

Optimasi Komposisi Pakan Untuk Penggemukkan Sapi Potong Menggunakan Algoritma Genetika

Muhammad Noor Taufiq¹, Candra Dewi², Wayan Firdaus Mahmudy³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹muhammadnoortaufiq.mnt@gmail.com, ²dewi_candra@ub.ac.id, ³wayanfm@ub.ac.id

Abstrak

Salah satu permasalahan yang ada di Indonesia adalah tidak seimbangnya jumlah antara permintaan daging sapi potong dengan jumlah produksi sapi potong lokal. Banyaknya permintaan daging sapi potong ini didasari karena pertambahan jumlah penduduk di Indonesia yang semakin banyak. Hal tersebut menyebabkan negara Indonesia memiliki ketergantungan yang cukup besar untuk mendatangkan sapi impor dari luar negeri agar mampu mencukupi kebutuhan masyarakat Indonesia. Pada penelitian ini mengimplementasikan algoritma genetika untuk membuat campuran ransum yang berkualitas dengan biaya yang terjangkau sehingga mampu meningkatkan jumlah produksi daging sapi potong lokal agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Representasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *real code* yang mana setiap kromosom menginisialisasi bahan pakan yang digunakan. Metode *crossover rate* yang digunakan yaitu *extended intermediate*. Metode mutasi yang digunakan yaitu *random mutation*, dan metode seleksinya menggunakan metode *elitism*. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan parameter optimal yaitu pada populasi 900, generasi 800 serta kombinasi *cr* dan *mr* sebesar 0,9 dan 0 dengan *fitness* sebesar 0,6266. Hasil akhir yang didapatkan berupa komposisi pakan dengan biaya harian yang minimal berdasarkan acuan dari kebutuhan nutrisi sapi potong.

Kata Kunci: algoritma genetika, sapi potong, penggemukkan sapi, komposisi pakan

Abstract

*One of the problems that exist in Indonesia is not share of the number between the demand for beef cattle with the number of local beef cattle production. This caused by the increase in the number of people in Indonesia. It makes Indonesia have large enough dependencies to import cows from abroad to fulfill the need of Indonesian people. This study tries to implement the genetic algorithm to creating a qualified mixed ration at the reasonable cost. This study is expected to be able to increase the number of local beef cattle production to fulfill the need of Indonesian people. The representation used in this study is real code in which each chromosome initialize feed materials which used. The mutation method is the random mutation, and the selection method is elitism. The result of this study found the optimal parameter at 900 population, 800 generation and the combination of *cr* and *mr* as many as 0.9 and 0 with the highest fitness is 0,6266. The result obtained in the form of ration composition recommendation at minimal cost as daily based of the nutritional need of beef cattle.*

Keywords: genetic algorithm, beef cattle, fattening cattle, feed composition

1. PENDAHULUAN

Sapi potong merupakan jenis sapi yang tujuannya adalah untuk diambil dagingnya dan biasanya dikonsumsi oleh masyarakat dalam bentuk aneka masakan karena mengandung gizi dan nutrisi yang banyak. Bisnis ternak sapi pun banyak dilakukan pada masyarakat di pedesaan sebagai usaha sampingan maupun bisnis

utama karena usaha ini sangat prospek dan menjanjikan keuntungan yang cukup besar hingga saat ini. Kegiatan ini juga didukung oleh pertumbuhan penduduk yang mengalami peningkatan setiap tahunnya, melihat angka kelahiran bayi di Indonesia mencapai angka 5 juta pertahunnya (Siswanto, 2013). Dengan demikian permintaan daging sapi ikut meningkat seiring banyaknya acara tahunan yang terjadi

seperti hari besar Idul Adha dan Idul Fitri. Hal inilah yang memicu jenis usaha ternak sapi menjadi salah satu usaha yang sangat diminati karena keuntungannya, terutama para pelaku usaha ternak dalam negeri. Berdasarkan penelitian oleh UGM atau Universitas Gajah Mada bersama Asosiasi Produsen Daging dan *Feedlot* Indonesia atau APFINDO menyatakan pada tahun 2015 kebutuhan daging sapi mencapai jumlah sebanyak 640.000 ton dan mengalami kenaikan sejumlah 8,5 persen dari tahun 2014 yang mana pada tahun sebelumnya hanya berjumlah 590.000 ton (Udin, 2015). Begitu juga dengan populasi ternak di Indonesia yang semakin meningkat tiap tahunnya termasuk di daerah Jawa timur.

Tetapi sayangnya permintaan daging sapi tersebut tidak seimbang dengan jumlah sapi siap potong yang tersedia dari dalam negeri. Oleh karena itu pemerintah melakukan suatu kebijakan berupa sapi impor, yaitu sapi potong yang didatangkan dari luar negeri. Pada tahun 2015 konsumsi daging per kapita 2.56 kg pertahun, yang artinya sebanyak 653.980 ton. Para peternak lokal memasok sapi sebanyak 416.090 ton (64%), atau sejumlah 2.447.000 ekor sapi hidup, sedangkan sisanya adalah sapi impor sebanyak 237.89 ton (36%), atau sejumlah 1.400.000 ekor sapi hidup (Wijayanto, 2015). Kebutuhan daging secara nasional pada tahun 2016 diprediksi akan mengalami peningkatan sebesar 10%. Peningkatan pasokan sapi lokal hanya meningkat sebesar 8%, sedangkan defisit akan diisi melalui sapi impor yang akan mengalami peningkatan sebesar 12%. Untuk jumlah sapi impor akan semakin besar, sebesar 2% dan menjadi 38% (Boediyana, 2015). Ini tentunya akan menjadi dampak buruk kepada para peternak sapi dalam negeri akibat dari ketergantungannya sapi impor yang didatangkan dari luar negeri seperti *feedlot*, Texas. Oleh karena itu kestabilan harga daging sapi sangat dipengaruhi oleh kebijakan pemerintah dalam mengatur pola distribusi daging dan untuk sementara harga daging sapi yang sampai saat ini masih terhitung relatif tinggi. Hal ini sebenarnya dapat dicegah apabila para peternak sapi lokal mau memperbesar jumlah produksi daging sapi agar dapat mencukupi kebutuhan daging sapi dalam negeri, yaitu dengan melakukan program penggemukan sapi.

