

5. PENGUJIAN SISTEM

Bab ini akan membahas tentang pengujian sistem aplikasi yang telah dibuat. Tahap ini meliputi pengujian terhadap *dataset* yang terdiri dari bahan-bahan makanan ayam dan kriteria nutrisi yang harus dipenuhi baik nutrisi baik minimum maupun maksimum yang akan dihitung untuk mencari komposisi bahan makanan apa yang memiliki harga paling minimum menggunakan metode *Linear Programming*. Pengujian ini dilakukan dengan laptop *ASUS ROG GL553VE* dengan spesifikasi *CPU Intel Core(TM) i7-7700HQ @2.80GHz 2.81 GHz* dan *RAM 16 GB*. Pengujian *website* menggunakan 4 macam *browser* yaitu *Google Chrome*, *Microsoft Edge*, *Mozilla*, dan *Opera*.

5.1. Perangkat lunak yang digunakan

Pembuatan *Graphical User Interface (GUI)* untuk program optimasi pakan ayam menggunakan bantuan library javascript yang bernama *React*, dan penggunaan metode *Linear Programming* skripsi ini menggunakan *Python* (dengan bantuan library *pulp* dan *ortools.linear_solver*) dan keduanya ini dilakukan pada *Visual Studio Code*.

5.2. Hasil Pengujian

Pengujian akan dilakukan menggunakan dataset yang sudah dimasukkan kedalam *database MySQL* yang berisi data bahan-bahan makanan beserta harga dan kandungan nutrisi dalam bahan tersebut, serta kriteria nutrisi dari jenis-jenis pakan ayam yang sudah disediakan oleh program baik parameter minimum maupun parameter maksimum. Ketika program dijalankan, user diminta untuk memasukkan jenis pakan ayam (*phase*) dan bahan-bahan apa saja yang ingin digunakan. Kemudian program akan mengeluarkan komposisi bahan makanan yang ditemukan, total harga makanan, dan total nutrisi yang dihasilkan. Namun apabila tidak ada bahan makanan yang bisa memenuhi nutrisi yang dipilih, maka program akan mengeluarkan output yaitu teks berupa "Tidak ada solusi ditemukan". Jadi hasil dari pengujian ini adalah yang pertama yaitu, mencari jumlah bahan makanan yang bisa digunakan untuk memenuhi kriteria nutrisi yang dipilih. Yang kedua adalah membandingkan total harga makanan yang dihasilkan oleh program optimasi pakan ayam dengan formulasi pakan ayam lainnya (bisa dari *paper*, maupun kasus nyata pada kandang ayam).

5.3. Cara Pengujian

Pengujian akan dilakukan pada beberapa *paper* yang berisi tentang penelitian yang membahas tentang formulasi pakan ayam yang telah dilakukan beberapa macam percobaan. Didalam *paper* tersebut berisi bahan-bahan makanan yang ada akan digunakan untuk pengujian, jumlah dari bahan makanan (jumlah bahan makanan memiliki nilai dalam persentase), dan parameter nutrisi yang harus dicukupi pada penelitian itu. Jadi komposisi bahan makanan yang ada pada *paper-paper* tersebut akan dimasukkan kedalam program optimasi pakan ayam dengan jumlah total bahan makanan sebanyak 1500 kg. Jumlah bahan makanan yang ada di dalam *paper* tersebut akan dimasukkan kedalam kolom min pada halaman *formulate* dengan *phase* (parameter nutrisi) yang sudah dibuat berdasarkan nutrisi yang diminta dalam *paper* tersebut. Setelah bahan-bahan sudah input, hasil nutrisi total akan muncul di *result*. Pengujian pada skripsi ini dilakukan dengan cara, dengan bahan-bahan makanan yang sama (bahannya saja sama, namun jumlahnya berbeda), program optimasi harus mengeluarkan solusi bahan makanan yang memenuhi semua kriteria nutrisi yang harus dipenuhi sesuai dengan dengan harga yang lebih minimum daripada komposisi bahan makanan yang ada dalam *paper*.

5.3.1. Pengujian terhadap paper “Feed formulation using phytase in laying hen diets” milik F. G. Silversides dan M. Hruby

Dalam penelitian “*Feed formulation using phytase in laying hen diets*” yang ditulis oleh F. G. Silversides dan M. Hruby, membahas tentang pemberian pakan ayam jenis *Lohmann LSL-Lite* dan *Classic Brown* yang dibesarkan dan dikandangkan di Pusat Penelitian Agassiz mengikuti rekomendasi panduan manajemen. Dalam percobaan kali ini (total jumlah makanan sebanyak 1500 kg), penulis memiliki formulasi pakan dengan bahan-bahan makanan yaitu:

