

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar belakang

Telur ayam telah menjadi konsumsi masyarakat dunia yang memiliki banyak fungsi. Tidak hanya dikonsumsi sebagai makanan pokok, tetapi juga digunakan untuk membuat berbagai macam jenis kue dan makanan lainnya. Telur kaya akan protein dan merupakan sumber antibodi baik dengan harga yang terjangkau. Selain itu, telur merupakan makanan yang dapat mempengaruhi perkembangan mental anak. Oleh sebab itu, telur memegang peranan penting bagi kesehatan manusia di dunia (Zaheer, 2015).

Dengan meningkatnya penduduk Indonesia, konsumsi telur ayam juga mengalami peningkatan. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia pada tahun 2014, konsumsi rata-rata telur ayam ras/kampung per kapita dalam seminggu mencapai 0,171 kg. Data tersebut menunjukkan adanya peningkatan dibandingkan 7 tahun lalu yang hanya mencapai 0,122 kg (BPS 2014). Sedangkan berdasarkan data statistik dari Ketahanan Pangan Indonesia pada tahun 2013, kebutuhan telur ayam ras melebihi produksi yang ada. Produksi dari telur ayam ras mencapai 1.224,4 ribu ton sedangkan kebutuhan masyarakat mencapai 1.701,9 ribu ton (Pertanian, 2015). Data-data tersebut menunjukkan adanya peningkatan konsumsi telur unggas dan potensi terjadinya impor telur unggas yang memberikan peluang bagi industri terkait untuk dapat meningkatkan produktivitas lokal.

Industri unggas harus memperhatikan beberapa hal dalam meningkatkan produksi telur unggas antara lain bibit, manajemen, dan pakan yang diberikan setiap harinya. Pakan memegang peranan penting karena merupakan biaya produksi tertinggi sekitar 65-70% (Bamiro dan Shittu 2009) yang menjadi masalah utama yang berkaitan langsung dengan produksi telur unggas (Tijjani *et al.*, 2012). Selain itu pakan merupakan asupan nutrisi yang diperoleh oleh ayam petelur untuk dapat memenuhi kebutuhan nutrisi yang berbeda-beda tiap periodenya. Defisiensi nutrisi pada ayam petelur akan mempengaruhi kesehatan ternak dan dapat merugikan peternak. Pada ayam petelur, defisiensi nutrisi sangat berdampak pada sintesis protein di *oviduct* yang mempengaruhi produksi telur (National Research Council, 1994). Oleh sebab itu, pakan memegang peranan penting bagi kebutuhan nutrisi ayam petelur dan bagi peternak untuk dapat menghemat biaya yang dikeluarkan.

Pakan dapat diperoleh oleh peternak dengan membeli pakan jadi dari pabrik. Namun, harga pakan untuk unggas cenderung terus meningkat yang tidak diimbangi dengan harga produk unggas itu sendiri. Salah satu usaha untuk dapat mengatasi masalah tersebut adalah dengan memanfaatkan bahan pakan lokal sebagai formula untuk menyusun pakan (Subekti, 2009). Dengan memanfaatkan bahan pakan lokal yang tersedia dilapang, biaya pembelian pakan dapat ditekan dan dapat menguntungkan peternak. Untuk memformulasikan pakan yang memanfaatkan bahan pakan lokal dapat menggunakan rekomendasi dari pakar.

Namun formula berdasarkan rekomendasi tersebut tidak akan membuat formula menjadi optimal. Karena hanya memiliki satu tujuan yaitu terpenuhinya kebutuhan nutrisi hewan ternak dan tidak mempertimbangkan harga bahan pakan yang fluktuatif. Sehingga diperlukan suatu metode dalam menentukan komposisi bahan pakan yang optimal dimana pakan yang diberikan setiap harinya memenuhi semua kebutuhan nutrisi dengan harga yang paling minimal.