Berdasarkan permasalahan di atas, peneliti ingin membuat sebuah perhitungan kalkulasi dalam bentuk program yang mampu mengoptimalkan kombinasi-kombinasi pakan

sapi agar dapat membantu para peternak sapi dalam negeri dalam membuat pakan yang berkualitas sehingga dapat menambah bobot sapi dengan biaya pakan yang terjangkau. Selain itu, hal ini juga dilakukan agar komposisi pakan beserta kebutuhan kandungan nutrisi pakan sapi memiliki kualitas yang baik. Diharapkan program ini mampu menghasilkan komposisi pakan yang optimum dengan biaya yang efisien. Sehingga program yang nanti dikembangkan pada penelitian ini dapat menggemukkan bobot sapi dengan komposisi pakan yang telah di optimalkan.

Dan penelitian lain yang menggunakan algoritma genetika yaitu optimasi komposisi pakan sapi potong (Kusuma, et al., 2015). Penelitian ini dilakukan dengan metode yang hampir sama seperti penelitian yang ditulis diatas, yaitu mengkombinasikan antar kromosom yang masing masing terdiri atas nilai pakan yang ingin dikombinasikan. Tetapi parameter yang digunakan hanya 2, yaitu protein kering dan *total nutrient digestible*. Kemudian dilakukan proses crossover menggunakan metode *extended intermediate crossover* dan dimutasikan dengan metode *random mutation*. Setelah kedua hal tersebut diselesaikan kemudian dilakukan proses penyeleksian menggunakan metode seleksi *elitism*. penelitian ini menggunakan data sebanyak 31 buah. Data tersebut berupa jenis bahan pakan sapi beserta kandungan nutrisinya dengan menggunakan representasi *real-code*. Dari hasil penelitian ini didapatkan nilai rata-rata fitness dari 200 individu sebesar 0.4411528, dan juga generasi sebanyak 100 dengan nilai rata-rata fitness sebesar 0.441953 dan kombinasi *cr* 0.5 dan *mr* 0.1 dengan nilai rata-rata fitness sebesar 0.4400628 (Kusuma, et al., 2015).

Kemudian dilanjutkan penelitian dengan objek yang sama dengan penelitian si penulis berupa komposisi pakan ternak sapi potong menggunakan algoritma evolusi (Milah & Mahmudy, 2015). Pada penelitian ini dilakukan dengan tahapan inisialisasi, reproduksi berupa rekombinasi dan mutasi kemudian dilakukan seleksi dengan metode *elitism selection*. Data pakan sapi yang digunakan sebanyak 24 buah dan parameter pakan yang digunakan berupa Kalsium(Ca) dan Fosfor (P). Dalam penelitian ini menghasilkan solusi yang optimal berdasarkan ukuran populasi sebanyak 50, ukuran *offspring* 4, *range* kromosom 0-20 (*real-code*) dan jumlah generasi sebanyak 500. Rata-rata yang diperoleh dari pengujian ini ada berupa

nilai *fitness* tertinggi sebesar 0.998. Hasil akhir ini lah yang direkomendasikan untuk komposisi pakan ternak sapi potong (Milah & Mahmudy, 2015).

Berdasarkan pemaparan dari beberapa referensi yang telah dijelaskan, maka penulis menerapkan Algoritma Genetika untuk menentukan komposisi pakan yang optimum untuk menggemukkan sapi potong dengan menggabungkan parameter-parameter dari kedua penelitian sebelumnya agar mendapatkan kualitas pakan yang lebih baik lagi. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu peternak dalam menerapkan hasil penelitiannya dilapangan untuk mendapatkan komposisi pakan sapi yang tepat dengan biaya yang minimum. Sehingga sapi yang dternakan oleh para peternak mendapatkan kandungan gizi yang sesuai dan keuntungan yang didapatkan jauh lebih menguntungkan.

2. SAPI POTONG

Sapi potong adalah salah satu jenis hewan ternak yang dipelihara dengan tujuan pokoknya sebagai penghasil daging. Sapi potong sering disebut sebagai tipe sapi pedaging. Beberapa ciri-ciri dari sapi pedaging yaitu : memiliki tubuh yang besar, mempunyai badan menyerupai bentuk persegi empat atau balok, kualitas dagingnya maksimum dan mudah untuk dijual, memiliki laju pertumbuhan yang cepat, cepat dalam mencapai fase dewasa dan mampu memberikan efisiensi pakan yang tinggi (Santosa,1995). Sapi potong juga termasuk jenis sapi yang mampu dipelihara khusus untuk proses penggemukkan karena tingkat pertumbuhannya yang cepat dan mempunyai kualitas daging cukup baik. Sapi-sapi tersebut pada umumnya dijadikan sebagai sapi bakalan, kemudian dipelihara secara intensif dalam beberapa bulan kedepan sehingga mendapatkan pertambahan bobot badan yang ideal untuk dipotong (Abidin, 2008).

3. BAHAN PAKAN

Bahan pakan adalah setiap bahan yang dikonsumsi, disukai, mampu untuk dicerna secara menyeluruh atau hanya sebagian saja, tidak mengandung zat yang membahayakan bagi pemakannya dan dapat memberikan manfaat bagi hewan ternaknya. Sapi membutuhkan pakan pada setiap harinya sekitar 10% dari bobot badan hewan ternak itu sendiri, dan sekitar 1-2% dari bobot badannya harus diberikan pakan

tambahan (Udin, 2015). Pakan sapi terdiri dari beberapa jenis yaitu :

3.1. Hijauan

Hijauan adalah salah satu jenis pakan didapatkan secara alamiah, seperti rumput-rumputan. Hijauan terkadang sudah cukup menjadi makanan yang baik bagi pertumbuhan sapi. Pakan dengan jenis hijauan perlu disimpan sebagai cadangan makanan bagi hewan ternak pada saat musim kemarau. Apabila hijauan tidak mencukupi dalam pembuatan ransum, makan dapat menggunakan pakan berjenis konsentrat. Jenis pakan hijauan yang dapat dikatakan unggul yaitu rumput gajah, rumput ilalang, rumput benggala, rumput setaria, rumput bede dan beberapa hijauan unggul lainnya. Jenis pakan hijauan yang termasuk sebagai hasil limbah pertanian yaitu jerami jagung, kacang panjang, jerami padi dan jerami kedelai. Jenis pakan hasil limbah cenderung memiliki kualitas yang rendah sehingga terkadang membutuhkan pakan jenis konsentrat untuk tetap mempertahankan kualitas ransum.

