

Pengembangan Aplikasi Pembuat Ransum Sapi Optimal dengan Harga Termurah Menggunakan Algoritma Titik Interior

Haning Nanda Hapsari
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung
Bandung, Indonesia
13519042@std.stei.itb.ac.id

Rinaldi Munir
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung
Bandung, Indonesia
rinaldi@informatika.org

Abstract— Program swasembada daging sapi digencarkan oleh Kementerian Pertanian pada tahun 2016 yang diperkirakan terwujud pada tahun 2026. Namun, kebutuhan daging sapi tiap tahun meningkat yang menyebabkan pemerintah melakukan impor daging sapi secara besar-besaran untuk memenuhi kebutuhan daging sapi dan menekan harga daging sapi lokal yang semakin mahal. Selain itu, meningkatnya harga bahan pakan juga menjadi salah satu alasan sapi lokal lebih mahal dibandingkan sapi impor. Untuk itu, diperlukan penyusunan komposisi ransum yang memenuhi kebutuhan nutrisi ternak, tetapi memiliki harga termurah untuk menekan biaya pemeliharaan sapi. Penyusunan komposisi ransum ini dapat dilakukan dengan menggunakan algoritma titik interior, yang mana algoritma ini dikenal sebagai salah satu algoritma optimasi yang memiliki waktu ekeksi yang singkat, serta mendapatkan hasil yang paling optimal. Pada implementasinya, penyusunan ransum ini dapat dilakukan melalui *website* dengan hanya mengisikikan kebutuhan nutrisi ternak dan bahan pakan yang tersedia. Berdasarkan pengujian terhadap hasil penyusunan ransum, nilai kebutuhan nutrisi yang didapatkan telah sesuai dengan kebutuhan ternak, meskipun terdapat sedikit perhitungan yang kurang tepat akibat pembulatan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa algoritma titik interior dapat digunakan untuk membuat komposisi ransum yang sesuai dengan kebutuhan ternak dan memiliki harga paling murah.

Kata Kunci- sapi, ransum, algoritma titik interior.

I. PENDAHULUAN

Peternakan adalah salah satu subsektor dari sektor pertanian. Sub sector ini sangat berperan dalam perekonomian masyarakat dan ketersediaan pangan. Selain itu, Kementerian Pertanian Indonesia Tahun 2016 memiliki sebuah program swasembada daging sapi yang bertujuan untuk mengakselerasi tercapainya target pemenuhan kebutuhan sapi potong pada 2026. Swasembada ini dapat dikatakan berhasil apabila produksinya mencapai 90 persen dari kebutuhan nasional [1].

Sapi merupakan salah satu hewan memamah biak yang perlu memenuhi kebutuhan nutrisi untuk tumbuh dan berkembang dengan baik. Nutrisi ini didapatkan dari tiga sumber utama yaitu hijauan, sumber karbohidrat, dan sumber protein. Ketiga sumber nutrisi ini digabungkan menjadi satu kesatuan yang disebut ransum. Namun, harga pakan yang

mahal dan kurangnya pengetahuan mengenai nutrisi ternak menyebabkan para peternak kurang memperhatikan kandungan dari ransum yang diberikan.

Saat ini sudah terdapat beberapa aplikasi yang dapat digunakan oleh para peternak untuk membantu melakukan kalkulasi ransum yang baik. Namun, beberapa aplikasi tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Adapun masalah utama yang dapat disimpulkan dari beberapa aplikasi tersebut adalah sulitnya akses aplikasi dan juga hasil yang diberikan oleh aplikasi belum optimal dan memberikan harga yang paling murah.

Aplikasi yang paling sering digunakan para peternak saat ini adalah aplikasi kalkulator *trial and error* menggunakan *Microsoft Office Excel*. Aplikasi ini tidak mampu melakukan kalkulasi untuk mendapatkan harga ransum termurah, melainkan hanya melakukan kalkulasi kandungan nutrisi sesuai yang diinputkan pengguna. Meskipun demikian, Loka Penelitian Sapi Potong Balitbangtan Kementan pada tahun 2021 sudah merilis aplikasi Bernama Si Bapak Sapi yang isinya sama dengan kalkulator *trial and error* tersebut, tetapi dengan adanya aplikasi ini peternak dapat melakukan kalkulasi ransum melalui ponsel.

Salah satu aplikasi penghitung ransum lain yang biasa digunakan peternak yaitu kalkulator LCR (Least Cost Ration). Mirip dengan kalkulator *trial and error*, kalkulator ini juga digunakan menggunakan bantuan *Microsoft excel*. Aplikasi LCR ini sudah memiliki kemampuan untuk mendapatkan hasil yang memenuhi kebutuhan nutrisi dan juga memiliki harga termurah [4]. Namun, aplikasi ini hanya bisa digunakan pada PC karena menggunakan *solver* yang berisi algoritma untuk optimisasi hasil. Algoritma yang digunakan pada *solver* juga memiliki kecepatan yang relatif lambat jika dibandingkan dengan algoritma optimisasi lain seperti algoritma titik interior.

