

Pengembangan Sistem Formulasi Ransum untuk Kebutuhan Ternak Ruminansia Menggunakan *Linier Programming*

Alin Nur Alifah(G64154068)*, Irman Hermadi, Idat Galih Permana

Abstrak/Abstract

Formulasi ransum merupakan aspek yang sangat esensial dalam menyeimbangkan nutrisi bagi hewan ternak dengan tujuan mendapatkan harga minimum berdasar pada kandungan nutrisi pakan hewan. Oleh karena itu peternak dituntut untuk mampu menyusun suatu formula ransum yang ekonomis tanpa mengabaikan faktor kebutuhan nutrisi ternak. Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu sistem pendukung pengambilan keputusan yang mampu melakukan formulasi ransum dengan mengadopsi metode *linier programming*. Metode pengembangan sistem yang dilakukan adalah *prototype* dengan evaluasi menggunakan perbandingan dengan aplikasi WinFeed dan POM QM.

Feed formulation is an essential aspect in balancing nutrients for livestock in order to get a minimum price based on the nutrient content of livestock feed. Therefore, farmers are required to be able to compile an economical feed formulation without ignoring nutritional needs factors of livestock. This research aims to create/develop a decision support system that is capable of compile feed formulation by adopting the method of linear programming. The development method used is prototype with evaluation using comparison between WinFeed application and POM QM.

Kata Kunci

formulasi ransum; perograman linier; prototipe, ternak ruminansia, feed formulation, linier programming, prototype, ruminanted livestock

*Alamat Email: alinnural@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Subsektor peternakan memiliki peranan penting dalam perekonomian Indonesia baik dalam pembentukan Produk Domestik Bruto (PDB) dan penyerapan tenaga kerja maupun dalam penyediaan bahan baku industri. Perannya dalam pertumbuhan ekonomi menunjukkan bahwa PDB peternakan triwulan I tahun 2005 tumbuh 5.8%. Kontribusi PDB subsektor peternakan terhadap sektor pertanian triwulan I tahun 2005 mencapai 13.2%. Sedangkan terhadap besaran PDB Nasional mencapai 2%. Dalam penyerapan tenaga kerja sub sektor peternakan juga mempunyai peranan yang sangat strategis. Menurut hasil sensus pertanian 2003 dari 24,86 juta Rumah Tangga Pertanian di pedesaan dan perkotaan, sekitar 22,63% merupakan Rumah Tangga Usaha Peternakan. Selain itu sub sektor peternakan juga berperan penting dalam penyediaan bahan baku bagi keperluan industri (Makka 2012).

Efisiensi produksi dalam suatu usaha peternakan menjadi faktor penentu keberhasilan peternakan. Efisiensi produksi dapat diwujudkan dengan pemberian pakan yang berkualitas dengan kuantitas yang memadai sesuai dengan kebutuhan ternak. Pakan merupakan salah satu aspek yang sangat penting dalam keberhasilan suatu usaha peternakan. Sehingga formulasi ransum dari sejumlah bahan pakan yang tersedia merupakan aspek yang sangat vital khususnya dalam rangka menyeimbangkan kandungan energi, protein dan nutrisi lainnya (Jayane-gara 2014). Berdasarkan sudut pandang ekonomi, biaya untuk pembelian pakan ternak merupakan biaya tertinggi dalam agribisnis peternakan. Sehingga biaya tersebut harus ditekan serendah mungkin agar tidak mengurangi pendapatan. Teknologi dapat menjadi jalan keluar dalam permasalahan tersebut, yaitu dengan mengaplikasikan teknologi formulasi pakan ternak yang efisien. Pakan ternak yang diramu dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan ternak akan menekan biaya pembelian pakan serendah mungkin (Shiddieqy 2010).

Ransum yang murah dan berkualitas memerlukan suatu teknik atau metode dalam memformulasikannya. Formulasi ransum yang mudah digunakan, cepat, akurat dalam penentuan komposisi bahan dan mendapatkan biaya serendah mungkin dapat menggunakan metode *linier programming*. Selain metode *linier programming*, ada beberapa metode lain yang dapat digunakan, antara lain metode *trial and error*, *equation* dan *pearson's square*. Diantara metode-metode tersebut, metode *linier programming* adalah yang paling sesuai untuk diterapkan sebagai metode formulasi ransum karena mampu menangani jumlah variabel yang banyak secara efisien (Muzayyanah 2013). Akan tetapi dalam penghitungan secara manual metode ini masih dirasa sangat sulit (Kusnandar 2004).

Penelitian tentang formulasi ransum ternak sapi potong sudah pernah dilakukan oleh Rahman (2017). Peneliti mengembangkan sistem formulasi ransum ternak sapi potong berdasarkan nilai ADG (*average daily gain*) dan berat badan ternak menggunakan metode linier programming. Sistem tersebut dapat melakukan formulasi dengan kesamaan dan akurasi yang baik karena hasil perbandingan mendapatkan selisih 0. Namun pada penelitian sebelumnya terdapat beberapa kekurangan. Sehingga pada penelitian ini diusulkan sebuah sistem pengembangan dari sistem informasi yang telah dikembangkan oleh Rahman (2017) dengan hewan ternak mencakup seluruh ternak ruminansia.

Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang tercantum pada latar belakang maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana menerapkan algoritme *linier programming* untuk formulasi ransum ternak ruminansia?
2. Bagaimana hasil evaluasi ransum pada formulasi?

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan sistem formulasi ransum menggunakan algoritme linier programming untuk ternak ruminansia.
2. Melakukan evaluasi ransum hasil formulasi sistem dengan hasil formulasi pakar.