3.2. Konsentrat

Konsentrat atau bisa disebut dengan makanan penguat adalah bahan pakan yang memiliki kadar zat-zat yang makanan tinggi seperti protein ataupun karbohidratnya dan rendahnya serat kasar (dibawah 18%). Konsentrat termasuk pakan yang mudah untuk dicerna karena terbuat dari campuran beberapa bahan pakan yang terkandung sumber energi. Jenis pakan konsentrat lebih baik digunakan saat kekurangan jenis pakan hijauan atau pada masa menjalani program penggemukan hewan ternak saja (Indonesia, 2013). Pakan konsentrat dapat dibagi dua yaitu sebagai sumber protein dan sumber energi. Contoh pakan yang dikategorikan sebagai jenis pakan konsentrat diantaranya ada dedak padi, ampas tahu, ampas singkong, dan masih banyak lagi. Konsentrat terkadang diberikan sebagai bahan pakan tambahan setelah sapi diberikan makanan rumput maupun hijauan lainnya.

3.3. Tambahan

Pakan tambahan berguna menjadi penambah dari makanan pokok sapi dengan tujuan untuk meningkatkan produktifitas hewan ternak dari segi kualitas produksinya. Zat aditif yang diberikan kepada hewan ternak dapat digolongkan menjadi 4 jenis, yaitu vitamin, mineral, antibiotik dan anabolik (hormonal).

3.4. Nutrien Sapi Potong

Produktivitas ternak sapi potong sangat bergantung kepada nutrisi yang harus terpenuhi. Rendahnya angka kebuntingan, *service per conception* yang tinggi, serta *calving interval* yang panjang menjadi faktor penghambat dalam mencapai keberhasilan produksi ternak. Kesuburuan ternak yang rendah dapat diakibatkan oleh asupan nutrisi yang kurang. Nutrisi pada ternak berasal dari pakan yang diberikan, namun masih rendahnya kemampuan peternak untuk membiayai kebutuhan ternaknya menjadi salah satu kendala. Evaluasi tentang baik buruknya nutrisi yang diberikan pada ternak sapi dapat dilihat dari kadar kalsium dan fosfor dalam serum darah. Kadar mineral normal dalam tubuh merupakan aspek penting dalam keseimbangan energi dan metabolisme untuk meningkat fertilitas. Kekurangan mineral kalsium dan fosfor pada sapi menjadi faktor yang menyebabkan rendahnya fertilitas pada sapi potong (Kaushik, 2000).

3.5. Formulasi Pakan

Menurut Perry (2004) terdapat beberapa kebutuhan pokok agar dapat melakukan formulasi pakan dengan komputer, antara lain fasilitas komputer yang memadai, sumberdaya manusia yang terlatih, informasi kebutuhan nutrien ternak, informasi jenis bahan pakan yang tepat, informasi komposisi bahan pakan dan informasi harga bahan pakan yang tersedia. Ada beberapa aplikasi yang beredar dipasaran yang dapat digunakan untuk mencari komposisi formulasi pakan yang optimal. Beberapa diantaranya adalah *Winfeed*, dan *Feedsoft*.

Ada beberapa karakteristik dalam aplikasi-aplikasi tersebut :

1. Data yang dimasukkan adalah nama bahan, komposisi nutrisi bahan, dan harga masing-masing bahan.
2. Dapat menggunakan batasan minimum atau maksimum jumlah bahan.
3. Dapat menggunakan batasan minimum atau maksimum kandungan nutrisi.

Dalam penyusunan ransum khusus untuk melakukan proses penggemukkan sapi, kebutuhan pakan akan dibagi menjadi dua, yaitu pakan tambahan(konsentrat) dan pakan hijauan. Masing-masing bagian tersebut memiliki rasio sekitar 40 : 60. Perbandingan ini sangat sesuai dalam proses penggemukan secara intensif terhadap sapi (Indonesia, 2013). Dan pengukuran ini berdasarkan kemampuan sapi

dalam mengkonsumsi jumlah pakan berdasarkan bobot sapi tersebut. Hal yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kemampuan mengkonsumsi jumlah pakan berbobot

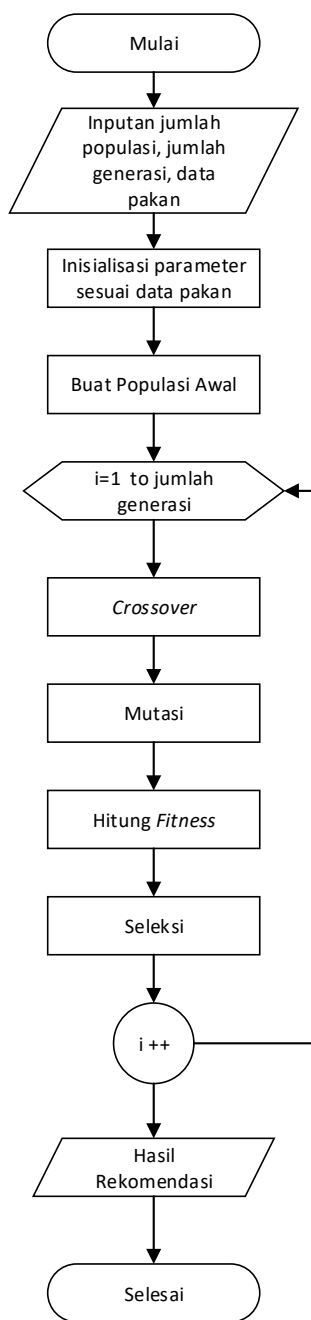
Bobot (Kg)	Kemampuan Mengkonsumsi Pakan (% dari bobot badan)
100 - 150	3,5
150 – 200	4
200 – 250	3,5
250 – 300	3
300 – 350	2,8
350 – 400	2,6
400 – 450	2,4
450 – 500	2

Perkiraan kemampuan konsumsi seperti pada Tabel 1 berdasarkan dengan kandungan berat kering pakan yang dikonsumsi.

4. ALGORITMA GENETIKA

Algoritma genetika adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi. Contoh masalah optimasi dalam kehidupan sehari-hari adalah menyusun barang-barang yang ingin dibawa ketika berlibur. Masalahnya adalah kita dapat membawa barang secara maksimal sesuai dengan kebutuhan namun dibatasi dengan kapasitas koper atau tas yang terbatas. Akan banyak sekali kombinasi barang bawaan kita, namun kita akan memilih barang bawaan yang sesuai dengan kebutuhan. Begitu juga dengan algoritma genetika, algoritma genetika bekerja dengan cara memilih solusi paling optimum dari beberapa solusi yang ada.