Untuk membuat formula pakan yang optimum tidaklah mudah. Karena bahan pakan di Indonesia cukup bervariasi sehingga jika ditentukan komposisi pakan dengan kombinasi yang berbeda-beda secara enumerasi maka diperlukan kombinasi yang sangat banyak. Kombinasi akan bertambah dengan mempertimbangkan harga yang berbeda-beda di setiap daerah di Indonesia. Kombinasi menjadi sangat kompleks ketika mempertimbangkan harga bahan pakan yang berfluktuatif. Oleh sebab itu, penyelesaian masalah formulasi pakan ternak secara enumerasi akan memerlukan waktu yang sangat lama dan menjadi tidak praktis sehingga metode ilmiah yang mumpuni diperlukan untuk menentukan proporsi tiap-tiap bahan pakan yang optimum.

Metode manual seperti *trial and error* banyak digunakan oleh peternak dalam memformulasi pakan ternak. Namun metode tersebut memerlukan percobaan yang lama ketika mempertimbangkan banyak nutrisi untuk dipenuhi dalam menemukan harga yang paling murah. Sehingga metode ini sangat tidak efisien dan efektif dalam menentukan proporsi bahan pakan yang optimum. Metode seperti *pearson square* dan aljabar dapat menentukan proporsi bahan pakan yang memenuhi kebutuhan nutrisi ayam petelur. Namun metode analitik tersebut hanya memiliki satu tujuan yaitu terpenuhinya nutrisi. Metode tersebut juga akan menjadi kompleks ketika kombinasi bahan pakan dan nutrisi yang dipertimbangkan cukup banyak. Sehingga metode tersebut akan sulit dalam menemukan pakan dengan harga yang paling minimal.

Berdasarkan uraian sebelumnya, metode manual sangat tidak efektif dan efisien dalam menentukan proporsi bahan pakan yang memenuhi kebutuhan nutrisi dengan harga yang paling minimal. Sehingga diperlukan suatu metode yang memiliki tujuan dalam meminimalkan harga pakan. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Linear Programming* (LP) yang terkenal dan banyak digunakan untuk meminimalkan biaya formulasi yang memenuhi beberapa kendala nutrisi (Saxena, 2012). LP telah diterapkan di peternakan unggas Nigeria dan sekitar 9% dari biaya produksi dapat diturunkan (Oladokun dan Johnson 2012). Namun, ketika kendala nutrisi tidak dapat dipenuhi, LP tidak dapat memberikan solusi yang layak. Ini memungkinkan hubungan variabel pakan memiliki hubungan yang nonlinear. Sehingga Saxena (2012) menyelidiki pendekatan linear dan nonlinier untuk formulasi pakan untuk produksi susu dan penggemukan. Hasilnya menunjukkan bahwa pendekatan pemrograman nonlinier memberikan hasil yang lebih baik.

Namun metode LP membatasi ruang pencarian dimana setiap nutrisi pakan harus memenuhi batasan-batasan kebutuhan nutrisi sehingga solusi yang mendekati terpenuhinya kendala nutrisi atau dengan penalti mendekati nol akan

sukar didapatkan. Pendekatan komputasi evolusioner seperti Algoritme Genetika (GA) memberikan keuntungan lebih atas pemrograman nonlinier standar yang dapat menemukan solusi optimum global dengan cepat dalam masalah optimasi yang kompleks. GA telah diterapkan untuk menyusun formulasi diet hewan dalam penelitian yang dilakukan oleh Şahman et al. (2009). Namun, dalam penelitian tersebut GA mengalami kesulitan dalam menemukan formulasi yang optimum untuk unggas. Studi lain yang dilakukan oleh Rahman et al. (2015), mereka mengusulkan model evolusi yang menggunakan *roulette-wheel selection*, *average crossover*, *power mutation* dan *power heuristic* untuk memperbaiki formulasi yang tidak layak. Percobaan mereka menghasilkan *penalty* dan standar deviasi yang tinggi terhadap formulasi yang dihasilkan untuk budidaya perairan.