Dari berbagai kekurangan tersebut diperlukan sebuah aplikasi yang dapat dengan mudah dan cepat untuk melakukan kalkulasi ransum optimal yang harga termurah dan dapat diakses dalam segala tempat. Salah satu solusi yang dapat dilakukan yaitu membangun sebuah aplikasi berbasis *website* yang digunakan untuk melakukan kalkulasi ransum optimal dan memiliki harga termurah menggunakan algoritma optimisasi

yang cepat. Salah satu algoritma tersebut adalah algoritma titik interior.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Bahan Pakan Ternak dan Ransum

Bahan makanan ternak atau yang biasa disebut bahan pakan (*feedstuff*) adalah segala bahan yang dapat dimakan dan dicerna oleh ternak baik sebagian maupun keseluruhan yang dapat menunjang kelangsungan hidup ternak [6]. Bahan pakan yang diberikan kepada ternak selama 24 jam tanpa memperhatikan kualitas dan kuantitasnya disebut ransum (*ration*). Ransum yang *balanced* memiliki jumlah kandungan nutrisi yang sesuai dengan tujuan pemeliharannya. Beberapa Bahan pakan yang digunakan untuk menyusun ransum disebut bahan penyusun ransum (*feed ingredient*).

Fraksi dalam bahan pakan dapat dibagi menjadi 6 bagian berdasarkan hasil analisis proksimat metode Weende dan analisis serat Van Soest. Menurut Henneberg & Stokman pada tahun 1985 [5] pembagiannya adalah sebagai berikut.

1. Bahan kering (BK)
Bahan kering diperoleh dengan cara memanaskan bahan hingga semua air yang berada didalamnya menguap sehingga berat timbangannya menjadi tetap (*constant*).
2. Abu dan mineral
Abu dan mineral suatu bahan pakan diperoleh dari pembakaran sempurna bahan pakan pada temperatur 550 derajat celcius sampai semua bahan organik terbakar dan ditandai dengan bahan pakan telah berwarna putih atau abu-abu.
3. Ekstrak eter (EE)
Ekstrak eter adalah semua bahan organik yang terlarut dalam pelarut lemak.
4. Serat kasar (SK)
Serat kasar tahan terhadap hidrolisis asam lemah dan basa lemah. Serat kasar merupakan bagian tanaman yang sulit dicerna oleh ternak non ruminansia sehingga serat kasar ini digunakan sebagai pembatas kualitas suatu bahan pakan.
5. Protein kasar (PK)
Protein diperoleh dari hasil perkalian antara Nitrogen (N) yang diperoleh dari hasil analisis suatu bahan dengan konstanta 6,25. Protein rata-rata mengandung 16% N sehingga didapatkan 6,25 sebagai faktor pengali. Hasil analisis ini disebut protein kasar atau (*crude protein*) karena dihitung dari semua nitrogen yang ditetapkan.
6. Ekstrak tanpa nitrogen (ETN)
Ekstrak tanpa nitrogen (ETN) atau biasa juga disebut bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) merupakan karbohidrat yang larut dalam perebusan asam dan basa lemah selama 30 menit. ETN sebagian besar terdiri dari karbohidrat yang mudah larut. Energi yang dihasilkan dari karbohidrat ini adalah 3,75-4,75 Kkal.

B. Komponen Ransum Sapi

Sapi merupakan salah satu hewan ruminansia. Adapun hal-hal yang harus tersedia dalam komponen ransum khususnya ruminansia adalah sebagai berikut.

1. Sumber serat
Ciri-ciri dari sumber serat yaitu memiliki kandungan serat kasar (SK) lebih dari 18%. Contoh sumber serat yaitu rerumputan, dedaunan dan sisa hasil pertanian seperti jerami padi dan jerami jagung.
2. Sumber energi
Sumber energi identik dengan semua bahan pakan yang mengandung karbohidrat. Apabila dilakukan analisis kimia, bahan sumber energi ini memiliki serat kasar kurang dari 18% dan protein kasar kurang dari 20%. Contoh sumber energi yaitu padi, jagung, ketela, sisa pertanian seperti dedak dan bekatul.
3. Sumber protein
Sumber protein merupakan salah satu komponen yang sangat penting, tetapi sering kali ditinggalkan oleh para peternak. Hal ini dikarenakan ketersediaannya yang cukup sulit ditemukan dan memungkinkan peternak untuk membeli bahan tersebut. Ciri-ciri sumber protein berdasarkan analisis kimianya yaitu memiliki serat kasar (SK) kurang dari 18% dan protein kasar (PK) lebih dari 20%. Beberapa contoh sumber protein yaitu kedelai, kacang tanah, dan bungkil.