Ruang Lingkup

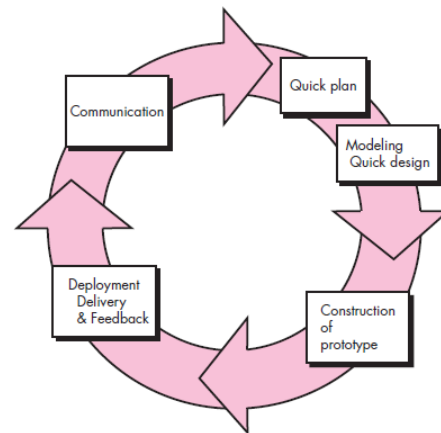
Lingkup dari penelitian ini adalah pengembangan sistem berfokus pada penghitungan formulasi ransum.

Manfaat

Hasil penelitian diharapkan dapat membantu para peternak dalam melakukan formulasi ransum secara cepat dan tepat.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan mengikuti kaidah pengembangan sistem *prototyping*. Model *prototyping* terdiri dari beberapa tahapan yaitu komunikasi (pengumpulan kebutuhan), perencanaan dan pemodelan cepat, pembuatan *prototype*, pengembangan sistem serta pengiriman hasil dan umpan balik (*deployment delivery* dan *feedback* atau evaluasi) (Pressman 2010). Gambar 1 menunjukkan tahapan proses pada metode *prototyping*.



Gambar 1. Tahapan proses penelitian (Pressman 2010)

Komunikasi

Tahapan ini mendefinisikan kebutuhan keseluruhan sistem. Mengidentifikasi proses bisnis, jenis ternak dan pakan yang akan digunakan. Jenis ternak yang digunakan adalah ternak ruminansia. Ternak ruminansia adalah jenis hewan ternak yang mampu mencerna pakan hijauan yang berserat tinggi dan pakan konsentrat seperti sapi, kerbau, domba dan kambing. Jenis pakan sendiri terbagi menjadi sumber protein, sumber energi, sumber vitamin dan sumber mineral yang dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu pakan hijauan dan pakan konsentrat (Hidayat dan Mukhlis 2015). Sedangkan ransum diartikan sebagai satu atau beberapa jenis pakan yang diberikan kepada hewan ternak dan dapat memenuhi zat gizi yang dibutuhkan ternak untuk berbagai fungsi tubuhnya (Muhammad et al. 2014). Pada tahapan ini akan dilakukan komunikasi antara peternak dan pengembang untuk kebutuhan *transfer knowledge* dari pakar kepada pengembang.

Perencanaan Cepat

Menurut Pressman (2010) setelah tahap komunikasi dilakukan, selanjutnya adalah tahap perancangan dan pemodelan sistem. Perancangan dan pemodelan yang dibuat disesuaikan dengan kebutuhan sistem yang telah didefinisikan pada tahap komunikasi. Perancangan dapat dideskripsikan melalui tabel kebutuhan fungsional sistem, digram use case dan diagram antar tabel.

Pemodelan Cepat

Pemodelan yang dilakukan pada tahapan ini adalah pemodelan *linier programming* dengan metode simpleks pada penghitungan formulasi. *Linier programming* merupakan metode matematika dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai suatu tujuan seperti memaksimalkan keuntungan atau meminimumkan biaya. *Linier programming* banyak diterapkan dalam masalah ekonomi, industri, militer dan sosial. Penggunaannya dalam formulasi ransum dapat digunakan untuk mendapatkan harga seminimal mungkin (Wirdasari 2009). *Linier programming* dapat digunakan untuk menentukan campuran makanan ternak dengan efisien. *Linier programming* mampu menentukan kombinasi terbaik antar pakan yang tersedia. Persamaan matematis *linier programming* bertujuan untuk meminimumkan dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

Fungsi tujuan :

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + C_nx_n$$

Dengan fungsi kendala:

$$a_{11}x_{11} + a_{21}x_{21} + \dots + a_{n1}x_{n1} \leq b1$$

$$a_{12}x_{12} + a_{22}x_{22} + \dots + a_{n2}x_{n2} \leq b2$$

..

..

$$a_{1m}x_{1m} + a_{2m}x_{2m} + \dots + a_{nm}x_{nm} \leq bm$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

keterangan:

Z = fungsi tujuan yaitu nilai total harga minimum dari pembuatan ransum

x = nilai penggunaan bahan pakan dalam bentuk persentase

c = koefisien harga tiap pilihan bahan pakan

a = koefisien nilai komposisi nutrisi yang terkandung dalam suatu bahan pakan

b = nilai pembatas berupa nilai minimum dan maksimum nutrisi yang dibutuhkan oleh unggas serta nilai minimum dan maksimum penggunaan bahan pakan

m = jumlah pembatas

n = jumlah bahan pakan yang digunakan dalam komposisi pembuatan ransum.

Tiap pakan memiliki kandungan nutrisi dan harga yang berbeda sehingga linier programming memformulasikan ransum hingga mendapatkan ransum dengan harga paling minimum. Hasil dari formulasi tergantung pada nilai kebutuhan nutrisi ternak, jumlah pakan dan jenis pakan yang digunakan pada ransum. Harga akhir juga dipengaruhi oleh komposisi nutrisi dari bahan pakan yang dipilih dan unit harga dari tiap bahan pakan yang digunakan. Meminimumkan harga pakan menjadi fungsi tujuan dari pemodelan ini, dengan kendala-kendala kandungan nutrisi dari setiap bahan pakan dan kebutuhan nutrisi jenis ruminansia yang diinputkan. Menurut Hidayat dan Mukhlis (2015) *linier programming* memiliki syarat, yaitu:

- a *Linier programming* harus memiliki fungsi tujuan (*objective function*) berupa garis lurus dengan persamaan fungsi Z atau $f(Z)$, c adalah *cost coefficient*
- b Harus ada kendala (*constraints*), yang dinyatakan garis lurus, dimana a = koefisien input-output dan b = jumlah sumber daya yang tersedia.
- c Nilai X adalah positif atau sama dengan nol. Tidak boleh ada nilai X yang negatif.