Penyelesaian masalah optimasi pakan ternak dengan pendekatan GA memerlukan proses *crossover*, mutasi dan seleksi pada tiap generasi/iterasi-nya. Masing-masing individu diharuskan melalui tahapan proses tersebut untuk bisa menghasilkan solusi yang lebih baik dari generasi sebelumnya. Selain itu, GA pada awalnya (*classical GA*) dirancang untuk menyelesaikan masalah optimasi dalam representasi solusi biner yang dikodekan dalam bilangan 1 atau 0 (McCall, 2005). Dalam formulasi pakan ternak, solusi formula yang dihasilkan berupa komposisi baik dalam bentuk berat pakan atau proporsi berupa persentase pada tiap-tiap bahan pakan. Sehingga metode yang dirancang untuk menyelesaikan permasalahan optimasi dalam bilangan riil seperti *Particle Swarm Optimization* (PSO) dengan persamaan yang sederhana tanpa melibatkan proses yang ada pada GA menjadi suatu metode yang menjanjikan untuk diterapkan pada permasalahan optimasi komposisi pakan ternak.

Pada penerapannya, formulasi diet hewan yang dihasilkan dari PSO lebih unggul dibandingkan dengan *real-coded GA* dan LP dalam studi yang dilakukan oleh Altun dan Şahman (2011). PSO dapat memberikan solusi yang lebih cepat dibandingkan dengan GA yang sebanding untuk optimasi diet sapi, domba dan kelinci. PSO dan GA dapat memberikan solusi jika solusi yang layak tidak dapat ditemukan. Penelitian lain yang dilakukan oleh Xu (2016), PSO digunakan untuk mencari variabel optimum untuk diet unggas. 12 nutrisi harus dipenuhi dengan nilai yang tepat. Studi ini menunjukkan bahwa PSO dapat memberikan solusi yang layak.

Namun, kinerja algoritme meta-heuristik seperti PSO untuk masalah formulasi pakan sangat tergantung pada kelas hewan dan pilihan bahan pakan. Selain itu, parameter yang ada pada PSO sangat sensitif terhadap objek masalah (Van Den Bergh dan Engelbrecht 2006). Sedangkan, permasalahan optimasi pakan ternak, kompleksitas permasalahan sangat tergantung dari bahan pakan. Suatu solusi yang layak mungkin dapat dihasilkan dengan bahan pakan tertentu namun ketika bahan pakan diganti, belum tentu solusi yang layak yang memenuhi semua kebutuhan nutrisi dapat ditemukan kembali. Sehingga, kontrol parameter PSO terhadap kombinasi bahan pakan yang berbeda menjadi penting untuk diinvestigasi.

Selain itu asam amino adalah nutrisi penting untuk diseimbangkan dalam formulasi diet unggas dan banyak model matematis yang tidak melibatkan keseimbangan asam amino. Dengan seimbangannya asam amino, kandungan nutrisi asam amino yang dapat diserap dalam suatu pakan dapat diketahui dan menjadi pertimbangan dalam kebutuhan nutrisi ayam petelur.

Kompleksitas optimasi pakan ternak akan meningkat dengan mempertimbangkan kebutuhan nutrisi, keseimbangan asam amino, batasan komposisi bahan pakan, dan harga secara simultan. Seiring dengan peningkatan kompleksitas tersebut, PSO sangat mudah terjebak dalam nilai optimum lokal yang menyebabkan konvergensi dini pada masalah yang kompleks (Qin *et al.*, 2015) dan masalah dengan dimensi yang tinggi (Arasomwan dan Adewumi 2014). Selain itu, kurangnya keberagaman pada *swarm* juga dapat menyebabkan konvergensi dini (Tan *et al.*, 2015). Hal ini disebabkan, partikel dalam *swarm* akan tertarik satu sama lain menuju komponen kognitif dan sosial-nya. Sehingga, partikel terbaik dipengaruhi oleh keberagaman *swarm*. Jika pertukaran informasi antara partikel sangat cepat, hal tersebut akan mengurangi keberagaman *swarm* sehingga menyebabkan konvergensi dini.