C. Kebutuhan Sapi dan Formulasi Ransum Sapi

Kebutuhan nutrisi ternak khususnya pada sapi sangat bervariasi karena diperkirakan berdasarkan umur, jenis pemeliharaan, tingkat produktivitas sapi, performa sapi, dan bobot sapi. Terdapat beberapa komponen nutrisi yang dibutuhkan oleh sapi, seperti protein, TDN, kalsium, dan fosfor.

Dalam Menyusun ransum yang sesuai dengan kebutuhan nutrisi sapi, formula yang digunakan untuk menghitung kandungan nutrisi dari beberapa bahan pakan adalah sebagai berikut.

$$y_1(b_1)(x_1)+y_2(b_2)(x_2)+\dots+y_n(b_n)(x_n) \geq y$$
$$x_1+ x_2+\dots+ x_n= 1$$

Dalam hal ini,

y = kandungan nutrisi yang ingin diperoleh

y_n = kandungan nutrisi yang dimiliki oleh bahan n

b_n = berat kering dari bahan n

x_n = persentase bahan n dalam ransum

D. Algoritma Titik Interior

Algoritma titik interior adalah algoritma untuk memecahkan permasalahan program linier yang memotong atau menembus titik dari daerah fisibel hingga solusi yang optimum dari permasalahan. Pendekatan umum yang digunakan dalam algoritma ini adalah untuk memperoleh urutan penyelesaian percobaan awal yang semakin baik hingga tercapai solusi yang optimal. Menurut Hillier & Lieberman [2], Algoritma Titik Interior mempunyai konsep atau pemikiran dasar sebagai berikut.

Konsep 1 : bergerak melalui daerah layak menuju suatu penyelesaian optimal.

Konsep 2 : bergerak dalam arah yang meningkatkan nilai fungsi tujuan dengan tingkat kecepatan yang paling tinggi.

Konsep 3 : mengubah daerah layak tersebut untuk menempatkan penyelesaian percobaan sekarang menjadi sedekat mungkin pada titik pusatnya dan dengan demikian memungkinkan peningkatan yang besar jika melaksanakan pemikiran konsep 2.

Berikut ini merupakan langkah-langkah mengoptimalkan fungsi objektif dengan menggunakan algoritma titik interior dengan fungsi objektif $Z = c^T x$ dengan kendala $Ax = b$ dan $x \geq 0$.

1. Memilih titik interior

$$\bar{X}^0 = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

2. Menentukan $\bar{A} = AD$ dan $\bar{c} = Dc$

3. Menentukan matriks proyeksi $P = I - A^T(AA^T)^{-1}A$

4. Menentukan *projected gradient* $c_p = PC$ dan $v = \lfloor c_p \rfloor$

5. Menentukan dengan iterasi koordinat titik baru

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} + \frac{a}{v} * c_p$$

6. Menentukan $\bar{X} = D\underline{X}$

Hal ini dilakukan terus menerus menggunakan iterasi hingga menuju ke nilai optimal baik minimal maupun maksimal. Nilai dikatakan optimal jika nilai $Z(\bar{X}^{k+1}) \leq Z(\bar{X}^k)$ atau $Z(\bar{X}^{k+1}) \geq Z(\bar{X}^k)$, bergantung pada kasus yang ingin diselesaikan.

E. NuxtJS

NuxtJS merupakan turunan dari Vue.js. Vue.js dianggap sebagai sebuah *framework* yang *approachable*, memiliki performa yang baik, dan serbaguna untuk membangun *interface* dari suatu *website*. Pada dasarnya, Vue merupakan sebuah *framework* Javascript untuk membangun *interface* dengan memanfaatkan *standard* HTML, CSS, dan Javascript.

NuxtJS memiliki berbagai macam kelebihan dibandingkan dengan Vue.js. Nuxt meningkatkan SEO lebih baik dibanding dengan aplikasi halaman tunggal yang lain, melakukan *routing* secara otomatis, dan sudah banyak konfigurasi yang dilakukan secara otomatis. Hal ini tentu saja mempermudah *developer* dalam melakukan pengembangan aplikasi.

F. Flask

Flask merupakan sebuah *framework* milik Python yang berfungsi untuk membantu pengembangan *website*. *Framework* ini masuk kedalam kategori *microframework* karena dapat membantu untuk membuat *core* dengan sintaks yang sederhana. Karena merupakan keluaran dari Python, *framework* ini mampu digunakan dalam berbagai macam hal, seperti *web development*, pembuatan *game* berbasis *website* dan *machine learning*. Dalam *web development*, flask sangat fleksibel karena dapat digunakan untuk mendukung pengembangan *frontend* maupun *backend*.

Flask memiliki banyak kelebihan dibandingkan *framework* lainnya. *Framework* ini memiliki bahasa yang mudah dimengerti pemula karena menggunakan bahasa Python. Selain itu, flask juga memiliki fungsi dasar yang *support* terhadap berbagai macam *library*, *module*, dan *plugin* sehingga mampu membangun *website* yang sangat kompleks.

