

Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah Menggunakan Algoritma Genetika

Dewi Maida Safitri¹, Imam Cholissodin, S.Si, M.Kom², Edy Santoso, S.Si, M.Kom³

Program Studi Informatika/Illmu Komputer

Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Brawijaya, Malang 65145, Indonesia

Email: ¹dewimayy@gmail.com, ²imamcs@ub.ac.id, ³edy144@ub.ac.id

Abstrak

Pemberian komposisi pakan sapi yang tepat sangatlah penting dalam hal pemenuhan gizi sapi maupun dalam hal produksi. Namun harga bahan pakan sapi selalu menjadi kendala utama bagi peternak untuk memberikan komposisi yang tepat. Biaya pakan yang besar dan hasil produksi yang tidak sebanding merupakan permasalahan yang dialami sebagian besar peternak. Untuk meningkatkan pendapatan, biaya pakan harus dibuat sekecil mungkin namun bisa menghasilkan produksi susu yang sebanyak mungkin. Untuk mewujudkan tujuan tersebut digunakan algoritma genetika untuk membantu proses optimasi terhadap komposisi pakan sapi perah. Algoritma genetika telah terbukti dapat memberikan solusi yang mendekati optimal.

Representasi kromosom yang digunakan adalah *real code* dengan panjang kromosom sesuai dengan banyaknya jenis pakan, dimana setiap gen dalam kromosom bertindak sebagai bobot dari jenis pakan tersebut. Metode *crossover* yang digunakan adalah *extended intermediate crossover*, sedangkan metode mutasi yang digunakan adalah *random mutation* dan metode seleksi yang digunakan yakni *elitism selection*. Berdasarkan hasil pengujian terhadap parameter algoritma, didapatkan nilai popsize 220, banyak generasi 1000, nilai *crossover rate* 0.6, nilai *mutation rate* 0.4, dan interval bobot gen adalah [1:80]. Parameter hasil pengujian tersebut akan digunakan untuk komputasi algoritma genetika. Hasil keluaran dari sistem adalah komposisi pakan dengan masing-masing bobotnya serta total harga dan estimasi pertambahan produksi yang dapat dihasilkan dari komposisi pakan tersebut.

Kata kunci: algoritma genetika, optimasi pakan sapi perah

Abstract

Giving proper dairy cattle feed composition is important to fulfill the requirement nutritions of dairy cattle or to maximize milk production. But the price of the feed ingredients has always been a major obstacle for farmer to provide the exact composition. High feed cost which not comparable with the production result is the problem experienced by most farmers. In order to increase the revenue, the cost of feed should be made as small as possible but still can produce milk as much as possible. To realize these goals, genetic algorithm is used to assist the optimization of dairy cows feed composition. Genetic algorithm have proven can provide near optimal solution.

The chromosome representation used in this research is real coded representation with the length of the chromosome is the number of types of feed, where every gene in chromosome acts as the weight of the feed types. The crossover method used is extended intermediate crossover, whereas the mutation method used is random mutation and the selection used is elitism selection. Based on the test results of the algorithm parameters, near optimal value of popsize is 220, the number of generation is 1000, crossover rate is 0.6, mutation rate is 0.4, and the weight interval is [1:80]. The parameter from the test result will be used for computing of the genetic algorithm. The output of the system is the feed composition with their respective weights as well as the total cost and the estimated incremental production that could be generated from the feed composition.

Keyword : genetic algorithm, dairy cattle feed composition

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyaknya kandungan nutrisi dan manfaat yang bisa didapat dari susu meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya mengkonsumsi susu. Hal ini mengakibatkan meningkatnya angka permintaan susu di Indonesia. Namun meningkatnya permintaan susu ini tidak diimbangi dengan produksi yang ada. Dalam periode tahun 2002 hingga 2007 angka permintaan susu naik mencapai 14,01% sedangkan sektor produksi susu hanya

mengalami peningkatan tidak lebih dari 2% di periode yang sama. Impor susu yang dilakukan Indonesia semakin mendukung bahwa produksi susu di Indonesia belum bisa memenuhi kebutuhan susu nasional (Farid & Sukei, 2011).