Untuk mencegah konvergensi dini pada PSO dan untuk dapat menyelesaikan masalah yang kompleks, keberagaman pada partikel di suatu *swarm* dapat ditingkatkan. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah melalui *multi-swarm*. Dengan meningkatnya keberagaman, PSO dapat menghasilkan solusi yang lebih baik, lebih stabil dan dapat mencegah konvergensi dini. Beberapa peneliti seperti Liang dan Suganthan (2005), Lai dan Tan (2012), dan Peng *et al.* (2014) telah mengembangkan teknik *multi-swarm* dan menunjukkan hasil yang lebih baik. Oleh sebab itu, algoritme berbasis *swarm intelligence* yaitu PSO dengan *multi-swarm* menjadi suatu teknik yang menjanjikan dalam meningkatkan kinerja PSO.

Selain itu, komunikasi antar partikel didalam suatu *swarm* hanya melalui partikel global terbaik. Tidak ada komunikasi antar partikel secara langsung. Sehingga jika terdapat komunikasi antar partikel, hal ini dimungkinkan dapat meningkatkan kinerja PSO karena informasi yang didapatkan tidak terikat hanya pada partikel global terbaik saja. Komunikasi antar partikel dapat diterapkan dengan metode biseksi dimana akar suatu permasalahan atau optimum global dijamin ditemukan jika terdapat nilai optimum diantara dua partikel tersebut.

Berdasarkan permasalahan pada uraian sebelumnya, penelitian ini menekankan pada peningkatan kinerja PSO melalui hibridisasi antar *swarm* (*multi-swarm*) dan komunikasi antar dua partikel melalui metode biseksi. Hibridisasi PSO tersebut diterapkan dengan melibatkan kebutuhan nutrisi, keseimbangan asam amino, batasan maksimum komposisi, dan harga untuk dapat menemukan komposisi yang optimal dimana komposisi tersebut memenuhi semua kendala dengan harga yang lebih rendah. Selain itu, parameter pada hibridisasi PSO tersebut dianalisa untuk dapat ditarik kesimpulan terkait parameter yang terbaik lalu dikomparasikan dengan algoritme lain yang telah diterapkan untuk optimasi pakan ternak.

## 1.2 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian dapat dijabarkan sebagai berikut :

- H1 : Kualitas solusi dapat ditingkatkan seiring dengan peningkatan jumlah *sub-swarm*.
- H2 : Jumlah *swarm size* dan iterasi yang optimum sangat dipengaruhi oleh kombinasi bahan pakan.
- H3 : Dengan meningkatkan keberagaman partikel pada hibridisasi PSO melalui *multi-swarm* dan komunikasi antar partikel melalui biseksi, hibridisasi PSO mampu menghasilkan solusi yang lebih baik dibandingkan dengan algoritme genetika, *particle swarm optimization*, dan hibridisasi algoritme genetika adaptif dengan *simulated annealing*.

## 1.3 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang dapat dijabarkan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana model matematis untuk menyelesaikan masalah formulasi pakan ayam petelur ?
2. Bagaimana representasi solusi pada partikel untuk formulasi pakan ayam petelur ?
3. Bagaimana penerapan model PSO untuk menyelesaikan masalah formulasi pakan ayam petelur ?
4. Bagaimana model hibridisasi PSO untuk menyelesaikan masalah formulasi pakan ayam petelur ?
5. Bagaimana pengaruh jumlah *sub-swarm* dari model hibridisasi PSO terhadap solusi yang dihasilkan ?
6. Bagaimana jumlah *swarm size* dan iterasi yang optimal dari model hibridisasi PSO ?
7. Bagaimana parameter maksimum probabilitas biseksi, koefisien akselerasi, dan *inertia weight* yang optimal dari model hibridisasi PSO ?
8. Bagaimana tingkat kualitas solusi yang dihasilkan oleh hibridisasi PSO dibandingkan dengan algoritme genetika, *particle swarm optimization*, dan hibridisasi algoritme genetika adaptif dengan *simulated annealing* ?