Berikut langkah-langkah atau struktur umum Algoritma Genetika :



Gambar 1. Flowchart Proses Algoritma Genetika

5. METODE

5.1. Tahapan Penelitian

Pada bab ini akan membahas mengenai tahap-tahap yang akan dilakukan dalam pembuatan aplikasi optimasi komposisi pakan sapi dengan menggunakan algoritma genetika. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

Pertama: Studi literatur yaitu melakukan studi tentang penyusunan komposisi pakan pada

sapi potong untuk penggemukkan sapi dan metode algoritma genetika.

Kedua: Pengumpulan data yaitu melakukan pengumpulan data mengenai berbagai macam jenis pakan beserta kandungan nutrisinya dan harganya, data jenis-jenis sapi potong dan data kebutuhan nutrisi sapi potong berdasarkan berat badan dan bobot penambahan berat badannya.

Ketiga: Perancangan yaitu merancang dan juga menganalisis sistem menggunakan hasil dari studi literatur yang sudah dilakukan.

Keempat: Implementasi yaitu membuat sistem berdasarkan hasil studi literatur dan menganalisis mengenai apa yang telah dilakukan.

Kelima: Pengujian yaitu melakukan uji coba sistem yang telah diimplementasikan.

Keenam: Kesimpulan yaitu mengambil kesimpulan dari pengujian yang telah dilakukan.

5.2. Data yang Digunakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data bahan makanan penyusun ransum
2. Data harga makanan penyusun ransum
3. Data bobot sapi yang ingin di uji.

5.3. Siklus Penyelesaian Masalah Menggunakan Algoritma Genetika

Apabila terdapat bobot badan sapi potong yaitu 150 kg, target pertambahan berat badan 0,75 kg, maka kebutuhan BK adalah 4,4 kg, TDN minimal 2,6 kg, PK minimal 0,589 kg, Ca minimal 0,021, P minimal 0,013. Jika peternak menginginkan pakan yang digunakan adalah rendeng kering sebagai hijauanya serta gaplek, dedak halus padi dan tetes sebagai konsentrasinya, maka penyelesaian menggunakan algoritma genetiknya adalah sebagai berikut.

5.4. Representasi Kromosom dan Perhitungan Fitness

Representasi kromosom yang digunakan dalam kasus ini adalah *real code* yang dibangkitkan secara acak yang menyatakan inisialisasi berat atau bobot dari pakan yang telah dipilih sebelumnya. Gambar 2 merupakan contoh kromosom.

Pakan ke-1	Pakan ke-2	....	Pakan ke-n
<i>Bobot pakan ke-1</i>	<i>Bobot pakan ke-2</i>	....	<i>Bobot pakan ke-n</i>

Gambar 2. Reresentasi Kromosom

Adapun contoh pengisian kromosom beserta bobotnya dapat dilihat pada Gambar 3 dengan menggunakan pakan Rendeng Kering, Gaplek, Tetes, Dedak Halus Padi.

Rendeng Kering	Gaplek	Tetes	Dedak Halus Padi
7.80	1.16	1.73	2.31

Gambar 3. Contoh Jenis Pakan Beserta Bobotnya

Seperti pada Gambar 3, kita dapat membuat sebuah inisialisasi populasi awal seperti pada Tabel.2.

Tabel 2. Populasi Awal

Parent	Kromosom			
	R.Kering	Gaplek	Tetes	D.Halus Padi
P1	7,80	1,16	1,73	2,31
P2	9,00	1,64	2,18	2,18
P3	7,20	1,60	1,60	1,60
P4	9,00	2,00	2,00	2,00
P5	6,60	1,10	1,10	2,20
P6	6,60	1,47	1,96	0,98
P7	6,60	0,73	1,47	2,20

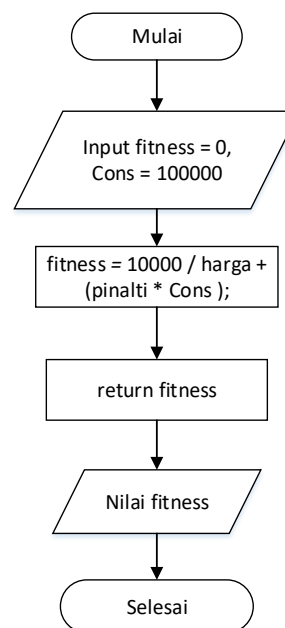
Dalam penelitian ini, fungsi yang akan diminimalkan adalah harga dengan menjumlahkannya dengan nilai *Penalty*. Nilai *fitness* didapatkan menggunakan rumus pada Persamaan(1).

$$f = \frac{10000}{total\ harga + (penalty \times 100000)} \quad (1)$$

Keterangan :

- Total harga diperoleh dengan mengalikan nilai bahan pakan setiap kilogram dengan harga pakan.
- *Penalty* adalah nilai pelanggaran yang dihitung jika kebutuhan nutrisi rekomendasi sistem kurang dari kebutuhan nutrisi oleh pakar dan buku.

Sehingga diperoleh tahap-tahap dalam mendapatkan nilai *fitness* sebagai berikut:



Gambar 4. Flowchart Perhitungan *Fitness*

5.5. Perhitungan *Crossover*

Metode *crossover* yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu *extended intermediate*. Proses *crossover* akan menghasilkan *offspring* dari hasil kombinasi nilai dua induk yang terpilih secara acak. Jumlah *offspring* yang dihasilkan pada proses *crossover* dapat dilihat berdasarkan *crossover rate* (cr) yang dimasukkan pada program nantinya. Semisal P1 dan P2 adalah dua induk yang terpilih secara acak untuk dilakukan proses *crossover*, maka *offspring* C1 dan C2 dapat dihasilkan dengan Persamaan (2) dan Persamaan (3) (Mahmudy, 2013). Banyaknya *offspring* yang dibangkitkan pada proses *crossover* adalah hasil perkalian jumlah populasi (*popSize*) dengan *crossover rate* ($cr \times popSize = 0,2 \times 7 = 1,4 = 2$).

$$C1 = P1 + \alpha (P2 - P1) \quad (2)$$

$$C2 = P2 + \alpha (P1 - P2) \quad (3)$$

Sedangkan nilai α dipilih secara acak pada interval [0-1] yakni 0,25, 0,40, 0,51 dan 0,92.