G. Scipy

Scipy adalah salah satu *library open-source* milik Python yang digunakan untuk membantu perhitungan ilmiah. *Library* ini dibuat dengan memanfaatkan ekstensi Numpy. Numpy sendiri memiliki kegunaan untuk melakukan operasi vektor dan matriks.

Scipy menyediakan berbagai algoritma optimasi, integrasi, interpolasi, persamaan aljabar, statistic, dan beberapa permasalahan lain. Karena merupakan *library* Python, Scipy merupakan *high level syntax* sehingga mudah digunakan oleh *programmer* dari berbagai pengalaman. Salah satu contoh penggunaan Scipy yaitu melakukan kalkulasi optimasi menggunakan algoritma titik interior. Model matematika dari persoalan dikelompokkan kedalam beberapa *array* sesuai dengan parameter yang diminta oleh *library*. Iterasi maksimal yang dilakukan dalam algoritma ini secara *default* yaitu sebanyak 1000 iterasi.

H. JSON

JavaScript Object Notation (JSON) merupakan *lightweight data-interchange format*. JSON sangat mudah dibaca oleh manusia dan juga mesin. JSON merupakan format yang bebas, tetapi sangat familiar untuk *programmer* bahasa C, C++, JavaScript, Python, dan banyak lainnya. JSON dibangun atas dua struktur yaitu pasangan nama dan *list of values*. Pada JSON, data diambil dalam bentuk objek.

I. Vue-EasyTable dan VueHtml2Pdf

Vue-Easytable merupakan *plugin* dari *framework* Vue yang dapat membantu mempermudah pembuatan tabel. *Plugin* ini dapat digunakan pada *framework* NuxtJS karena NuxtJS merupakan salah satu *framework* turunan dari Vue. *Plugin* ini mampu membuat 300.000 baris dari *data display*.

VueHtml2Pdf adalah *plugin* yang digunakan untuk mengubah komponen-komponen dalam Vue kedalam bentuk PDF yang kemudian dapat diunduh. *Plugin* ini memiliki banyak pilihan dalam penggunaannya, seperti ukuran kertas yang akan digunakan, orientasi kertas, *margin*, dan *preview* sebelum di unduh.

III. ANALISIS DAN RANCANGAN SOLUSI

A. Analisis Kebutuhan Sistem

Komposisi ransum yang dibutuhkan oleh masing-masing hewan ternak berbeda-beda, bergantung pada kebutuhan pemeliharaan hewan. Namun, saat ini para peternak kurang memperhatikan kandungan nutrisi hewan ternaknya. Ada beberapa faktor utama yang mempengaruhi hal tersebut yaitu ketidaktahuan peternak mengenai komposisi ransum yang perlu diberikan dan harga pakan yang mahal. Kedua faktor ini menyebabkan para peternak memberi makan hewan ternak

dengan pakan seadanya dengan hanya berpatokan pada tingkat konsumsi hewan ternak. Dengan demikian, nutrisi yang dibutuhkan oleh hewan ternak tidak tercukupi.

Terdapat beberapa penelitian yang bertujuan untuk menyelesaikan masalah tersebut, seperti penelitian yang dilakukan oleh Hidayat & Mukhlas (2015) pada [3] dan Shultz dkk. (2020) pada [4]. Balitbangtan Kementan juga ikut andil dalam menyelesaikan permasalahan tersebut melalui aplikasi bernama Si Bapak Sapi. Ketiga penelitian ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing sehingga belum efektif digunakan oleh para peternak. Kekurangan dari ketiga penelitian ini yaitu masih dibutuhkannya pengetahuan yang cukup mengenai ilmu peternakan, hasil kalkulasi yang belum mencapai harga termurah, dan kesulitan dalam penggunaan sistem. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem kompleks yang efektif dan mempermudah para peternak melakukan kalkulasi untuk menentukan komposisi ransum yang cocok untuk masing-masing hewan ternaknya.

B. Analisis Solusi

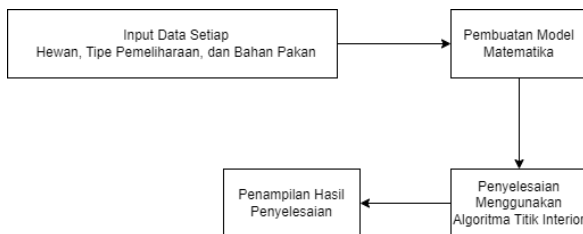
Dari analisis kebutuhan di atas, didapatkan analisis solusi sebagai berikut.