Permasalahan utama yang dihadapi peternak dalam memproduksi susu yakni ketersediaan pakan. Terbatasnya lahan menjadikan peternak semakin susah untuk memproduksi sendiri hijauan bagi ternaknya. Ditambah lagi dengan naiknya harga bahan baku pakan yang berdampak pada naiknya harga konsentrat (Mansyur, et al., 2008). Untung

ruginya yang dialami peternak sering kali dipengaruhi oleh cara pemberian pakan yang digunakan. Tak jarang para peternak memberikan pakan mahal dengan tujuan menambah nutrisi namun ternyata tidak menambah produksi (Miller, 1979). Untuk itu peternak harus pintar-pintar meramu komposisi pakan yang tepat.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Fakhroh (2015) yang juga membahas tentang optimasi terhadap komposisi pakan sapi perah, akan dibangun sistem untuk mengoptimasi pakan sapi perah dengan menekankan pada aspek produksi susu. Penelitian ini tidak hanya akan menentukan komposisi pakan untuk pemenuhan gizi sapi saja, namun juga menitik beratkan pada nutrisi yang dibutuhkan untuk meningkatkan produksi susu dengan biaya pakan seminimal mungkin. Penelitian ini akan dibangun menggunakan algoritma genetika karena dalam penelitian-penelitian sebelumnya algoritma genetika mampu memberikan solusi yang hampir mendekati optimal dalam hal optimasi komposisi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah yang didapat adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengimplementasikan algoritma genetika dalam mengoptimasi komposisi pakan yang tepat untuk sapi perah?
2. Bagaimana menentukan parameter algoritma genetika yang tepat untuk mendapatkan komposisi pakan sapi perah yang baik?
3. Bagaimana kualitas solusi yang dihasilkan oleh algoritma genetika?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dengan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengimplementasikan algoritma genetika untuk mengoptimasi komposisi pakan yang tepat bagi sapi perah.
2. Menentukan parameter algoritma genetika yang tepat untuk mendapatkan komposisi pakan sapi perah yang baik.
3. Mengetahui kualitas solusi yang dihasilkan oleh algoritma genetika.

1.4 Batasan Masalah

Batasan permasalahan yang akan diterapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Data sapi dan pakan yang digunakan pada penelitian ini adalah data yang diperoleh dari peternak sapi perah di kota Batu dan KUD Batu.
2. Penentuan komposisi pakan sapi didasarkan pada berat sapi, kandungan lemak sapi, dan rata-rata produksi susu per ekor per hari.
3. Dalam penelitian ini terdapat 10 jenis pakan sapi perah yang akan dioptimasi.

2. LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Kebutuhan Nutrisi Sapi Perah

Dalam menghitung kebutuhan nutrisi tersebut, peternak harus memperhatikan efisiensi setiap nutrisi yang akan digunakan untuk setiap aktivitas yang berbeda. Jumlah nutrisi yang dibutuhkan dibangun berdasarkan jenis aktivitasnya yang meliputi pemeliharaan, pertumbuhan/penggemukan, memproduksi susu, reproduksi, dan bekerja (seperti berjalan, dan lain-lain). Setiap ekor sapi memiliki kebutuhan pemeliharaan, sedangkan aktivitas lainnya bergantung pada situasi sapi itu sendiri. Sebagian besar pakan yang diberikan pada ternak sapi akan diubah menjadi energi. Setiap kegiatan, proses, maupun reaksi biokimia pada tubuh sapi membutuhkan energi terlepas kondisi sapi sedang dalam kondisi laktasi maupun kering (Miller, 1979).

2.2 Kebutuhan Bahan Kering

Konsumsi bahan kering setiap ekor sapi dapat dihitung dengan menggunakan nilai 4% FCM kemudian membandingkan nilai tersebut dengan tabel panduan bahan kering (Council, 1978). Formula Gaines mengenai 4% FCM (*Fat Corrected Milk*) telah digunakan lebih dari 70 tahun. Formula ini digunakan untuk menyamakan hasil susu dalam energi dasar. Formula Gaines didasarkan pada asumsi bahwa konsentrasi NE_L pada susu yang mengandung 4% lemak adalah 0.749 Mcal/kg dan energi pada susu dengan lemak dibawah 3% tidak akan dihitung.