- *CAMELINA MEAL [CR]*: 230.55 kg
- *CANOLA MEAL [CR]*: 75.00 kg
- *CORN [CR]*: 787.80 kg
- *DICAL. PHOS.*: 20.10 kg
- *DL-METHIONINE*: 1.50 kg
- *LIMESTONE*: 152.25 kg
- *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]*: 75.00 kg
- *VITAMIN PREMIX*: 3.30 kg
- *WHEAT [SID]*: 154.50 kg

- I. Pengujian terhadap ayam Lohman LSL-Lite pada umur dari minggu ke 31 - 45

Untuk pengujian yang pertama, pengujian ini diujikan kepada ayam dengan jenis *Lohman LSL-Lite* pada umur dari minggu ke 31 - 45. Ada 3 formula diet yang dipakai untuk ayam jenis ini yaitu, formula yang mengandung 0, 300, dan 600 U/kg *fitase* dengan atau tanpa penambahan enzim, di mana *fitase* dianggap mampu melepaskan P (fosfor), Ca (*calcium*), energi, dan protein. Pengujian kali ini menggunakan formulasi pakan ayam yang mengandung 0 U/kg dan tanpa penambahan enzim apapun. Berikut ini parameter nutrisi yang harus dipenuhi yaitu:

Tabel 5.1. Tabel parameter nutrisi ayam jenis Lohmann LSL-Lite

Tabel minimal nutrisi yang harus dipenuhi oleh pakan ayam Lohman LSL-Lite dan nutrisi yang telah dihasilkan oleh pakan ayam tersebut

Parameter	Minimal nutrisi yang harus dipenuhi	Nutrisi yang telah terpenuhi
<i>ME</i>	2800	4246.16
<i>Crude_Protein</i>	16500	22047.04
<i>EE</i>	0	6139.95
<i>CF</i>	0	6176.64
<i>Ca</i>	4200	6389.13
<i>Total_P</i>	390	965.86
<i>Avail_P</i>	0	498.79
<i>Na</i>	0	59.9
<i>Cl</i>	0	48.6
<i>Choline</i>	0	1985.49
<i>dLYS</i>	800	835.17
<i>dMET</i>	370	546.18
<i>dTSAA</i>	0	954.42
<i>dTHR</i>	0	681.78
<i>dTRP</i>	0	224.8
<i>dARG</i>	0	1320.53
<i>dVAL</i>	0	996.02

Selain tabel parameter nutrisi yang harus dipenuhi, terdapat juga nutrisi yang dihasilkan oleh bahan-bahan yang digunakan dalam pemenuhan nutrisi tersebut. Dengan jumlah bahan makanan tersebut, jika ditotal akan menghasilkan total harga pakan ayam sebesar Rp 12,461,271.90. Setelah melakukan pengujian terhadap bahan-bahan yang digunakan dalam

penelitian tersebut untuk mengetahui apakah bahan-bahan makan tersebut memenuhi kriteria nutrisi yang diberikan serta mencari total harga yang dihasilkan, perlu dilakukan perhitungan dengan program optimasi pakan ayam untuk mengecek apakah dengan macam bahan yang sama bisa menghasilkan komposisi pakan ayam yang lebih murah atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan maksimum total bahan makanan yaitu sebanyak 1500 kg. Pengujian ini juga dilakukan dengan beberapa banyak percobaan sebagai berikut:

1) Percobaan pertama

Ketika percobaan pertama dilakukan dengan menjalankan program optimasi pakan ayam dengan mengaktifkan semua bahan (status = 1) yang dipakai juga pada penelitian oleh F. G. Silversides dan M. Hruby. Ketika dijalankan akan mengeluarkan hasil bahan makanan antara lain:

- *CAMELINA MEAL [CR]*: 1401.65 kg
- *LIMESTONE*: 98.35 kg

Dengan jumlah bahan makanan tersebut, jika ditotal akan menghasilkan total harga pakan ayam sebesar Rp 7,449,333.69. Akan tetapi walaupun harga totalnya lebih murah hampir 2 kali lipat, namun setelah kita lihat komposisi bahannya, komposisi bahan makanan tersebut hanya menggunakan 2 bahan saja untuk memenuhi kriteria nutrisi yang diberikan (Hal ini terjadi karena hanya sedikit parameter nutrisi saja yang diujikan, seperti *ME*, *Crude Protein*, *Ca*, *Total P*, *dLYS*, dan *dMET*).

2) Percobaan kedua

Untuk mengurangi ketidakseimbangan komposisi pakan ayam, yang dikarenakan terlalu banyak menggunakan *Camelina Meal* untuk bahan padatnya (biji-bijiannya). Karena pada dasarnya minimal untuk pembuatan pakan hewan ternak lebih dari 4 bahan dasar. Selain, *Camelina Meal*, adanya juga pembatasan terhadap *Limestone* untuk mengontrol jumlah kalsium pada pakan ayam. Maka diperlukan pembatasan (maksimum pada bahan makanan) pada bahan tersebut untuk menghasilkan komposisi pakan ayam yang lebih seimbang.