Linier programming dapat digunakan untuk menentukan campuran makanan ternak yang efisien, praktis dan relatif mudah digunakan. Sesuai definisi, *linier programming* adalah suatu teknik untuk menentukan kombinasi terbaik diantara pakan yang tersedia, yang mempunyai kandungan nutrisi dan harga yang berbeda, dalam rangka untuk mendapatkan ransum dengan harga serendah mungkin. Hasil dari formulasi tersebut tergantung pada nilai yang digunakan untuk : 1) kandungan nutrisi dan spesifikasi lainnya yang diperlukan dalam ransum, 2) komposisi nutrisi dari bahan pakan yang dipilih, dan 3) unit harga dari tiap bahan pakan yang digunakan. Meminimumkan harga pakan akan menjadi fungsi tujuan dari model program linear, dengan kendala-kendala kandungan nutrisi dari setiap bahan pakan dengan sumber daya yang telah ditentukan (Hidayat dan Mukhlis 2015).

Pembuatan Prototype

Membangun *prototyping* dengan mengimplementasikan hasil perancangan pada tahap sebelumnya. *Prototyping* harus mampu menggambarkan sistem yang akan

dikembangkan. Komponen yang digunakan dalam pembuatan *prototype* harus berdasarkan hasil perancangan dari tahap perancangan dan pemodelan.

Deployment Delivery dan Feedback

Prototype yang telah dikembangkan dilakukan evaluasi oleh pengguna yang memahami alur proses formulasi ransum. Evaluasi bertujuan untuk memastikan alur proses pada sistem yang telah dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pengguna dan tidak ada tahapan atau hasil penghitungan yang salah. Evaluasi tidak hanya dilakukan pada kebutuhan fungsional sistem, tetapi juga terhadap hasil akhir formulasi yang akan dibandingkan dengan program WinFeed. Nilai akurasi dari hasil perbandingan dihitung menggunakan *Mean Average Percentage Error* MAPE. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai rata-rata kesalahan dari hasil formulasi. Menurut Suryaningrum dan Wijaya (2015) MAPE dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap prediksi dibagi dengan nilai aktual hasil formulasi. MAPE merupakan pengukuran kesalahan yang menghitung ukuran presentase penyimpangan antara data aktual dengan data prediksi. Nilai MAPE dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$MAE = \frac{100\%}{n} \left(\frac{\sum (|X_t - Y_t|)}{X_t} \right)$$

keterangan:

X_t = hasil formulasi pada aplikasi X percobaan ke-t

Y_t = hasil formulasi pada aplikasi Y percobaan ke-t

n = jumlah percobaan

Jika hasil evaluasi sudah sesuai dengan kebutuhan pengguna dan memiliki nilai penghitungan formulasi yang sesuai maka pengembangan selesai dilakukan, jika evaluasi belum sesuai kebutuhan maka *prototype* diperbaiki dengan melakukan iterasi selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem formulasi yang sudah dikembangkan oleh Rahman (Rahman 2017). Fokus pengembangan sistem ini berada pada jenis ternak yang lebih beragam, nilai kebutuhan nutrisi yang dapat diatur untuk dijadikan *constraint* serta nilai minimum atau maksimum jumlah pakan yang akan digunakan untuk formulasi. Sistem formulasi ransum ini diberi nama Dairy Feed (DF). Metode *prototyping* memungkinkan pengembangan memiliki iterasi lebih

dari satu kali. Pada pengembangan sistem formulasi ransum memiliki 2 iterasi. Iterasi pertama berhasil menerapkan *linier programming* pada sistem dan memiliki nilai akurasi 100% jika dibandingkan dengan aplikasi POM QM. Iterasi kedua berhasil mengembangkan sistem yang dapat dilakukan untuk formulasi dan sesuai dengan pengetahuan yang diadopsi dari pakar. Iterasi kedua memiliki rata-rata kesalahan 0.81% jika dibandingkan dengan aplikasi WinFeed.

Iterasi 1

Komunikasi

Komunikasi berguna sebagai sarana penggalan informasi. Komunikasi dilakukan antara pengembang sistem dengan pakar sebagai narasumber. Pada tahap ini narasumber menginformasikan tahapan dalam melakukan formulasi ransum secara manual. Informasi yang dijabarkan oleh narasumber mencakup tahapan dalam formulasi, data yang dibutuhkan dan penjelasan setiap variabel pada hasil yang didapatkan. Pada tahap ini melakukan evaluasi terhadap sistem yang telah dikembangkan oleh Rahman. Narasumber melakukan formulasi menggunakan sistem yang telah dikembangkan kemudian menjabarkan user experience yang didapatkan. Narasumber menjabarkan kebutuhan dalam melakukan formulasi yang belum diakomodir pada sistem sebelumnya. Hasil dari komunikasi adalah daftar kebutuhan pengguna yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Perencanaan Cepat

Perencanaan cepat sistem formulasi ransum berdasarkan daftar kebutuhan pengguna yang telah diperoleh. Pada perencanaan cepat memiliki 2 aktor yang akan menggunakan sistem yaitu admin sebagai pengelola data master dan pengunjung yang akan melakukan formulasi pada sistem. Aktivitas yang dapat dilakukan oleh masing-masing aktor dapat dilihat melalui diagram use case pada Gambar 7. Perencanaan cepat juga menghasilkan diagram relasi antar tabel sebagai acuan alur data dan keterhubungan antar data. Diagram data model dapat dilihat pada Gambar 8.