2.3 Energi

Energi yang biasanya dibutuhkan seekor sapi yakni meliputi energi untuk pertumbuhan dan energi untuk produksi. Menurut NRC (1978) satuan energi yang paling sering digunakan adalah Total Digestible Nutrient (TDN). Penggunaan TDN sering digunakan karena sebegini besar data yang tersedia baik data kebutuhan nutrisi sapi perah maupun data ketersediaan nutrisi pakan adalah data TDN (Council, 1978). Karena energi yang digunakan untuk pemeliharaan dan produksi pada sapi perah hampir sama, maka kebutuhan energi pada sapi perah dapat dihitung menggunakan satu sistem net energy saja yakni NE_L baik untuk energi pemeliharaan maupun produksi (Council, 1978).

2.4 Algoritma Genetika

Algoritma genetika menjadi metode yang cukup populer dalam evolusi komputasi yang seringnya digunakan untuk menyelesaikan masalah dalam hal pencarian hasil optimal atau mendekati optimal dengan rentang pencarian yang cukup besar. Algoritma genetika menerapkan konsep dari prinsip biologi dalam mensimulasikan proses evolusi di lingkungan atau dengan kata lain seleksi alam (Fanjiang & Syu, 2014).

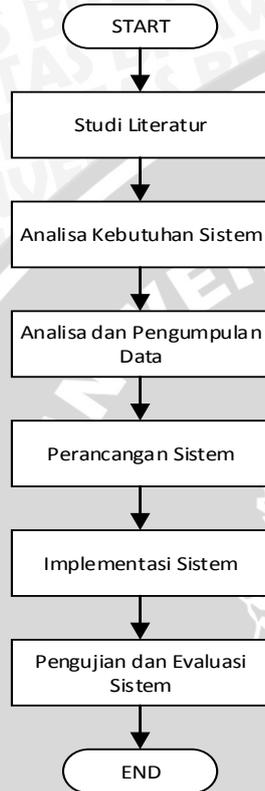
Algoritma genetika memiliki beberapa fitur penting. Pertama algoritma genetika merupakan algoritma stokastik yang berarti elemen utama dalam algoritma tersebut adalah pengacakan. Baik proses reproduksi dan seleksi dalam algoritma genetika memerlukan prosedur pengacakan. Kedua algoritma genetika selalu memberikan sekumpulan solusi

dalam sebuah populasi. Algoritma genetika dapat mengkombinasikan beberapa solusi yang berbeda untuk mendapatkan solusi yang lebih baik (Sivanandam & Deepa, 2008).

3. METODOLOGI

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan metodologi penelitian pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



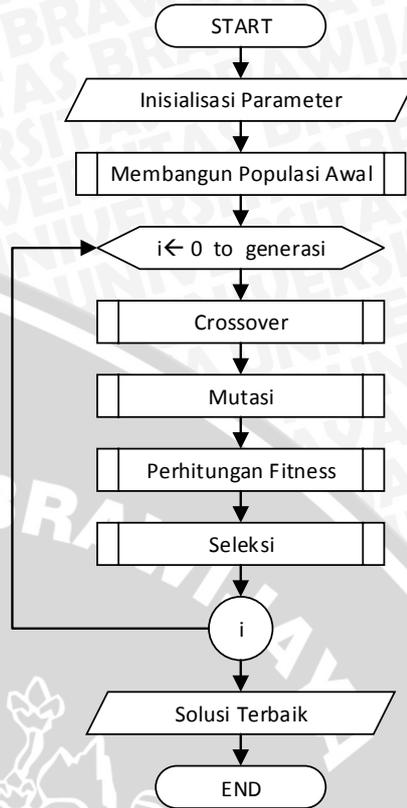
3.2 Analisa dan Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini diambil dari beberapa sumber. Data-data ini nantinya 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 pemberian pakan harian dan produksi susu sapi harian dari 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 data kandungan nutrisi pakan dari NRC 2001 dan Fakultas Peternakan

3.3 Perancangan Sistem

Dalam satu siklus algoritma genetika terdapat lima proses utama untuk membentuk satu generasi baru. alur penyelesaian dengan algoritma genetika dapat dilihat pada gambar 3.2.