1. Untuk mengatasi permasalahan kebutuhan ilmu peternakan dalam penggunaan aplikasi kalkulasi ransum dapat diatasi dengan penambahan data mengenai ilmu peternakan pada aplikasi sehingga peternak hanya perlu memilih tujuan pemeliharaan ternak.
2. Untuk menyelesaikan permasalahan kalkulasi komposisi yang belum mencapai harga termurah dapat diselesaikan dengan pembuatan program optimasi menggunakan algoritma titik interior.
3. Untuk permasalahan kesulitan dalam penggunaan sistem dapat diatasi dengan membuat sistem berbasis *website* yang dapat diakses di segala tempat dengan disertai fitur-fitur yang sederhana sehingga mempermudah peternak dalam penggunaan aplikasi.

Berdasarkan analisis solusi diatas didapatkan usulan solusi yaitu membuat aplikasi berbasis *website* yang mempermudah peternak melakukan kalkulasi komposisi ransum yang memiliki harga termurah menggunakan algoritma titik interior dengan hanya menginputkan komponen-komponen yang tersedia beserta tujuan pemeliharaan ternak.

C. Gambaran Umum Solusi

Secara garis besar, alur dari solusi yang dibuat adalah seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Blok Diagram Solusi

Adapun penjelasan dari blok diagram di atas adalah sebagai berikut.

1. Input data setiap hewan, tipe pemeliharaan, dan bahan pakan

Pengguna diminta untuk melakukan input data hewan-hewan yang akan dilakukan kalkulasi komposisi ransum. Input data ini meliputi nama hewan, bobot hewan, dan tipe pemeliharaan. Tipe pemeliharaan dalam aplikasi ini antara lain penggemukan (*fattening*), sapi dara, sapi bunting, dan sapi menyusui. Pemilihan tipe pemeliharaan ini mempengaruhi nutrisi yang diperlukan oleh sapi.

Selain itu, pengguna juga diminta untuk menginputkan bahan pakan yang tersedia, dan harus mencakup nutrisi minimal yang diperlukan oleh hewan. Bahan tersebut terdiri dari hijauan, sumber energi, dan sumber protein. Adapun data bahan pakan dan tipe pemeliharaan digambarkan dalam basis data yang dapat dilihat pada Gambar 2.

bahanransum		typeofmaintenance	
PK	id	PK	id
	nama		type
	category		gender
	bk		weight
	cp		adg
	p		dmi
	ca		me
	tdn		tdn
	me		cp
	minpercentage		ca
	maxpercentage		p
	harga		

Gambar 2 Entity Diagram

2. Pembuatan model matematika

Setelah dilakukan berbagai macam input, dilakukanlah pembuatan model matematika dari berbagai macam input tersebut. Model matematika yang dibuat yaitu beberapa pertidaksamaan dengan konstanta yang didapatkan dari input yang dipilih. Berikut merupakan bentuk umum dari model matematika yang dibuat.

$$\begin{aligned}
 (p_1)(b_1)(x_1) + (p_2)(b_2)(x_2) + \dots + (p_n)(b_n)(x_n) &\geq p \\
 (k_1)(b_1)(x_1) + (k_2)(b_2)(x_2) + \dots + (k_n)(b_n)(x_n) &\geq k \\
 (f_1)(b_1)(x_1) + (f_2)(b_2)(x_2) + \dots + (f_n)(b_n)(x_n) &\geq f \\
 x_1 + x_2 + \dots + x_n &= 1 \\
 x_1, x_2, \dots, x_n &\geq 0 \\
 Z &= h_1(x_1) + h_2(x_2) + \dots + h_n(x_n)
 \end{aligned}$$

Dalam hal ini,

- p = persentase protein yang ingin dicapai,
- p_n = persentase kandungan protein bahan n ,
- k = persentase kalsium yang ingin dicapai,
- k_n = persentase kandungan kalsium bahan n ,
- f = persentase fosfor yang ingin dicapai,
- f_n = persentase kandungan fosfor bahan n ,
- b_n = berat kering bahan n ,
- x_n = kandungan bahan n dalam ransum,
- h_n = harga bahan n per kg,
- Z = total harga ransum per kg

Untuk melakukan penyelesaian menggunakan algoritma titik interior, model matematika diatas perlu dibuat beberapa matriks sebagai berikut.

$$C = \begin{bmatrix} -h_1 \\ -h_2 \\ \dots \\ -h_n \\ hs_1 \\ hs_2 \\ \dots \\ hs_n \end{bmatrix}; A = \begin{bmatrix} -p_1(b_1) & -p_2(b_2) & \dots & -p_n(b_n) & 1 & 0 & 0 \\ -k_1(b_1) & -k_2(b_2) & \dots & -k_n(b_n) & 0 & 1 & 0 \\ -f_1(b_1) & -f_2(b_2) & \dots & -f_n(b_n) & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \\ xs_1 \\ xs_2 \\ \dots \\ xs_n \end{bmatrix}; b = \begin{bmatrix} -p \\ -k \\ -f \\ 1 \end{bmatrix}; \alpha = 0,9$$

- Penyelesaian menggunakan algoritma titik interior
Penyelesaian model matematika yang dibuat adalah dengan menggunakan algoritma titik interior. Algoritma ini akan melakukan *looping* hingga mendapatkan nilai tujuan atau *loop* sudah mencapai batas. Pada aplikasi ini, digunakan library *scipy* untuk melakukan optimasi menggunakan algoritma titik interior.
- Penampilan hasil penyelesaian
Dalam penyelesaian menggunakan algoritma titik interior, solusi dapat berhasil ditemukan atau tidak. Apabila tidak ditemukan maka hasil akan memunculkan pesan *error*. Jika solusi dapat ditemukan, maka akan dilakukan kalkulasi komposisi ransum untuk masing-masing hewan berdasarkan data hewan yang telah diinputkan.