Pemodelan Cepat

Penerapan linier programming pada sistem formulasi dapat menggunakan 5 bahan pakan yang dapat dilihat pada Tabel 2 dengan kebutuhan nutrisi yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2 dan 3 digunakan untuk menyusun formula menggunakan metode linear programming dengan model matematika misal x_1 adalah onggok, x_2 adalah jagung,

Tabel 1. Kandungan nutrisi dan harga pakan

Bahan Pakan	BK (%)	TDN (%)	Ca (%)	P (%)	Harga (Rp)
Onggok	79.8	78.3	0.26	0.16	2200
Jagung	86.8	80.8	0.23	0.41	3000
Dedak padi halus	87.7	67.9	0.09	1.39	1800
Bungkil kelapa sawit	90.3	79	0.16	0.62	1400
Kapur	99	0	38	0	500

Tabel 2. Kebutuhan nutrisi ternak

Kebutuhan Nutrien	BK (Kg)	TDN (%)	Ca (%)	P (%)
Minimum	86	70	0.6	0.7
Maksimum	100	100	1	1

x_3 adalah dedak padi halus, x_4 adalah bungkil kelapa sawit, dan x_5 adalah kapur dengan fungsi tujuan meminimumkan harga pada persamaan dibawah ini.

$$Z = 2200x_1 + 3000x_2 + 1800x_3 + 1400x_4 + 500x_5$$

Dengan fungsi batasan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 79.8x_1 + 86.8x_2 + 87.7x_3 + 90.3x_4 + 99x_5 &\geq 86 && \text{(BK)} \\
 78.3x_1 + 80.8x_2 + 67.9x_3 + 79x_4 &\geq 70 && \text{(TDN)} \\
 0.26x_1 + 0.23x_2 + 0.09x_3 + 0.16x_4 + 38x_5 &\geq 0.6 && \text{(Ca)} \\
 0.26x_1 + 0.23x_2 + 0.09x_3 + 0.16x_4 + 38x_5 &\leq 1 && \text{(Ca)} \\
 0.16x_1 + 0.41x_2 + 1.39x_3 + 0.62x_4 &\geq 0.7 && \text{(P)} \\
 0.16x_1 + 0.41x_2 + 1.39x_3 + 0.62x_4 &\leq 1 && \text{(P)} \\
 x_1 &\leq 0.4 && \text{(Onggok)} \\
 x_2 &\leq 0.1 && \text{(Jagung)} \\
 x_2 &\geq 0.5 && \text{(Jagung)} \\
 x_3 &\leq 0.4 && \text{(Dedak)} \\
 x_4 &\leq 0.3 && \text{(Bungkil)} \\
 x_5 &\leq 0.02 && \text{(Kapur)} \\
 x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 &= 1.00 && \text{(Total)}
 \end{aligned}$$

Sehingga hasil dari penerapan linier programming diatas menggunakan aplikasi POM QM dapat dilihat pada Gambar 4.

Pembuatan Prototype

Pembuatan *prototype* diimplementasikan pada pemrograman PHP menggunakan Framework Laravel 5.3. Fungsional sistem yang dikembangkan pada *prototype* sesuai dengan hasil analisis pada perencanaan cepat dan pemodelan cepat. Terdapat 5 fungsionalitas yang berhasil dikembangkan pada *prototype* pertama. Fungsionalitas tersebut adalah penerapan linier programming pada formulasi, pengelolaan data pakan, pengelolaan data ternak, informasi data pakan dan informasi data ternak. Fungsi formulasi dapat digunakan oleh pengguna untuk merancang ransum yang memenuhi kebutuhan ternak de-

ngan harga minimum. Pada fungsi formulasi pengguna dapat mengatur kebutuhan nutrisi ternak dan kuantitas pakan yang digunakan yang dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil penghitungan formulasi melalui sistem dapat dilihat pada Gambar 6. Pengelolaan data pakan dan ternak dapat dilakukan oleh admin. Data ini berfungsi sebagai data master yang akan dijadikan nilai koefisien pada kendala dalam penghitungan linier programming. Informasi data pakan dan ternak berguna untuk pengguna sebagai bahan pertimbangan dalam memilih pakan yang akan digunakan.

Deployment Delivery dan Feedback

Pada tahap deployment pengembang melakukan testing hasil formulasi dengan perbandingan antara sistem formulasi dengan program WinFeed 2.8. Jenis dan harga bahan pakan serta batasan penggunaannya dapat dilihat pada Tabel 4. Batasan kebutuhan nutrisi dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil dari formulasi dapat dilihat pada Tabel 6. Nilai nutrisi yang terpenuhi dari hasil formulasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Pada tahap feedback dilakukan pertemuan antara pengembang sistem dengan pakar sebagai narasumber. Pengembang menjelaskan fungsional yang telah dikembangkan pada sistem, penggunaannya dan penjelasan informasi lainnya. Setelah penjelasan selesai dijabarkan oleh pengembang, narasumber mencoba seluruh kebutuhan fungsional yang telah dikembangkan. Pada waktu yang bersamaan narasumber memberikan feedback atau pengalaman user experience yang didapatkannya dalam menggunakan sistem. Hasil dari feedback pada tahap iterasi 1 akan dijadikan bahan untuk melakukan komunikasi lanjut pada tahap iterasi 2.

Iterasi 2

Komunikasi

Komunikasi pada iterasi ke-2 membahas mengenai hasil evaluasi pada tahap feedback iterasi 1. Feedback iterasi 1 dibahas lebih lanjut dan didokumentasikan melalui daftar kebutuhan pengguna yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Perencanaan Cepat

Perencanaan cepat pada iterasi ke-2 menghasilkan aktivitas baru pada diagram use case dan menambah beberapa tabel pada diagram relasi antar tabel. Aktivitas tersebut adalah pengguna dapat menyimpan hasil formulasi dan dapat melakukan registrasi. Use case pada iterasi 2 dapat dilihat pada Gambar 7. Diagram relasi antar tabel dapat dilihat pada Gambar 8.