Secara umum proses penyelesaian menggunakan algoritma genetika dimulai dari inisialisasi parameter meliputi nilai posize, banyak generasi, nilai cr dan mr. Setelah itu membangun populasi awal dengan kromosom sejumlah popsize. Kemudian melakukan proses *crossover* dan mutasi yang banyak offspringnya akan ditentukan oleh nilai *crossover* dan mutation rate. Setelah proses reproduksi dilakukan perhitungan fitnes baik dalam populasi parent maupun offspring. Setelah itu barulah dilakukan proses seleksi terhadap seluruh populasi.

Proses perhitungan fitnes dilakukan dengan melakukan perhitungan terhadap kebutuhan nutrisi sapi perah terlebih dahulu, kemudian hitung kandungan nutrisi dari komposisi pakan. Setelah itu dihitung nilai penalty dimana nilai penalty berlaku jika kandungan nutrisi pakan tidak memenuhi kebutuhan nutrisi sapi. Perhitungan harga dilakukan dengan mengalikan bobot pakan dengan harga pakan per kilogram. Perhitungan nilai fitnes dilakukan dengan persamaan

$$Fitnes = produksi + \frac{1}{harga} + \frac{1}{penalty+1} \quad (1)$$

dimana nilai produksi dihitung dari kelebihan nutrisi yang dibagi dengan kebutuhan produksi sapi.

4. IMPLEMENTASI

Implementasi antarmuka merupakan realisasi dari rancangan antarmuka yang telah dibuat sebelumnya. Antarmuka sistem optimasi komposisi pakan sapi perah ini terdiri dari antarmuka halaman input data dan antarmuka halaman hasil optimasi.

Halaman input data merupakan halaman utama dalam sistem ini. Dalam halaman ini user menginputkan semua data yang dibutuhkan mulai dari data sapi dan data pakan. Pada halaman ini pula dilakukan input data untuk parameter algoritma genetika mulai dari interval gen, nilai popsize, jumlah generasi, dan nilai cr dan mr. Hasil implementasi antarmuka halaman input data dapat dilihat pada gambar 4.1.



Halaman hasil optimasi merupakan halaman kedua dalam sistem ini. Dimana dalam halaman ini akan menampilkan individu terbaik dari setiap generasi. Pada halaman ini juga menampilkan hasil akhir komposisi pakan, estimasi pertambahan produksi, dan juga total harga pakan. Implementasi halaman hasil optimasi dapat dilihat pada gambar 4.2.



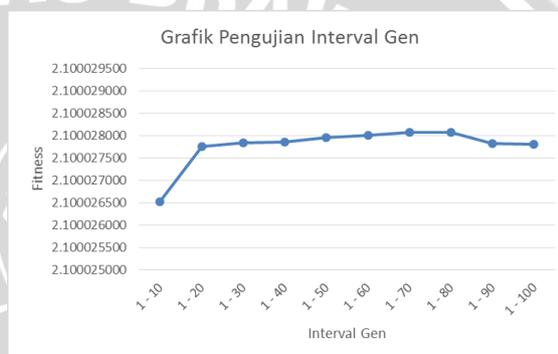
5. PENGUJIAN DAN ANALISIS

5.1 Pengujian Interval Gen

Interval gen yang diuji dimulai dari range [1:10] hingga [1:100] dengan interval 10. Nilai *interval gen* yang terbaik akan diambil dari rata-rata *fitness* terbaik dari 10 percobaan pengujian yang dilakukan. Setiap percobaan akan dibangkitkan kromosom baru secara random

Interval Gen	Fitness Pada Percobaan ke - i			Rata-rata
	1	2	10	
1-10	2.1000 268	2.1000 267	2.1000 265	2.100026 529
1-20	2.1000 272	2.1000 282	2.1000 281	2.100027 756