$$C1: \quad x1 = 7,80 + 0,25 (9,00 - 7,80) = 8,10 \quad (4)$$

$$x2 = 1,16 + 0,40 (1,64 - 1,16) = 1,35 \quad (5)$$

$$x3 = 1,73 + 0,51 (2,18 - 1,73) = 1,96 \quad (6)$$

$$x4 = 2,31 + 0,92 (2,18 - 2,31) = 2,19 \quad (7)$$

$$C2: \quad x1 = 9,00 + 0,25 (7,80 - 9,00) = 8,70 \quad (8)$$

$$x2 = 1,64 + 0,40 (1,16 - 1,64) = 1,44 \quad (9)$$

$$x3 = 2,18 + 0,51 (1,73 - 2,18) = 1,95 \quad (10)$$

$$x4 = 2,18 + 0,92 (2,31 - 2,18) = 2,30 \quad (11)$$

5.6. Perhitungan Mutasi

Metode mutasi yang digunakan pada kasus ini yaitu *random mutation*. Proses mutasi ini akan menghasilkan *offspring* (anak) dengan cara menambah ataupun mengurangi nilai gen yang terpilih dengan bilangan *random*. Mutasi dilakukan dengan cara memilih satu *parent* (induk) secara acak, semisal domain variabel x_j adalah $[\min_j, \max_j]$ dan *offspring* yang dihasilkan adalah $C = [x'_1.. x'_n]$ maka nilai gen *offspring* bisa dibangkitkan sebagai berikut:

$$x'_i = x'_i + r(\max_i - \min_i) \quad (12)$$

Metode mutasi ini bekerja dengan cara menambah ataupun mengurangi nilai gen yang terpilih dengan bilangan *random* yang lebih kecil (Mahmudy, 2013) seperti pada persamaan (5-5). Banyaknya *offspring* yang diperoleh pada proses mutasi yaitu dengan cara mengalikan *mutation rate* dengan *popSize* atau $mr \times popSize = 0,1 \times 7 = 0,7 = 1$. Sedangkan nilai r dibangkitkan secara acak dengan interval $[-0,2, 0,2]$ yakni 0,01586 dan individu yang terpilih adalah nomor 2. Maka akan dihasilkan *offspring* 3 pada flowchart dalam melakukan proses mutasi dapat dilihat pada Gambar 4.7. Pada Tabel 4.11 contoh perhitungan proses mutasi dengan induk yang terpilih adalah P3 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C3 : \quad x1 &= 7,2 \text{ (tetap)} \\ x2 &= 1,6 + (0,01586) * (2 - 0,73) \\ &= 1,620089333 \\ x3 &= 1,6 \text{ (tetap)} \\ x4 &= 1,6 \text{ (tetap)} \end{aligned}$$

5.7. Evaluasi dan Seleksi

Proses evaluasi dilakukan setelah tahap *crossover* dan mutasi telah selesai dilakukan. Proses evaluasi bertujuan untuk menghitung nilai *fitness* dari setiap kromosom. Proses evaluasi juga bertujuan untuk mengumpulkan seluruh individu yang diantaranya ada *parent* serta *offspring*-nya beserta nilai *fitness* masing-masing. Semakin besar nilai *fitness*-nya maka semakin bagus pula kromosom tersebut untuk dijadikan solusi dalam memecahkan suatu masalah (Mahmudy, 2013). Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan dalam mencari nilai *fitness* pada seluruh individu.

6. IMPLEMENTASI

Implementasi antarmuka terdiri dari halaman nutrisi kebutuhan sapi dan halaman algoritma genetika. Halaman kebutuhan nutrisi sapi berfungsi untuk mengetahui batas nutrisi yang harus dipenuhi dalam proses penggemukan sapi agar hewan ternak dapat bertambah bobotnya secara efektif dengan memasukkan data jenis sapi, berat badan sapi sekarang dan bobot pertambahan yang diinginkan yang ditunjukkan dalam Gambar 5.

Gambar 5. Halaman Nutrisi Kebutuhan

Gambar selanjutnya yaitu halaman algoritma genetika yang berfungsi untuk menampilkan hasil perhitungan bobot pakan yang optimal dalam memenuhi kebutuhan sapi potong di halaman sebelumnya dengan memasukkan nilai cr , mr , $popSize$ dan Generasi. Hal ini bertujuan agar memudahkan peternak dalam membuat ransum kandungan nutrisi yang cukup yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 6. Halaman Algoritma Genetika

7. PENGUJIAN DAN ANALISIS

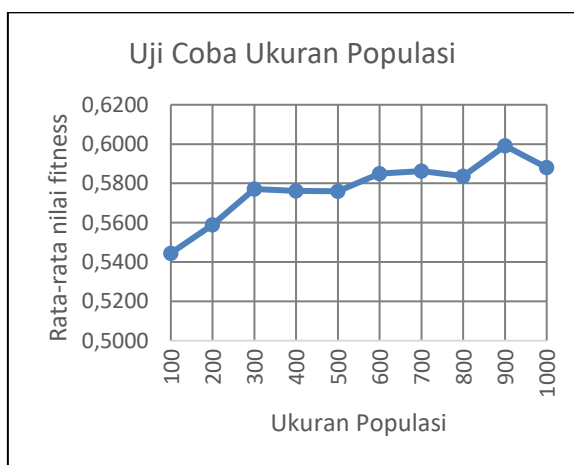
7.1. Pengujian dan Analisis Ukuran Populasi

Pada pengujian pertama dilakukan pengujian terhadap parameter ukuran populasi. Pengujian ukuran populasi dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah populasi terhadap nilai *fitness* yang dihasilkan. Bahan pakan yang digunakan pada pengujian ini adalah 4 bahan

pakan. Untuk menguji ukuran populasi yang digunakan ukuran populasi kelipatan 100, dimulai dari 100 sampai dengan 1000. Untuk mendapatkan hasil yang lebih *valid* maka setiap percobaan akan dilakukan sebanyak 10 kali untuk diambil nilai rata-rata *fitness*-nya. Pada percobaan ini digunakan generasi = 200, $cr = 0,2$ dan $mr = 0,2$. Tabel hasil uji coba ukuran populasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Coba Berdasarkan Jumlah Populasi