Pemodelan Cepat

Pemodelan cepat pada iterasi 2 berfokus pada penghitungan formulasi berdasarkan bahan kering dan hasil berdasarkan bahan segar. Bahan kering digunakan dalam penghitungan berfungsi untuk menghilangkan kandungan air pada bahan segar. Sedangkan penggunaan bahan segar sebagai hasil berguna untuk memudahkan pengguna atau peternak dalam meracik ransum. Sehingga nilai konstanta yang digunakan dalam fungsi tujuan adalah

$$C_n = \frac{100}{\text{nilai}BK_n} X \text{harga}BS_n$$

Fungsi tujuan untuk meminimumkan harga ransum berubah menjadi:

$$Z = 2756.89x_1 + 3456.22x_2 + 2052.45x_3 + 2214.83x_4 + 505.05x_5$$

Sehingga hasil dari linier programming diatas menggunakan aplikasi POM QM dapat dilihat pada Gambar 9.

Pembuatan Prototype

Prototype berhasil dikembangkan pada iterasi 2 dan menghasilkan sebuah fungsional baru yang dapat digunakan oleh pengguna. Pengguna dapat menyimpan hasil formulasi dan mengaksesnya kembali yang dapat dilihat pada Gambar 10. Pengguna juga dapat mencetak hasil formulasi guna mempermudah dalam pengerjaan dilapangan.

Deployment Delivery dan Feedback

Tahap deployment pada iterasi 2 dilakukan pengujian kembali hasil formulasi dengan perbandingan antara sistem formulasi dengan program WinFeed 2.8. Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali percobaan. Jenis dan harga bahan pakan serta batasan penggunaannya dapat dilihat pada Tabel 9. Batasan kebutuhan nutrisi dapat dilihat pada Tabel 10. Hasil dari formulasi dapat dilihat pada Tabel 11. Nilai nutrisi pada hasil formulasi dapat dilihat pada Tabel 12. Tampilan antar muka hasil sistem formulasi dapat dilihat pada Gambar 11. Hasil penghitungan dengan nilai masukkan yang sama menggunakan aplikasi WinFeed dapat dilihat pada Gambar 12. Pengujian juga dilakukan terhadap fungsional sistem menggunakan metode black-box testing. Fungsi yang telah dikembangkan diuji dengan menguji input dan output untuk menentukan keberhasilan sistem yang telah dibuat. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 13. Tahap *delivery* dan *feedback* pada iterasi 2 melibatkan beberapa pengguna untuk menggunakan sistem

dan memberikan *feedback* melalui kuesioner dan penjabaran *user experience* yang didapatkannya. Terdapat 194 jumlah pengguna yang menggunakan sistem dan mengisi kuesioner dengan jenis pekerjaan yang terdiri dari 99% mahasiswa, 0.5% peternak dan 0.5% praktisi. Jenis pertanyaan dan respon pengguna pada kuesioner dapat dilihat pada Lampiran 1. Berdasarkan pada *feedback* yang diberikan oleh pengguna dan pakar pengujian dan evaluasi pada iterasi ke-2 menyatakan sistem sudah memenuhi kebutuhan pengguna dalam melakukan formulasi ransum.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan telah berhasil mengembangkan formulasi ransum yang mampu mengatur batasan minimum dan maksimum pakan yang digunakan serta nutrisi yang dibutuhkan dengan mengoptimalkan harga ransum menggunakan metode linier programming. Metode pengembangan sistem pada penelitian menggunakan metode prototyping dan memiliki 2 iterasi. Hasil akhir penelitian menunjukkan bahwa sistem formulasi ini dapat menghasilkan harga dengan nilai akurasi 0.81% jika dibandingkan dengan aplikasi WinFeed.

Saran

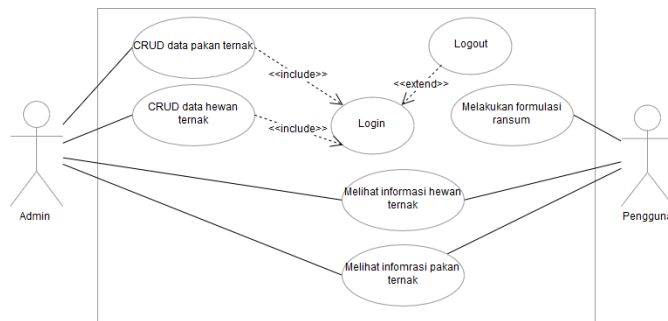
Penelitian ini memiliki beberapa kekurangan yang dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya. Penelitian selanjutnya dapat memperbaiki hasil formulasi jika terjadi *infeasible* untuk dianalisis dan ditampilkan variabel yang terlalu dekat dan menyebabkan hasil *infeasible*. Penelitian selanjutnya juga dapat mengembangkan pada bagian pemilihan pakan untuk ditampilkan apakah pakan yang dipilih sudah memenuhi nutrisi yang dibutuhkan sebelum dilakukan formulasi.

DAFTAR PUSTAKA

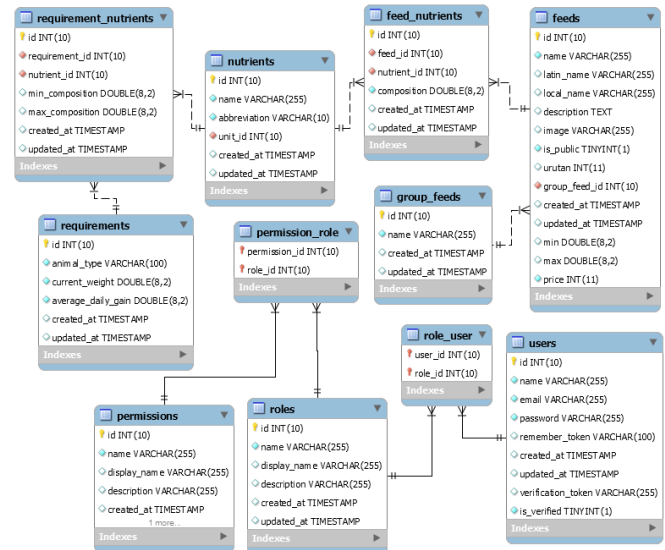
Hidayat, S dan Mukhlis, I. 2015. "Rancang Bangun dan Implementasi Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Web untuk Menentukan Formulasi Ransum Pakan Ternak" dalam: *Jurnal Sains dan Seni ITS* 4 (2). [Internet]. [Diunduh tanggal 9/8/2017]. Dapat diunduh dari: <https://media.neliti.com/media/publications>.