1-30	2.1000 277	2.1000 269	2.1000 278	2.100027 842
1-40	2.1000 274	2.1000 283	2.1000 282	2.100027 861
1-50	2.1000 273	2.1000 281	2.1000 280	2.100027 963
1-60	2.1000 285	2.1000 271	2.1000 284	2.100028 000
1-70	2.1000 280	2.1000 272	2.1000 278	2.100028 080
1-80	2.1000 274	2.1000 278	2.1000 284	2.100028 081
1-90	2.1000 271	2.1000 273	2.1000 283	2.100027 817
1-100	2.1000 282	2.1000 280	2.1000 273	2.100027 804



Dari grafik hasil pengujian pada Gambar 6.1 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan yang cukup signifikan dari interval [1:10] menuju [1:20]. Selanjutnya grafik terus menunjukkan kestabilan nilai *fitness* hingga interval [1:80] walaupun terjadi penurunan nilai *fitness* yang sangat kecil hingga interval [1:100]. Dari hal tersebut bisa disimpulkan bahwa *interval gen* yang kecil akan membentuk kromosom dengan bobot pakan yang kecil pula. Sedangkan bobot yang kecil cenderung tidak bisa memenuhi kebutuhan nutrisi sapi perah. Sebaliknya nilai *interval gen* yang besar akan memberikan range pencarian gen yang besar untuk memenuhi kebutuhan nutrisi sapi perah. Dari grafik hasil pengujian dapat dilihat bahwa *interval gen* yang mendekati optimal yakni [1:80] dengan nilai *fitness* tertinggi 2.100028081.

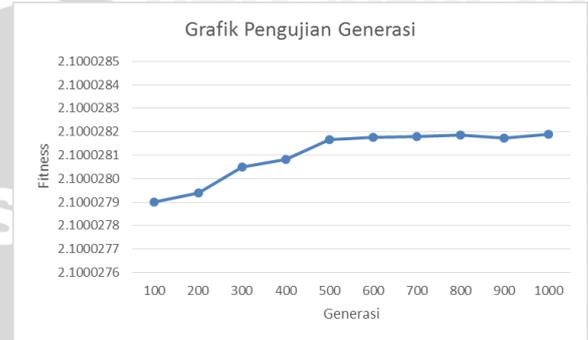
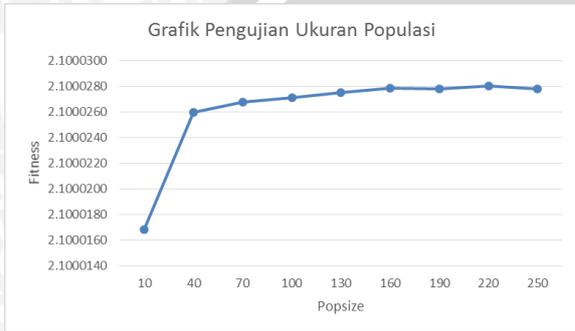
5.2 Pengujian Ukuran Populasi

Ukuran populasi juga menentukan jumlah *child* yang terbentuk. Ukuran populasi yang diuji dimulai dari 10 hingga 250 dengan interval 30. Nilai ukuran populasi yang terbaik akan diambil dari rata-rata *fitness* terbaik dari 10 percobaan pengujian yang dilakukan. Setiap percobaan akan dibangkitkan individu baru secara *random*.

Pop size	Fitness Pada Percobaan ke -			Rata-rata
	1	2	10	
10	2.1000 16	2.1000 20	2.1000 26	2.10001 68
40	2.1000 25	2.1000 27	2.1000 25	2.10002 59

70	2.1000 25	2.1000 26	2.1000 27	2.10002 68
100	2.1000 28	2.1000 27	2.1000 27	2.10002 71
130	2.1000 27	2.1000 27	2.1000 27	2.10002 75
160	2.1000 28	2.1000 27	2.1000 28	2.10002 78
190	2.1000 28	2.1000 27	2.1000 28	2.10002 78
220	2.1000 28	2.1000 28	2.1000 28	2.10002 80
250	2.1000 27	2.1000 28	2.1000 28	2.10002 78

700	2.1000 281	2.1000 282	2.1000 272	2.10002 818
800	2.1000 280	2.1000 280	2.1000 284	2.10002 818
900	2.1000 285	2.1000 285	2.1000 282	2.10002 817
1000	2.1000 283	2.1000 283	2.1000 278	2.10002 819