Jumlah Populasi	Nilai Fitness Percobaan Ke-				Rata-rata <i>fitness</i>
	1	2	....	10	
100	0.556 9	0.540 6	.... .	0.564 3	0.544 5
200	0.517 4	0.571 3	.... .	0.559 1	0.559 0
300	0.591 3	0.596 5	.... .	0.581 6	0.577 2
400	0.554 0	0.591 8	.... .	0.560 0	0.576 2
500	0.579 5	0.587 8	.... .	0.594 7	0.576 0
600	0.566 6	0.597 3	.... .	0.586 8	0.584 9
700	0.557 4	0.597 3	.... .	0.568 0	0.586 2
800	0.590 0	0.587 5	.... .	0.602 2	0.583 7
900	0.603 1	0.601 8	.... .	0.590 6	0.599 1
1000	0.578 5	0.589 8	.... .	0.568 0	0.588 1



Gambar 7. Grafik Percobaan Ukuran Populasi

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa ukuran populasi berpengaruh terhadap nilai *fitness* yang diperoleh dari perhitungan

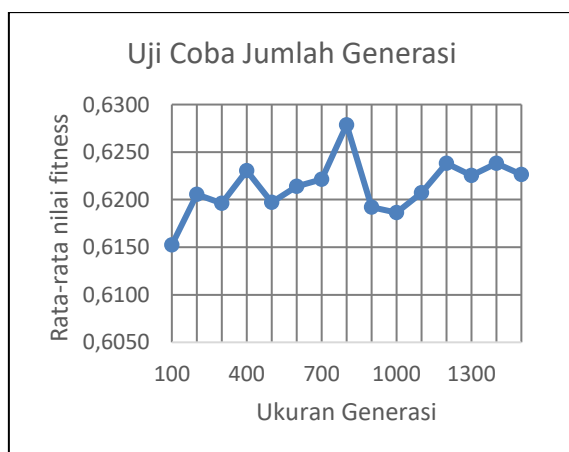
algoritma genetika. Grafik mengalami kenaikan pada ukuran populasi 100 sampai dengan 900 dan kemudian menurun dari populasi 900 sampai 1000. 10 kali percobaan dalam pengujian ukuran populasi ini menghasilkan nilai rata-rata *fitness* sebesar 0.5991. Sehingga populasi yang paling optimal dalam kasus ini adalah saat ukuran populasi berjumlah 900. Pola yang sama juga ditemukan pada penelitian mengenai optimasi pemilihan antihipertensi menggunakan algoritma genetika oleh Wibisono dan Mahmudy (2016). Solusi optimal didapatkan pada saat ukuran populasi sebanyak 100 dengan fitness 0,868. Grafik memiliki kecenderungan naik walaupun terdapat beberapa titik penurunan yang tidak terlalu signifikan. Hal tersebut terjadi karena semakin luasnya ruang pencarian akibat dari besarnya ukuran populasi (Wibisono & Mahmudy, 2016). Kemudian pola selanjutnya juga ditemukan oleh Wahyuni dkk. (2015) yang menerapkan algoritma genetika dalam melakukan penelitian tentang penentuan portofolio saham optimal, solusi optimal didapatkan pada ukuran populasi sebanyak 100, setelah itu pada ukuran populasi selanjutnya tidak memperoleh nilai rata-rata *fitness* yang lebih baik dan mengalami konvergensi (Wahyuni, et al., 2015).

7.2. Pengujian dan Analisis Ukuran Generasi

Pengujian kedua dilakukan dengan pengujian terhadap parameter jumlah generasi yang digunakan. Pengujian jumlah generasi dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah generasi terhadap nilai *fitness* yang dihasilkan. Bahan pakan yang digunakan pada pengujian ini adalah 4 buah bahan pakan. Untuk menguji jumlah generasi digunakan banyaknya generasi mulai 100 sampai 1500. Untuk mendapatkan hasil yang lebih *valid* maka setiap percobaan akan dilakukan sebanyak 10 kali untuk diambil nilai rata-rata *fitness*-nya. Pada percobaan ini digunakan populasi sebanyak 900 yang didapatkan dari percobaan sebelumnya pada uji coba jumlah populasi, dengan $cr = 0,2$ dan $mr = 0,2$. Adapun tabel hasil uji coba jumlah generasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Coba Berdasarkan Jumlah Generasi

Jumlah Generasi	Nilai Fitness Percobaan Ke-				Rata-rata <i>fitness</i>
	1	2	...	10	
100	0.6205	0.6177	...	0.6225	0.6152
200	0.6169	0.6203	...	0.6172	0.6206
300	0.6205	0.6219	...	0.6276	0.6196
400	0.6266	0.6261	...	0.6263	0.6230
500	0.6230	0.6198	...	0.6252	0.6197
600	0.6289	0.6270	...	0.5966	0.6214
700	0.6209	0.6147	...	0.6215	0.6221
800	0.6330	0.6330	...	0.6311	0.6279
900	0.6172	0.6155	...	0.6099	0.6192
1000	0.6010	0.6329	...	0.6192	0.6186
1100	0.6241	0.6195	...	0.6127	0.6207
1200	0.6314	0.6280	...	0.6184	0.6238
1300	0.6273	0.6222	...	0.6058	0.6226
1400	0.6214	0.6084	...	0.6207	0.6238
1500	0.6163	0.6311	...	0.6214	0.6226

**Gambar 8.** Grafik Percobaan Ukuran Generasi

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat bahwa ukuran generasi berpengaruh terhadap nilai *fitness* yang dihasilkan dari perhitungan algoritma genetika. Nilai *fitness* paling rendah didapatkan pada ukuran generasi sejumlah 100.

Dapat Dilihat pada Gambar 6.2, grafik mengalami kenaikan dan penurunan rata-rata nilai *fitness*. Grafik menunjukkan nilai rata-rata *fitness* tertinggi yaitu pada jumlah generasi sebanyak 800 dengan nilai rata-rata *fitness* sebesar 0,6279. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Pola yang sama didapatkan pada penelitian yang dilakukan oleh Durratul Fakhroh (2107) dalam pengujian generasi pada penelitiannya menggunakan algoritma genetika untuk mengoptimalkan komposisi pakan sapi perah. Solusi optimal didapatkan pada generasi ke 200, selanjutnya terjadi konvergensi dikarenakan nilai *fitness* yang dihasilkan cenderung turun dan hampir sama, tidak terdapat perbedaan yang signifikan (Fakhroh, et al., 2017).