D. Rancangan Aplikasi

Adapun kebutuhan fungsional dan non fungsional dari aplikasi yang ingin dicapai tertera pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Kebutuhan Fungsional dan Non Fungsional

ID	Kebutuhan Fungsional dan Non Fungsional
F-01	Sistem dapat melakukan input data yang dibutuhkan untuk kalkulasi ransum
F-02	Sistem dapat menampilkan komposisi kimia dari bahan penyusun yang diinputkan
F-03	Sistem dapat melakukan validasi apakah data yang dibutuhkan untuk kalkulasi ransum sudah terpenuhi atau belum
F-04	Sistem dapat melakukan kalkulasi ransum yang optimal dengan harga yang termurah
F-05	Sistem dapat menampilkan hasil kalkulasi ransum
F-06	Sistem menyediakan fitur download hasil kalkulasi ransum yang telah dibuat
NF-01	Sistem dibuat dalam bentuk <i>website</i>
NF-02	Sistem dapat diakses pada banyak aplikasi browser
NF-03	Sistem memiliki atarmuka yang mudah dipahami
NF-04	Sistem dapat diakses melalui perangkat PC atau <i>smartphone</i>

IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

A. Implementasi Aplikasi

Lingkungan pengembangan aplikasi yang dibuat adalah sebagai Berikut.

- Bahasa pemrograman dan *plugin*
Pengembangan aplikasi pada tugas akhir ini menggunakan bahasa pemrograman berbeda pada masing-masing bagian

baik *frontend* pada sisi *client* maupun *backend* pada sisi *server*. Karena aplikasi yang dibuat merupakan aplikasi *website*, pada bagian *frontend* digunakan HTML, CSS, dan Javascript dalam pengembangan *interface*. Untuk mempermudah pembuatan *interface* aplikasi, digunakan *framework* NuxtJS dalam pengembangan *interface*. Pemilihan *framework* NuxtJS karena performa dari NuxtJS lebih optimal dibandingkan dengan SSR lainnya. Sedangkan pada bagian *backend* digunakan bahasa Python dan dibantu dengan *framework* Flask. *Framework* ini dipilih karena diperlukannya *library* Python dalam pengembangan aplikasi. Data-data yang digunakan dalam pengembangan aplikasi disimpan dalam bentuk JSON karena data yang digunakan sederhana dan tidak berubah-ubah. Apabila data-data yang digunakan dalam kalkulasi seperti data bahan pakan berubah-ubah, maka diperlukan *database* dalam mengatur *storage* data, JSON tidak dapat digunakan dalam kasus ini. Adapun plugin yang digunakan yaitu *Vue-Easytable* untuk mempermudah pembuatan tabel dan *VueHtml2Pdf* untuk mengunduh komponen tampilan. Selain itu, juga digunakan library *Scipy* dalam melakukan optimasi.

2. Kakas

Dalam proses pengembangan aplikasi ini, terdapat dua kakas yang digunakan. Adapun penggunaan dari dua kakas ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Kakas yang Digunakan dalam Pengembangan

Role	Kakas
<i>Frontend</i>	Visual Studio Code
<i>Backend</i>	Visual Studio Code
Kontrol Versi	Gitub

3. Perangkat keras

Dalam pengembangan aplikasi ini digunakan satu perangkat keras yang digunakan yaitu HP Pavilion Gaming 15-dk0xxx, Intel® Core™ i7-9750H CPU @2.60GHz (12 CPUs), Memory RAM 24 GB.

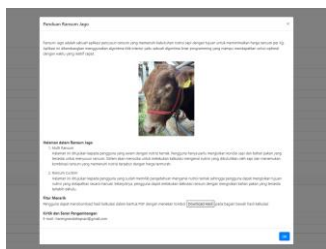
Terdapat beberapa fungsi yang dibuat untuk menyelesaikan persoalan pembuatan ransum. Fungsi-fungsi tersebut dipaparkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Implementasi Fungsi

Nama Fungsi	Dokumen	Deskripsi
<code>getitem</code>	<code>app.py</code>	Fungsi yang digunakan untuk mendapatkan data dari file json yang berisi bahan-bahan penyusun ransum beserta kandungan kimianya.
<code>gettype</code>	<code>app.py</code>	Fungsi yang digunakan untuk mendapatkan data dari file json yang berisi kebutuhan

Nama Fungsi	Dokumen	Deskripsi
calculatemulti	app.py	nutrisi dari sapi.
		Fungsi yang digunakan untuk melakukan kalkulasi ransum yang memenuhi kebutuhan nutrisi dan memiliki harga paling murah sesuai dengan input dari data tipe pemeliharaan.
calculatecustom	app.py	
		Fungsi yang digunakan untuk melakukan kalkulasi ransum yang memenuhi kebutuhan nutrisi dan memiliki harga paling murah sesuai dengan input manual pengguna.