Grafik hasil uji ukuran populasi menyatakan bahwa ukuran populasi 220 memiliki fitness terbesar diantara nilai populasi lainnya yakni dengan fitness 2.1000280. Terjadi peningkatan yang cukup signifikan pada ukuran populasi 40, namun pada nilai 40 hingga 250 sudah menunjukkan kestabilan nilai fitness walaupun masih mengalami peningkatan dan penurunan yang cukup kecil. Nilai ukuran populasi yang besar akan memang akan meningkatkan eksplorasi algoritma genetika dalam mencari permasalahan, namun nilai populasi yang besar juga akan memperlambat waktu komputasi (Mahmudy, 2013).

5.3 Pengujian Banyak Generasi

Banyaknya generasi yang diuji dimulai dari 100 hingga 1000 dengan interval 100. Banyaknya generasi yang terbaik akan diambil dari rata-rata fitness terbaik dari 10 percobaan pengujian yang dilakukan. Setiap percobaan akan dibangkitkan kromosom baru secara random

Gene- rasi	Fitness Pada Percobaan ke -				Rata- rata
	1	2	.	10	
100	2.1000 283	2.1000 268	2.1000 272	2.10002 790	
200	2.1000 279	2.1000 270	2.1000 282	2.10002 794	
300	2.1000 276	2.1000 279	2.1000 283	2.10002 805	
400	2.1000 281	2.1000 283	2.1000 277	2.10002 808	
500	2.1000 279	2.1000 282	2.1000 280	2.10002 817	
600	2.1000 285	2.1000 278	2.1000 283	2.10002 817	

Dari grafik hasil pengujian banyak generasi menunjukkan terjadi peningkatan dan penurunan yang cukup signifikan. Pada generasi 100 hingga 500 terjadi kenaikan karena seiring bertambahnya nilai generasi maka akan memperluas ruang pencarian solusi. Kemudian nilai fitness cenderung stabil hingga generasi 1000 walaupun terdapat sedikit kenaikan dan penurunan. Dari grafik hasil uji jumlah generasi menunjukkan bahwa nilai generasi 1000 adalah yang mendekati optimal dengan nilai fitness tertinggi yakni 2.10002819.

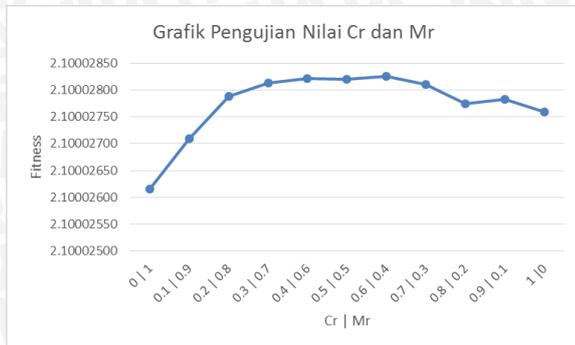
5.4 Pengujian Nilai Cr dan Mr

Nilai cr dan mr yang diuji dimulai dari 0 hingga 1. Nilai kombinasi cr dan mr yang terbaik akan diambil dari rata-rata fitness terbaik dari 10 percobaan pengujian yang dilakukan. Setiap percobaan akan dibangkitkan kromosom baru secara random.

cr mr	Fitness Pada Percobaan ke -				Rata-rata
	1	2	.	10	
0 1	2.10002 72	2.10002 78	2.10002 49	2.10002 615	
0.1 0	2.10002 85	2.10002 76	2.10002 62	2.10002 710	
0.2 0	2.10002 73	2.10002 83	2.10002 82	2.10002 788	
0.3 0	2.10002 85	2.10002 84	2.10002 76	2.10002 813	
0.4 0	2.10002 83	2.10002 85	2.10002 85	2.10002 821	
0.5 0	2.10002 82	2.10002 85	2.10002 85	2.10002 819	
0.6 0	2.10002 82	2.10002 83	2.10002 85	2.10002 826	
0.7 0	2.10002 85	2.10002 82	2.10002 82	2.10002 811	
0.8 0	2.10002 67	2.10002 75	2.10002 82	2.10002 774	
0.9 0	2.10002	2.10002	2.10002	2.10002	