Pengembangan Sistem Formulasi Ransum untuk Kebutuhan Ternak Ruminansia Menggunakan *Linier Programming* — 7/11

- Jayanegara, A. 2014. “Evaluasi Pemberian Pakan Sapi Perah Laktasi Menggunakan Standar NRC 2001: Studi Kasus Peternakan di Sukabumi”. [Internet]. [Diunduh tanggal 9/8/2017]. Dapat diunduh dari: <http://anuragaja.staff.ipb.ac.id/publication/journal/>.
- Kusnandar, BA. 2004. “Aplikasi Program Linier dengan Microsoft Visual Basic 6.0 Dalam Formulasi Ransum Unggas”. Skripsi. Departemen Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak, Institut Pertanian Bogor. 77 pp.
- Makka, D, ed. 2012. *Kebijakan Sub Sektor Peternakan dalam Mendukung Pengembangan Sistem Integrasi Sawit-Sapi*. Lokakarya Pengembangan Sistem Integrasi Kelapa Sawit. (2005).
- Muzayyanah, NS. 2013. “M-Polfo: Sistem Pakar Formulasi Pakan Unggas Menggunakan Metode *Linier Programming*”. Skripsi. Departemen Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor. 28 pp.
- Pressman, RS. 2010. *Software Engineering: A Practitioner's Approach, 7th ed*. McGraw-Hill.
- Rahman, IA. 2017. “Formulasi Ransum untuk Kebutuhan Nutrisi Ternak Sapi Potong Menggunakan Pemrograman Linier”. Skripsi. Departemen Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor. 23 pp.
- Shiddieqy, MI. 2010. *Komputerisasi Formulasi Pakan*. Ed. by Rakyat, Pikiran. Chap. 1, p. 29.
- Wirdasari, D. 2009. “Metode Simpleks dalam Program Linier” dalam: *Jurnal Santikom* 6 (1).



Gambar 2. Use case diagram sistem formulasi



Gambar 3. Diagram relasi antar tabel

Objective		Note									
<input type="radio"/> Maximize <input checked="" type="radio"/> Minimize		Multiple optimal solutions exist									
(untitled) Solution											
	80.8	67.9	79	0	X5				RHS	Dual	
Maximize	2200	3000	1800	1400	500						
Constraint 1	79.8	86.8	87.7	90.3	99		>=	86		0	
Constraint 2	78.3	80.8	67.9	79			>=	70		0	
Constraint 3	0.26	0.23	0.09	0.16	38		>=	0.6		0	
Constraint 4	0.26	0.23	0.09	0.16	38		<=	1		0	
Constraint 5	0.16	0.41	1.39	0.62			>=	0.7		0	
Constraint 6	0.16	0.41	1.39	0.62			<=	1		0	
Constraint 7	1	1	1	1	1		=	1		-2200	
Constraint 8	1						<=	0.4		0	
Constraint 9		1					>=	0.1		-800	
Constraint 10		1					<=	0.5		0	
Constraint 11			1				<=	0.4		400	
Constraint 12				1			<=	0.3		800	
Constraint 13					1		<=	0.02		1700	
Solution	0.18	0.1	0.4	0.3	0.02				1846		

Gambar 4. Hasil penerapan *linier programming* pada aplikasi POM QM

Gambar 5. Prototype halaman input formulasi

Pengembangan Sistem Formulasi Ransum untuk Kebutuhan Ternak Ruminansia Menggunakan *Linier Programming* — 8/11

