	72
Gambar 5.35 Rata-rata <i>fitness</i> untuk jumlah iterasi yang berbeda pada A14	72
Gambar 5.36 Rata-rata <i>fitness</i> untuk jumlah iterasi yang berbeda pada A15	73
Gambar 5.37 Grafik 3D pengaruh C_1 dan C_2 terhadap rata-rata <i>fitness</i> pada A11.	74
Gambar 5.38 Grafik 2D pengaruh C_1 dan C_2 terhadap rata-rata <i>fitness</i> pada A11.	74
Gambar 5.39 Grafik 3D pengaruh C_1 dan C_2 terhadap rata-rata <i>fitness</i> pada A12.	75
Gambar 5.40 Grafik 2D pengaruh C_1 dan C_2 terhadap rata-rata <i>fitness</i> pada A12.	75
Gambar 5.41 Grafik 3D pengaruh C_1 dan C_2 terhadap rata-rata <i>fitness</i> pada A14.	76
Gambar 5.42 Grafik 2D pengaruh C_1 dan C_2 terhadap rata-rata <i>fitness</i> pada A14.	77
Gambar 5.43 Grafik 3D pengaruh C_1 dan C_2 terhadap rata-rata <i>fitness</i> pada A15.	77
Gambar 5.44 Grafik 2D pengaruh C_1 dan C_2 terhadap rata-rata <i>fitness</i> pada A15.	78

Gambar 5.45 Rata-rata <i>fitness</i> untuk <i>inertia weight</i> yang berbeda pada A11	78
Gambar 5.46 Rata-rata <i>fitness</i> untuk <i>inertia weight</i> yang berbeda pada A12	79
Gambar 5.47 Rata-rata <i>fitness</i> untuk <i>inertia weight</i> yang berbeda pada A13	79
Gambar 5.48 Rata-rata <i>fitness</i> untuk <i>inertia weight</i> yang berbeda pada A14	80
Gambar 5.49 Rata-rata <i>fitness</i> untuk <i>inertia weight</i> yang berbeda pada A15	80

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DAFTAR NUTRISI DAN HARGA BAHAN PAKAN AYAM PETELUR....	102
LAMPIRAN B KEBUTUHAN ZAT MAKANAN	107
LAMPIRAN C BATASAN BAHAN PAKAN.....	108
LAMPIRAN D KEBUTUHAN ZAT MAKANAN SESUAI STANDAR NASIONAL INDONESIA	109
LAMPIRAN E HASIL PENGUJIAN	110
E.1 <i>Swarm Size</i>	110
E.2 <i>Iterasi</i>	112
E.3 <i>Koefisien Akselerasi</i>	116
E.4 <i>Inertia Weight</i>	162