.1	79	85		73	782
1 0	2.10002 80	2.10002 76		2.10002 77	2.10002 759



Dari grafik hasil pengujian dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan pada kombinasi nilai *cr* dan *mr* 0,1 hingga 0,3,0,7 kemudian nilai fitness mengalami kestabilan walaupun terjadi sedikit kenaikan dan penurunan. Kemudian terjadi penurunan nilai fitness pada kombinasi nilai *cr* 0.7 dan *mr* 0.3. Dari penurunan tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai *cr* dan *mr* sangat berpengaruh terhadap pencarian solusi. Sedangkan untuk mendapatkan solusi yang mendekati optimal keseimbangan nilai *cr* dan *mr* sangat penting untuk eksplorasi dan eksploitasi solusi. Nilai *crossover rate* yang rendah dan mutasi yang tinggi memang tidak akan mempengaruhi eksplorasi solusi, namun hal tersebut akan menyebabkan algoritma tidak bisa 'belajar' dari generasi sebelumnya. Akibatnya algoritma akan kesulitan dalam mengeksplorasi ruang pencarian solusi (Mahmudy, 2013).

Ketidakseimbangan juga akan terjadi jika nilai *crossover rate* yang tinggi dan *mutation rate* yang rendah. Nilai *crossover rate* yang tinggi akan menyebabkan *offspring* yang dihasilkan cenderung memiliki kemiripan kromosom yang tinggi dengan induknya sehingga algoritma kesulitan dalam melakukan eksplorasi dalam ruang pencarian solusi (Mahmudy, 2013). Dari grafik hasil pengujian terlihat bahwa nilai kombinasi yang paling optimal yakni *cr* 0.6 dan *mr* 0.4 yang ditunjukkan dengan nilai *fitness* tertinggi yakni 2.10002826.

6. PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan berdasarkan hasil pengujian serta analisis terhadap sistem optimasi komposisi pakan sapi perah menggunakan algoritma genetika dapat disimpulkan beberapa hal yakni sebagai berikut :

1. Algoritma genetika dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi komposisi pakan. Dengan representasi kromosom *real code*, hasil komposisi pakan yang dihasilkan mampu menekan biaya pakan dibandingkan biaya yang biasa dikeluarkan oleh peternak. Dari representasi itu pula

didapatkan estimasi pertambahan produksi susu bagi sapi.

2. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap parameter algoritma genetika, penentuan parameter yang tepat sangat mempengaruhi solusi yang dihasilkan. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan parameter algoritma genetika yakni interval gen [1:80], ukuran populasi 220, banyak generasi 1000, nilai *cr* 0.6, dan nilai *mr* 0.4.
3. Dalam mengukur kualitas hasil optimasi menggunakan sistem yang telah dibangun, dilakukan global analisis terkait solusi yang dihasilkan sistem dengan kondisi sebenarnya di lapangan, dalam hal ini peternak di kota Batu. Hasilnya menunjukkan bahwa hasil optimasi sistem dapat mengemat Rp 5875 untuk setiap kali pemberian pakan pada seekor sapi dengan estimasi pertambahan produksi 10% dari produksi sebenarnya.

6.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat dilakukan beberapa pengembangan terhadap objek yang sama, diantaranya :