Hasil Formulasi

Kuantitas Ransum (kg): 1000

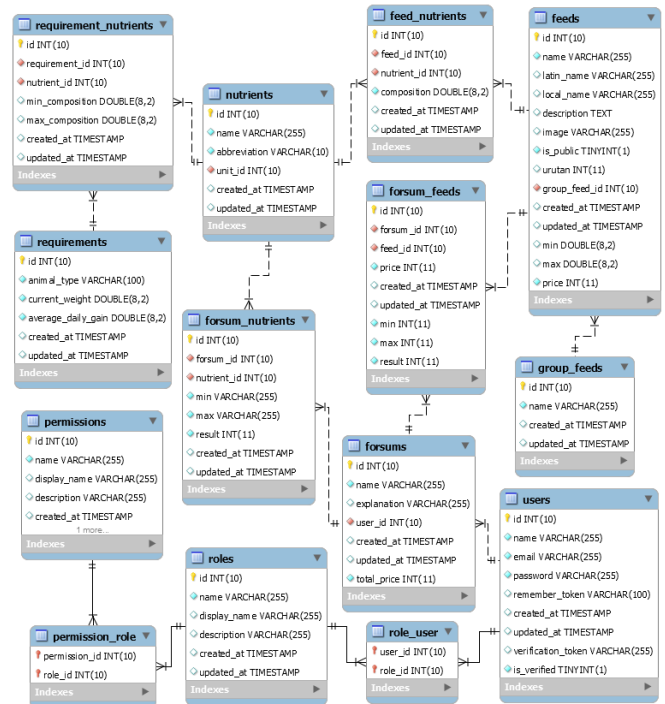
Nama Ransum: Nama Ransum

Keterangan: Keterangan Ransum

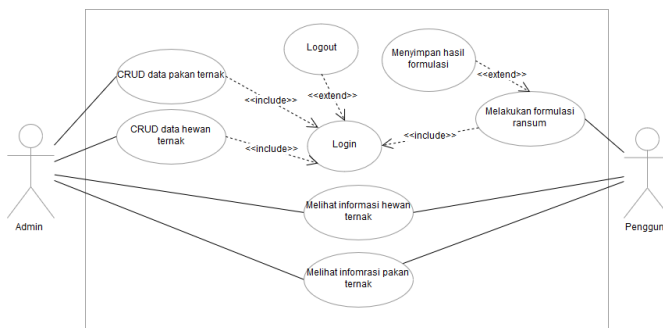
Pakan	Komposisi (%BK)	Harga BS (%B)	Kuantitas (kg)	Total Harga (Rp)
Onggok	18,96	20,65	2200	454.352,58
Jagung	10,00	10,01	3000	300.441,00
Dedak Padi Halus	39,04	38,70	1800	696.549,06
Bungkil Kelapa Sawit	30,00	28,88	2000	577.592,20
Kapur	2,00	1,76	500	8.780,55
Harga Terakhir			1000 kg	Rp 2.037.715,39

Nutrien	Minimum	Maksimum	Hasil Formulasi
Bahan Kering	86	100	87,12
Aku	-	-	7,20
Protein Kasar	-	-	11,16
lemak Kasar	-	-	7,43
Serat Kasar	-	-	16,47
Betan	-	-	57,67
TDN	70	100	73,13
Kalsium	0,8	1	0,92
Pospor	0,6	0,8	0,80

Gambar 6. *Prototype* halaman hasil formulasi



Gambar 8. Diagram relasi antar tabel iterasi 2

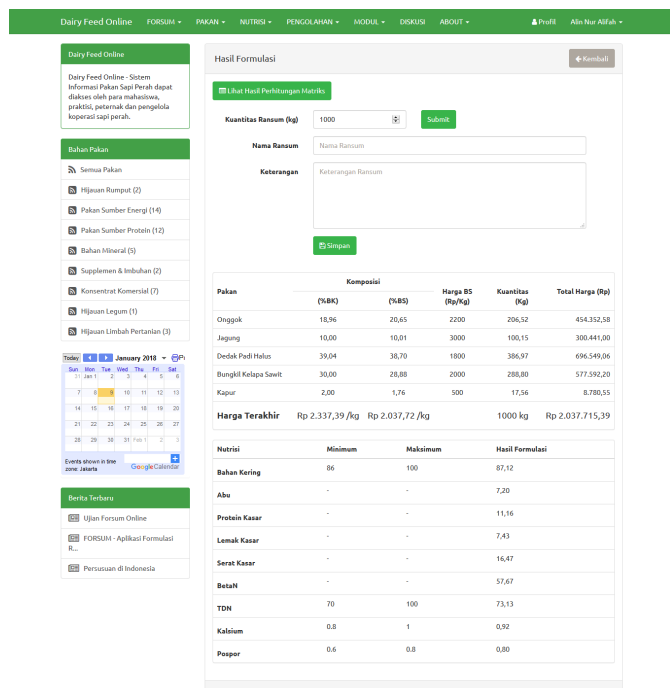


Gambar 7. *Use case* diagram iterasi 2

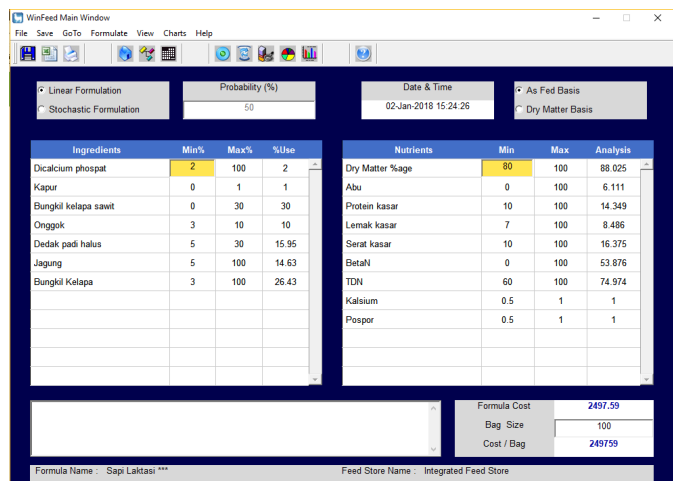
Objective		Note									
<input type="radio"/> Maximize <input checked="" type="radio"/> Minimize		Multiple optimal solutions exist									
(untitled)	Solution	80.8	67.9	79	0	X5		RHS	Dual		
Maximize		1755.6	2604	1578.6	1264.2						
Constraint 1		79.8	86.8	87.7	90.3	99	>=	86	0		
Constraint 2		78.3	80.8	67.9	79		>=	70	0		
Constraint 3		0.26	0.23	0.09	0.16	38	>=	0.6	0		
Constraint 4		0.26	0.23	0.09	0.16	38	<=	1	0		
Constraint 5		0.16	0.41	1.39	0.62		>=	0.7	0		
Constraint 6		0.16	0.41	1.39	0.62		<=	1	0		
Constraint 7		1	1	1	1	1	=	1	-1755.6		
Constraint 8		1					<=	0.4	0		
Constraint 9			1				>=	0.1	-848.4		
Constraint 10			1				<=	0.5	0		
Constraint 11				1			<=	0.4	177		
Constraint 12					1		<=	0.3	401.4		
Constraint 13						1	<=	0.02	1755.6		
Solution		0.18	0.1	0.4	0.3	0.02		1587.11			

Gambar 9. Hasil *linier programming* menggunakan aplikasi POM QM

Pengembangan Sistem Formulasi Ransum untuk Kebutuhan Ternak Ruminansia Menggunakan *Linier Programming* — 9/11