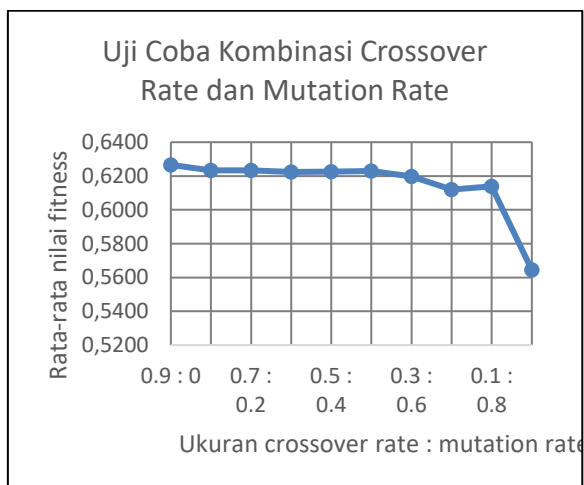
7.3. Pengujian dan Analisis Kombinasi Crossover Rate dan Mutation Rate

Pengujian terakhir adalah pengujian terhadap parameter kombinasi cr dan mr yang digunakan dalam proses algoritma genetika. Pengujian kombinasi cr dan mr dilakukan untuk mengetahui pengaruh kombinasi cr dan mr terhadap nilai *fitness* yang dihasilkan. Bahan pakan yang digunakan pada pengujian ini adalah 3 bahan pakan. Kombinasi cr dan mr yang digunakan pada uji coba ini antara 0 sampai 0,6 dan untuk mendapatkan hasil yang lebih *valid* maka setiap percobaan akan dilakukan sebanyak 10 kali untuk diambil nilai rata-rata *fitness*nya. Pada percobaan ini digunakan populasi optimal pada uji coba sebelumnya yaitu ukuran populasi sebanyak 900 dan generasinya sebanyak 800, yang mana jumlah ini didapatkan dari hasil uji coba sebelumnya. Hasil uji coba kombinasi cr dan mr dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Coba Kombinasi Cr dan Mr

cr	mr	Nilai Fitness Percobaan Ke-				Rata-rata <i>fitness</i>
		1	2	...	10	
0.9	0	0.6260	0.6254	...	0.6248	0.6266
0.8	0.1	0.6212	0.6287	...	0.6320	0.6234
0.7	0.2	0.6324	0.6291	...	0.6329	0.6234
0.6	0.3	0.6326	0.6300	...	0.6167	0.6225
0.5	0.4	0.6317	0.6245	...	0.5992	0.6225
0.4	0.5	0.6172	0.6270	...	0.6207	0.6230

0.3	0.6	0.623 3	0.631 0	.	0.594 4	0.619 8
0.2	0.7	0.612 4	0.618 0	.	0.595 4	0.612 0
0.1	0.8	0.623 1	0.629 8	.	0.620 0	0.613 9
0	0.9	0.561 7	0.563 6	.	0.567 8	0.564 5



Gambar 9. Grafik Percobaan Kombinasi cr dan mr

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa dapat nilai *fitness* terbaik ada pada kombinasi cr dan mr 0,9 : 0 dengan nilai *fitness* 0.6266. Uji coba kombinasi cr dan mr berpengaruh terhadap nilai *fitness* yang dihasilkan. Tingkat *crossover rate* yang terlalu besar dan *mutation rate* yang terlalu kecil akan menurunkan kemampuan algoritma genetika untuk melakukan eksplorasi. Dan *crossover rate* yang kecil dan *mutation rate* yang besar akan menurunkan kemampuan algoritma genetika untuk melakukan eksploitasi area *optimum local* (Mahmudy, 2014). Pada kasus ini eksploitasi yang dilakukan memiliki pengaruh yang signifikan dibandingkan dengan eksplorasinya. Hal ini dibuktikan pada grafik diatas, bahwa dengan nilai mr yang semakin besar dan nilai cr yang semakin kecil membuat nilai rata-rata *fitness* yang diperoleh semakin menurun.

Berdasarkan uji coba untuk mengukur kualitas solusi terbaik pada permasalahan optimasi komposisi pakan sapi potong yaitu dengan melihat nilai *fitness* tertinggi. *Fitness* tertinggi adalah nilai suatu individu dengan solusi yang paling optimal, yaitu memiliki nilai *fitness* yang paling tinggi dan nilai *penalty* yang minimum. Pada pengujian diperoleh nilai *fitness* tertinggi sebesar 0.6266 yang memiliki nilai *penalty* sebesar 0 dan harganya yaitu Rp 15.898

dalam menggemukan sebuah sapi sebesar 150 kg dengan pertambahan berat sebesar 0,75 kg. Dan tentunya dengan harga Rp 15.800 tersebut terdiri dari 3,66 kg Rendeng Kering, 0,0091 kg atau sebesar 9,1 gram Gaplek, 1,9 kg Tetes dan 0,53 kg Dedak Padi Halus.

8. PENUTUP

Kesimpulan yang diperoleh melalui hasil uji coba yang telah dilakukan mengenai penerapan algoritma genetika untuk menyelesaikan permasalahan optimasi komposisi pakan untuk penggemukan sapi potong yaitu sebagai berikut:

1. Algoritma genetika dapat diterapkan pada permasalahan optimasi pakan untuk penggemukan sapi potong dengan menggunakan representasi kromosom secara *real code*, metode *extended intermediate*, menggunakan *random mutation* serta penyeleksian dengan metode *elitism selection*.
2. Untuk mengukur kualitas solusi terbaik pada permasalahan optimasi komposisi pakan untuk penggemukan sapi potong yaitu dengan melihat nilai *fitness* tertinggi. *Fitness* tertinggi adalah individu yang memiliki solusi yang paling optimum berdasarkan sistem dan individu tersebut memiliki nilai *penalty* yang terkecil ataupun tidak memiliki sama sekali. Pada pengujian didapatkan nilai *fitness* tertinggi sebesar 0.6266 dan memiliki *penalty* yaitu sebesar 0 dan harganya yaitu Rp 15.898.
3. Pengujian parameter algoritma genetika memiliki pengaruh terhadap nilai *fitness* yang dihasilkan. Pengujian pada parameter genetika dilakukan dengan mengkombinasikan *crossover rate* (cr) dan *mutation rate* (mr) yang terbaik terdapat pada kombinasi cr dan mr 0,9 : 0 dengan nilai *fitness* 0.6266. Parameter algoritma genetika yang juga diuji terhadap penelitian ini yaitu generasi dan populasi. Kedua parameter tersebut berpengaruh terhadap nilai *fitness* yang diperoleh dari proses algoritma genetika. Ukuran populasi yang optimal terdapat pada ukuran 900 dengan nilai *fitness* sebesar 0.5991. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai *fitness* yang dihasilkan oleh sistem dipengaruhi oleh ukuran populasi yang semakin tinggi, namun jika ukuran populasi semakin tinggi maka tidak didapatkan kenaikan *fitness*