## 1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari tesis ini antara lain :

1. Memodelkan masalah optimasi formulasi pakan ayam petelur kedalam model matematis yang mempertimbangkan kebutuhan zat makanan dan keseimbangan asam amino.
2. Merancang representasi partikel untuk masalah optimasi pakan ayam petelur berdasarkan model matematis yang telah dimodelkan.
3. Penerapan PSO dalam menyelesaikan masalah optimasi pakan ayam petelur berdasarkan representasi partikel yang telah dirancang.
4. Merancang model hibridisasi PSO dengan *multi-swarm* untuk optimasi formulasi pakan ayam pentelur.
5. Mengetahui pengaruh jumlah *sub-swarm* terhadap solusi yang dihasilkan dari model hibridisasi PSO.
6. Menentukan jumlah *swarm size* dan iterasi yang optimal dari model hibridisasi PSO.
7. Menentukan parameter yang optimal dari model hibridisasi PSO.
8. Munguji tingkat kualitas solusi yang dihasilkan oleh hibridisasi PSO dibandingkan dengan algoritme genetika, *particle swarm optimization*, dan hibridisasi algoritme genetika adaptif dengan *simulated annealing*.

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan pengetahuan tentang bagaimana model hibridisasi PSO yang efektif meliputi *multi-swarm* untuk menghemat biaya produksi melalui komposisi pakan yang memenuhi kebutuhan ayam petelur dan seimbangnya asam amino.
2. Menjadi referensi para pengembang aplikasi terhadap parameter yang optimal dari model hibridisasi PSO yang dikembangkan untuk optimasi pakan ayam petelur.

## 1.6 Batasan masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Nilai nutrisi pakan diasumsikan tetap dan tidak terinterfensi oleh lingkungan luar berdasarkan standar yang ada.
2. Nutrisi yang dipertimbangkan antara lain energi metabolisme, protein kasar, lemak kasar, serat kasar, kalsium, *phosphorus*, natrium, *potassium*, *chlorine*, *manganes*, *zinc* dan asam amino yang terdiri dari *arginine*, *cystine*, *glycine*, *histidine*, *isoluecine*, *leucine*, *lysine*, *methionine*, *phenylalanine*, *threonine*, *tryptophan*, *tyrosine*, dan *valine*.
3. Kebutuhan nutrisi dari ayam petelur ditentukan berdasarkan Standar *National Research Council* (1994).

4. Algoritme optimasi yang digunakan terbatas pada PSO standar dan hibridisasi PSO dengan metode biseksi.

## **1.7 Sistematika Pembahasan**

Keseluruhan penelitian ini dibahas secara sistematis berdasarkan bab yang disusun sebagai berikut :

### **BAB 1 Pendahuluan**

Berisi gambaran umum tentang penelitian yang akan diajukan yang meliputi : latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika pembahasan.

### **BAB 2 Landasan Kepustakaan**

Membahas penelitian terkait tentang optimasi pakan hewan ternak seperti algoritme genetika, *evolution strategies*, PSO dan pendekatan hibridisasi. Bab ini juga membahas teori tentang metode biseksi dan PSO beserta teknik *multi-swarm* yang telah dikembangkan oleh beberapa penelitian.

### **BAB 3 Metodologi**

Berisi tahapan penelitian yang meliputi review literatur, permodelan matematis, perancangan, implementasi, analisis, kesimpulan dan saran. Bab ini juga membahas gambaran umum model hibridisasi PSO untuk penyelesaian masalah optimasi ransum ayam petelur.

### **BAB 4 Perancangan**

Berisi perancangan yang diajukan yang terdiri dari model matematis, representasi partikel, inisialisasi partikel, fungsi *fitness*, model hibridisasi, rancangan validasi, dan rancangan antar muka aplikasi *mobile*.

### **BAB 5 Hasil dan Pembahasan**

Berisi hasil implementasi dari perancangan pengujian dan pembahasan hasil pengujian tersebut. Serta hasil implementasi antarmuka.

### **BAB 6 Penutup**

Berisi kesimpulan dari hasil dan pembahasan pengujian yang didapatkan untuk optimasi ransum ayam petelur serta potensi penelitian selanjutnya.