Gambar 10. *Prototype* hasil dengan bahan segar



Gambar 12. Hasil formulasi ransum menggunakan aplikasi WinFeed

Tabel 3. Daftar Kebutuhan Pengguna

Kebutuhan	Keterangan
Melakukan formulasi ransum	Pengguna dapat melakukan formulasi dengan dapat mengatur nilai nutrisi kebutuhan ternak dan jumlah pakan yang akan digunakan untuk formulasi
Mengelola data pakan	Admin dapat mengelola data pakan yang bisa digunakan untuk formulasi serta kandungan nutrisi yang berada pada pakan
Mengelola data ternak	Admin dapat mengelola data ternak serta kebutuhan nutrisi pada ternak
Melihat informasi ternak dan kebutuhan nutrisinya	Pengguna dapat melihat informasi ternak dan kebutuhan nutrisinya
Melihat informasi pakan dan kandungan nutrisinya	Pengguna dapat melihat informasi pakan dan kandungan nutrisinya

Gambar 11. Hasil formulasi ransum pada aplikasi Dairy Feed

Tabel 4. Bahan pakan dan batasan penggunaannya pada pengujian

Bahan Pakan	Harga (Rp/kg)	Min (%)	Max (%)
Dicalcium fosfat	10000	0	100
Dedak padi halus	1500	10	30
Pollard	2300	20	100
Bungkil kedelai	7000	2	100
Onggok	2200	10	100
Bungkil Sawit	2500	10	25
Molases	2000	10	15
Kapur	750	0	2
Jagung	3000	15	100

Tabel 5. Batasan kebutuhan nutrisi pada pengujian

Nutrien	Min	Max
Bahan kering (%)	86	100
Abu (%)	0	100
Protein kasar (%)	15	100
Lemak kasar (%)	0	100
Serat kasar (%)	0	100
BetaN (%)	0	100
TDN	70	100
Kalsium (%)	1	100
Phospor (%)	1	100

Tabel 6. Hasil formulasi ransum dan komposisi bahan pakan

Hasil	DF	WF
Dicalcium fosfat (%)	1.72	1.72
Dedak padi halus (%)	10	10
Pollard (%)	32.01	32.01
Bungkil kedelai (%)	8.09	8.09
Onggok (%)	10	10
Bungkil Sawit (%)	11.19	11.19
Molases (%)	10	10
Kapur (%)	2	2
Jagung (%)	15	15

Tabel 7. Nilai nutrisi pada hasil formulasi ransum

Nutrien	DF	WF
Bahan kering (%)	86	86
Abu (%)	5.34	5.34
Protein kasar (%)	15	15
Lemak kasar (%)	4.33	4.33
Serat kasar (%)	9.05	9.05
BetaN (%)	62.61	62.61
TDN (%)	72.45	72.45
Kalsium (%)	1.42	1.42
Phospor (%)	1	1

Tabel 8. Daftar Kebutuhan Pengguna

Kebutuhan	Keterangan
Menyimpan hasil formulasi	Pengguna dapat menyimpan hasil ransum untuk dapat diakses kembali dan dicetak
Perhitungan hasil dengan bahan segar	Hasil yang didapatkan dari linier merupakan komposisi bahan segar
Registrasi	Pengguna wajib melakukan login sebelum melakukan formulasi dan pengguna dapat membuat akun melalui registrasi

Tabel 9. Bahan pakan dan batasan penggunaannya pada pengujian

Bahan Pakan	Harga (Rp/kg)	Pengujian 1		Pengujian 2	
		Min (%)	Max (%)	Min (%)	Max (%)
Jagung	3000	5	100	10	100
Dedak padi halus	1800	5	30	0	30
Onggok	2200	3	10	0	100
Bungkil Sawit	1400	0	30	0	25
Kapur	500	0	1	0	1
Dicalcium Fosfat	20000	2	100	0	100
Bungkil Kelapa	2750	3	100	30	100

Tabel 10. Batasan kebutuhan nutrisi pada pengujian

Nutrien	Pengujian 1		Pengujian 2	
	Min	Max	Min	Max
Bahan kering (%)	80	100	0	100
Abu (%)	0	100	0	100
Protein kasar (%)	10	100	15	100
Lemak kasar (%)	7	100	0	100
Serat kasar (%)	10	100	0	100
BetaN (%)	0	100	0	100
TDN	60	100	65	100
Kalsium (%)	0.5	1	1	100
Phospor (%)	0.5	1	0.5	100

Tabel 11. Nilai komposisi pakan pada hasil formulasi

Hasil	Pengujian 1		Pengujian 2	
	DF	WF	DF	WF
Jagung (%)	33.17	14.63	10	10
Dedak padi halus (%)	20.85	15.95	30	30
Onggok (%)	10	10	2.14	1.9
Bungkil Sawit (%)	30	30	25	25
Kapur (%)	0.98	1	1	1
Dicalcium Phospat (%)	2	2	1.86	2.1
Bungkil Kelapa (%)	3	26.43	30	30
Harga BK (Rp/kg)	2497	2497	2741	2786

Tabel 12. Nilai nutrisi pada hasil formulasi

Nutrien	Pengujian 1		Pengujian 2	
	DF	WF	DF	WF
Bahan kering (%)	87.64	88.03	88.61	88.53
Abu (%)	5.26	6.11	7.81	8.89
Protein kasar (%)	11.95	14.35	15.31	17.26
Lemak kasar (%)	7.15	8.49	9.27	10.44
Serat kasar (%)	14.38	16.38	14.60	18.51
BetaN (%)	60.61	53.88	49.7	56.7
TDN (%)	74.85	74.98	73.3	83.16
Kalsium (%)	1	1	1	1
Phospor (%)	1	1	1.17	1.26