yang signifikan dan waktu komputasinya akan berjalan semakin lama pula. Pengujian jumlah generasi optimal dihasilkan *fitness* terbaik dengan nilai 0.6279 dan terdapat pada jumlah generasi ke 800. Sehingga disimpulkan pada jumlah generasi yang terlalu rendah tidak didapatkan generasi terbaik sebagai solusi karena sistem belum mampu menemukan kombinasi pakan dengan solusi terbaik dalam kurun waktu yang singkat, sehingga algoritma genetika belum berproses secara optimal. Namun jumlah generasi yang tinggi belum tentu dikatakan generasi yang terbaik karena belum tentu nilai *fitness* yang diperoleh jauh lebih tinggi dari nilai *fitness* individu pada generasi sebelumnya. Hal ini bisa berlaku karena adanya sifat *stochastic* pada algoritma genetika. Sifat ini lah yang dapat menyebabkan hasil yang generasi yang terakhir maupun proses yang lebih lama memiliki nilai *fitness* yang lebih bagus maupun dapat lebih buruk dari nilai *fitness* individu sebelumnya.

Pada penelitian ini, terdapat hal yang dapat ditambahkan dan dikembangkan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Pada program ini tidak dapat menambahkan data baru berupa data sapi, data pakan dan data nutrisi. Oleh karena itu, lebih baik dalam program ini dapat menambahkan fitur tersebut untuk mempermudah si peneliti maupun si peternak apabila ingin menambahkan data yang baru ke dalam database.
2. Pada penelitian ini hanya menggunakan kombinasi pakan maksimal 4 macam jenis pakan yaitu, 1 untuk hijauan dan 3 untuk konsentrat. Sebaiknya jumlah kombinasi tersebut dapat ditambahkan agar dapat memperoleh kombinasi yang beragam dengan harapan mendapatkan harga yang lebih murah.
3. Pada program ini sebaiknya dapat melakukan pemilihan jenis pakan secara otomatis dalam menggemukkan sapi potong dengan penambahan berat badan tertentu agar dapat menghasilkan solusi lain yang optimal.
4. Jumlah bahan pakan bisa ditambahkan karena dalam permasalahan ini hanya terdapat 25 jenis bahan pakan.
5. Untuk melakukan program penggemukan sapi hendaknya dapat dilakukan penargetan jumlah hari yang dibutuhkan dalam

menggemukan satu ekor sapi berdasarkan jenis sapi dan penambahan bobot badan yang diinginkan, serta dapat melakukan evaluasi terhadap hasil yang diperoleh pasca pemberian ransum pakan tersebut apakah berhasil atau tidak.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., 2008. *Penggemukan Sapi Potong*. Jakarta: Agromedia.
- Boediyana, T., 2015. *Potret Bisnis Sapi Potong dan Sapi Perah 2015 dan Prospek 2016*. Jakarta, Infovet.
- Dinas_Peternakan_Provinsi_Jawa_Timur, 2015. *Data Statistik Populasi Ternak Kab/Kota di Jawa Timur*. [Online] Available at: <http://disnak.jatimprov.go.id/web/layanan publik/ datastatistik> [Diakses Minggu November 2016].
- Fakhiroh, D.& Mahmudy,W. F. 2017. Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi*, Vol. 1. No. 2.
- Kaushik, S., 2000. Feed Formulation, diet development and feed technology. *CIHEAM*, Issue 47, pp. 43-51.
- Kusuma, J. I., Mahmudy, W. F.. & Indriati, 2015. Optimasi Komposisi Pakan Sapi Potong Menggunakan Algoritma Genetika. *Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK University Brawijaya*, Volume 5, p. 15.
- Mahmudy, W. F., 2015. *Dasar-Dasar Algoritma Evolusi*. Malang: Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (PTIIK) Universitas Brawijaya.
- Mahmudy, W. F., Marian, R. M. & Luong, LHS 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 (ECTI-CIT)*, vol. 8, no. 1, pp. 80-93.
- Milah, H. & Mahmudy, W. F., 2015. Implementasi Algoritma Evolusi Strategies untuk Optimasi Komposisi Pakan Ternak Sapi Potong. *Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, Volume 11, p. 5.

- Perry, T. W., Cullison, A. & Lowrey, R., 2004. *Feeds and Feeding 6th Edition*. New Jersey: Pearson Education, Inc. Upper Saddle River.
- Sari, A., Mahmudy, W. F. & Dewi, C., 2014. Optimasi Asupan Gizi Pada Ibu Hamil dengan Menggunakan Algoritma Genetika. *Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, p. vol.4 no.5.
- Santosa, U., 1995. *Tata Laksana Pemeliharaan Ternak Sapi*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Siswanto, B., 2013. *Usaha Penggemukan Sapi, Menggiurkan Namun Diremehkan*. [Online] Available at: <http://www.usahaternak.com/2015/01/usa-ha-penggemukan-sapi-menggiurkan.html>
- Udin, 2015. *Menjadi Kaya dengan Usaha Ternak Sapi Potong*. [Online] Available at: <http://jualansapi.com/ternak-sapi-menjadi-kaya-dengan-beternak-sapi-potong/>
- Wahyuni, R., Mahmudy, W. F. & Setiawan, B. D., 2015. Penentuan Portofolio Saham Optimal Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi*, Vol. 1. No. 2.
- Wibisono, K. & Mahmudy, W. F., 2016. Optimasi Pemilihan Antihipertensi Menggunakan Algoritma Genetika. *SENTRIN*, pp. 65-70.
- Wijayanto, E., 2015. *Defisit Kebutuhan Daging Sapi Nasional 2016 Meningkat*. [Online] Available at: <http://www.sapibagus.com/2015/12/19/defisit-kebutuhan-daging-sapi-nasional-2016-meningkat/> [Diakses Sunday November 2016].