1. Karena dalam sistem belum ada perhitungan perbandingan antaranya banyaknya pakan hijauan dan konsentrat, maka untuk pengembangannya dapat dimasukkan perbandingan antara pakan hijauan dan konsentrat dalam perhitungan fitnessnya sehingga kromosom pakan yang dihasilkan memiliki perbandingan yang baik antara hijauan dan konsentrat.
2. Karena terdapat beberapa acuan dalam menghitung kebutuhan sapi perah dan setiap metode menghitung dari jenis nutrisi yang berbeda, maka pengembangan dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan dari acuan yang lain. Dan karena bahan pakan yang dioptimasi hanya terdapat 10 bahan pakan, maka dalam pengembangan selanjutnya diharapkan ditambahkan bahan pakan lain sehingga hasilnya lebih bervariasi.
3. Sistem ini hanya dapat menghitung kebutuhan dan memberikan rekomendasi komposisi pakan untuk tiap ekor saja. Sehingga jika diterapkan pada peternakan sapi perah yang berskala besar akan sangat memakan waktu bagi peternak untuk menghitung komposisi pakan setiap ekor sapi. Sehingga dalam pengembangan selanjutnya sistem dapat dibuat agar bisa menghitung komposisi pakan untuk beberapa ekor sapi sekaligus.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Council, N. R., 1978. *Nutrient Requirement of Dairy Cattle Fifth Revised Edition*. 5th penyunt. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.
- Council, N. R., 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle Seventh Revised Edition*. 7th penyunt. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.
- Fakhriroh, D., Mahmudy, W. F. & Indriati, 2015. Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah Menggunakan Algoritma Genetika. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*.
- Fanjiang, Y.-Y. & Syu, Y., 2014. Semantic-based Automatic Service Composition With Functional and Non-functional Requirements in Design time: A Genetic Algorithm Approach. *Information and Software Technology*, Volume 56, pp. 352-373.
- Farid, M. & Sukesu, H., 2011. Pengembangan Susu Segar Dalam Negeri Untuk Pemenuhan Kebutuhan Susu Nasional. *Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan*, 5(2), pp. 196-221.
- Gen, M. & Cheng, R., 2000. *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*. Toronto: A Wiley-Interscience Publication.
- Li, S., Yan, Z., Jian, L. & Xu, J., 2015. *Study on Auto Parts Suppliers Composition Selection Based on Adaptive Genetic Algorithm*. Leicester, IEEE.
- Magalhaes-Mendes, J., 2013. A Comparative Study of Crossover Operators for Genetic Algorithms to Solve the Job Shop Scheduling Problem. *WSEAS Transactions on Computers*, 12(4), pp. 164-173.
- Mahmudy, W. F., 2013. *Algoritma Evolusi*. Malang: s.n.
- Mahmudy, W. F., Marian, R. M. & Luong, L. H. S., 2014. Hybrid Genetic Algorithms for Part Type Selection and Machine Loading Problems with Alternative Production Plans in Flexible Manufacturing System. *ECTI Transactions On Computer And Information Technology*, 8(1), pp. 80-92.
- 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 PTIIK Universitas Brawijaya*, 5(12).
- Miller, W. J., 1979. *Dairy Cattle Feeding and Nutrition*. London: Academic Press.
- Mitchell, M., 1999. *An Introduction To Genetic Algorithm*. 5th penyunt. Massachusetts: The MIT Press.
- 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 Diberikan Pakan Rumput Gajah (Pennisetum Purpureum) Dengan Ukuran Potongan Yang Berbeda*. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Rothlauf, F., 2006. *Representations for Genetic and Evolutionary Algorithms*. 2nd penyunt. Berlin: Springer.
- Sivanandam, S. N. & Deepa, S. N., 2008. *Introduction to Genetic Algorithms*. New York: Springer-Verlag.
- Statistik, B. P., 2015. *Produksi Susu Segar Menurut Provinsi 2009-2015*. [Online] Available at: <http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1083> [Diakses 25 January 2015].
- Wahid, N. & Mahmudy, W. F., 2015. Optimasi Komposisi Makanan Untuk Penderita Koesterol Menggunakan Algoritma Genetika. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, 5(15).
- Wang, L., Shen, J., Luo, J. & Dong, F., 2013. *An Improved Genetic Algorithm for Cost-Effective Data-Intensive Service Composition*. Beijing, IEEE.
- Wijaya, R. B., 2015. *Manajemen Pemberian Pakan Sapi Perah Periode Laktasi Di Koperasi Unit Desa (KUD) Batu*, Malang: Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya.
- Yudhoyono, S. B., 2008. *Peraturan Presiden Republik Indonesia*. Indonesia, Paten No. 28.
- Zhao, Z., Wang, S. & Hong, X., 2015. *A Web Service Composition Method Based on Merging Genetic Algorithm and Ant Colony Algorithm*. Liverpool, IEEE.