Adapun hasil dari implementasi antarmuka dari aplikasi pembuat ransum ini dapat di lihat pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.



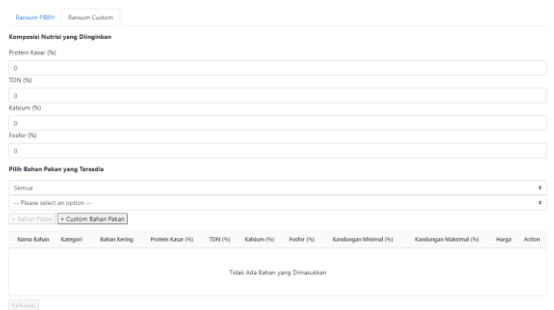
Gambar 3 Panduan Ransum

Pengguna diberikan fitur *help* yang berisi keterangan aplikasi dan cara menggunakan aplikasi.



Gambar 4 Halaman Multi Ransum

Pengguna mampu melakukan kalkulasi ransum sapi berdasarkan tipe pemeliharaannya dengan menekan navigasi multi ransum dan mengisi input berupa kondisi sapi dan bahan pakan yang tersedia.



Gambar 5 Halaman Ransum Custom

Pengguna juga mampu melakukan kalkulasi ransum sapi dengan kebutuhan nutrisi disesuaikan keinginan pengguna dengan menekan navigasi ransum custom dan mengisi input berupa nutrisi yang diinginkan dan bahan pakan yang tersedia.

Hasil Optimal Ransum
Kondisi Sapi: Jantan, 100 Kg
Berat Kering: 73 Kg
Nutrisi yang Harus Diberikan

Nama Bahan	Komposisi Bahan (%)
Protein Kasar (%)	16,4
TDN (%)	66,7
Kalsium (%)	0,8
Fosfor (%)	0,3

Nama Bahan	Presentase Bahan	Total PK	Total TDN	Total Ca	Total P	Harga
Dedak Halus (Tipe Pakan, 50-9-10%)	33,77%	16,09%	42,14%	0,09%	1,10%	2219
Bungkil Kacang Tanah	11,23%	5,48%	6,23%	0,03%	0,01%	837
Total	100%	30,00%	64,47%	0,12%	1,11%	2056

*Perhitungan ulang akan dilakukan karena bahan pembulukan

Takaran Pemberian	Nama Bahan	Takaran Bahan Kering (kg)	Takaran Bahan Basah (kg)
Dedak Halus (Tipe Pakan, 50-9-10%)		2,51	2,51
Bungkil Kacang Tanah		0,27	0,27

Download Hasil

Gambar 6 Hasil Kalkulasi Ransum

Setelah memilih navigasi dan mengisi input yang wajib diisi, pengguna dapat melakukan kalkulasi ransum dan akan menghasilkan *output* seperti pada Gambar 5.

B. Perbandingan Hasil Aplikasi dengan Perhitungan Manual

Pada subbab ini akan dibandingkan hasil kalkulasi aplikasi dengan perhitungan manual dengan kebutuhan nutrisi dan kandungan kimia bahan pakan sebagaimana tertera pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4 Kandungan Kimia dan Harga Bahan Pakan

Kandungan	Bungkil Kacang Tanah	Bekatul Padi
Berat Kering	86%	86%
Protein	56,3%	14%
TDN	65%	73%
Kandungan Minimum	0%	0%
Kandungan Maksimum	100%	100%
Harga	Rp 8000	Rp 4000

Tabel 5 Kebutuhan Nutrisi

Nutrien	Minimum
Protein	12%
TDN	60%

Dengan menggunakan aplikasi pembuat ransum sapi, didapatkan hasil persentase bungkil kacang tanah sebesar 16,38%, persentase bekatul padi sebesar 83,62%, dan harga per kg ransum yang dikalkulasi yaitu Rp 4.655,- seperti pada Gambar 8.

Hasil Optimasi Ransum

Protein Kasar (min) : 18
 TDN (min) : 60
 Kalsium (min): 0
 Fosfor (min): 0

Nama Bahan	Persentase Bahan	Total PK	Total TDN	Total Ca	Total P	Harga
Bungkil Kacang Tanah	16,38%	7,93%	9,16%	0,04%	0,10%	1311
Bekatul Padi	83,62%	10,07%	52,49%	0,04%	1,06%	3345
Total	100%	18,00%	61,65%	0,08%	1,14%	4655

*Perhitungan dapat sedikit bergeser karena faktor pembulatan

Gambar 8 Hasil Kalkulasi Pengujian

Dengan perhitungan manual, didapatkan model matematika sebagai berikut.

$$56,3(0,86)x_1 + 14(0,86)x_2 \geq 18$$

$$65(0,86)x_1 + 73(0,86)x_2 \geq 60$$

$$0 \leq x_1 \leq 1$$

$$0 \leq x_2 \leq 1$$

$$x_1 + x_2 = 1$$

$$Z = 8000x_1 + 4000x_2$$

Jika diubah menjadi matriks, hasil model matematika di atas menjadi seperti di bawah ini.

$$C = \begin{bmatrix} -8000 \\ -4000 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; A = \begin{bmatrix} -56(0,86) & -14(0,86) & 1 & 0 \\ -65(0,86) & -73(0,86) & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix};$$

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ xs_1 \\ xs_2 \end{bmatrix}; b = \begin{bmatrix} -18 \\ -60 \\ 1 \end{bmatrix}; \alpha = 0,9$$

Apabila dilakukan perhitungan secara manual dengan titik awal pemecahan yaitu $X^0 = (0,18, 0,82, 0,59, 121,54)$, maka diperoleh $ZX^0 = -4720$

Iterasi pertama dilakukan dan mendapatkan hasil seperti Berikut.

$$D_1 = \text{diag}(X^0) = \begin{bmatrix} 0,18 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,82 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,59 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 121,54 \end{bmatrix}$$

$$\bar{A}_1 = \begin{bmatrix} -8,71524 & -9,8728 & 0,59 & 0 \\ -10,062 & -51,4796 & 0 & 121,54 \\ 0,18 & 0,82 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C_1 = \begin{bmatrix} -1440 \\ -3280 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$CP_1 = \begin{bmatrix} -5,79607 \\ 1,272307 \\ -64,3269 \\ 0,059058 \end{bmatrix}$$

$$V_1 = \text{abs}(\min(CP_1)) = 64,32691$$

$$\bar{X}_1 = \begin{bmatrix} 0,918907 \\ 1,017801 \\ 0,1 \\ 1,000826 \end{bmatrix}$$

$$X^1 = \begin{bmatrix} 0,165403 \\ 0,834597 \\ 0,059 \\ 121,6404 \end{bmatrix}$$

$$ZX^1 = (-8000 \times 0,165403) + (-4000 \times 0,834597) = -4661,61$$

Karena nilai $ZX^1 \geq ZX^0$, maka dilakukan iterasi selanjutnya. Iterasi dilakukan hanya 4 kali karena nilai $ZX^4 \leq ZX^3$ menyebabkan iterasi berhenti. Nilai dari ZX^4 adalah $-4982,11$ dan nilai dari ZX^3 adalah $-4655,1905$. Adapun persentase yang didapat dari iterasi ketiga yaitu 16,38% dan 83,62%. Hal ini menandakan bahwa aplikasi pembuat ransum telah berhasil menemukan solusi paling optimal dari persoalan ransum.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Pemodelan matematika dari kandungan ransum yang dibutuhkan sapi dan kandungan kimia dari bahan pakan dalam bentuk persamaan dan pertidaksamaan matematika dapat diselesaikan menggunakan algoritma titik interior dengan tujuan meminimumkan harga bahan pakan.
2. Sistem optimasi ransum berbasis *website* yang dibangun menggunakan algoritma titik interior dapat membantu peternak untuk melakukan kalkulasi ransum dengan mudah dalam segala waktu dan tempat.
3. Hasil yang didapatkan dari sistem optimasi ransum menggunakan algoritma titik interior sudah sesuai dengan kalkulasi ransum yang optimal dengan harga termurah.

REFERENCES

- [1] [FAO] Food and Agriculture Organization. 1999. The State of Food and Agriculture. Rome.
- [2] Hillier, F., & Lieberman, G. (1990). Pengantar Riset Operasi. Erlangga
- [3] Mukhlas, I., & Hidayat, S. (2015). Rancang Bangun dan Implementasi Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Web untuk Menentukan Formulasi Ransum Pakan Ternak. Jurnal Sains dan Seni ITS, 4, 43-48.
- [4] Shultz, A. (2016). Least Cost Ration. Retrieved from <https://sites.google.com/murraystate.edu/least-cost-ration-at-msu-ky/home>
- [5] Tillman, A. D., H. Hartadi, S. Reksohadiprojo, S. Prawirokusumo, S. Lebdosukojo. (1998). Ilmu Makanan Ternak Dasar. Gadjah Mada University Press Yogyakarta.
- [6] Utomo, R., Agus, A., Noviandi, C.T., Astuti, A., Alimon, A.R. (2020). Bahan Pakan dan Formulasi Ransum. Gadjah Mada University Press.