- *LIMESTONE*: Max 12%
- *CAMELINA MEAL [CR]*: Max 20%

Dengan adanya pembatasan terhadap *Camelina Meal* dan *Limestone*, jadi program optimasi pakan ayam ini ketika dijalankan akan mengeluarkan hasil bahan makanan antara lain:

- *BARLEY [SID]*: 30.54 kg
- *CAMELINA MEAL [CR]*: 300.00 kg
- *CORN [CR]*: 989.46 kg
- *LIMESTONE*: 180.00 kg

Dengan jumlah bahan makanan tersebut, jika ditotal akan menghasilkan total harga pakan ayam sebesar Rp 9,935,792.70. Pada percobaan kali ini, pakan ayam sudah lebih seimbang karena dalam komposisi pakan ayam terdiri dari 4 bahan yaitu *Corn*(jagung sebagai makanan alami ayam), *Camelina Meal*, *Barley*(jelai), dan *Limestone*(batu kapur sebagai sumber kalsiumnya). Harga total bahan makanannya lebih mahal dibandingkan dari percobaan pertama akan tetapi komposisi pakan ayam yang dihasilkan oleh percobaan kedua lebih layak dikonsumsi oleh ayam.

3) Percobaan ketiga

Dalam percobaan kali ini, seharusnya perbedaan percobaan kedua dan ketiga sangatlah sedikit (tidak dilakukan tidak masalah). Namun berdasarkan buku *Poultry Book* yang ditulis oleh Dr. Ir. Eko Widodo, dalam komposisi pakan ayam yang mementingkan tingkat nafsu ayam, pakan ayam harus terdiri dari 40-55% *Corn*(jagung). Oleh karena itu, percobaan yang ketiga menambah batasan pada *Corn*(jagung) agar tidak lebih dari 60% dari total pakan ayam.

- *LIMESTONE*: Max 12%
- *CAMELINA MEAL [CR]*: Max 20%
- *CORN [CR]*: Max 60%

Dengan adanya pembatasan terhadap *Camelina Meal*, *Corn*, dan *Limestone*, jadi program optimasi pakan ayam ini ketika dijalankan akan mengeluarkan hasil bahan makanan antara lain:

- *BARLEY [SID]*: 27.94 kg
- *CAMELINA MEAL [CR]*: 300.00 kg
- *CORN [CR]*: 900.00 kg
- *LIMESTONE*: 180.00 kg
- *WHEAT [SID]*: 92.06 kg

Dengan jumlah bahan makanan tersebut, jika ditotal akan menghasilkan total harga pakan ayam sebesar Rp 9,984,515.92. Total harga pakan ayam pada percobaan kedua dan ketika memiliki selisih yang sangat tipis dibandingkan dengan percobaan pertama.

Dalam memperoleh hasil komposisi bahan makanan diatas, terdapat langkah-langkah perhitungan secara sistematis dalam menggunakan metode *Linear Programming* untuk memenuhi semua kandungan nutrisi dan untuk meminimalisir harga total. Berikut merupakan langkah-langkahnya, yaitu:

Langkah 1: Mengidentifikasi Variabel Keputusan

Langkah pertama dalam perhitungan menggunakan metode *Linear Programming* adalah identifikasi variabel keputusan. Variabel yang digunakan dalam perhitungan ini adalah jumlah bahan makanan per kilonya. Jadi variabel keputusan dapat dijelaskan dengan:

- X_1 : jumlah *CAMELINA MEAL [CR]* dalam kg
- X_2 : jumlah *CORN [CR]* dalam kg
- X_3 : jumlah *DICAL. PHOS.* dalam kg
- X_4 : jumlah *DL-METHIONINE* dalam kg
- X_5 : jumlah *LIMESTONE* dalam kg
- X_6 : jumlah *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]* dalam kg
- X_7 : jumlah *VITAMIN PREMIX* dalam kg
- X_8 : jumlah *WHEAT [SID]* dalam kg
- X_9 : jumlah *BARLEY [SID]* dalam kg

Tabel 5.2. Tabel bahan makan yang digunakan pada penelitian berdasarkan paper

Tabel dibawah ini merupakan tabel bahan makanan dengan harga beserta kandungan nutrisi didalamnya

Bahan Makanan	Harga (Rp)	<i>M.E.</i>	<i>Crude Protein</i>	<i>Ca</i>	<i>Total P</i>	<i>dLYS</i>
<i>CAMELINA MEAL [CR]</i>	4860	3.33	33.9	0.33	0.94	1.41
<i>CORN [CR]</i>	7128	3.37	7.5	0.01	0.23	0.2
<i>DICAL. PHOS.</i>	38880	0	0	22	18.5	0

DL-METHIONINE	194400	5.02	58.1	0	0	0
LIMESTONE	6480	0	0	38	0	0
SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]	17617.5	2.24	44	0.25	0.6	2.41
VITAMIN PREMIX	145800	0	0	0	0	0
WHEAT [SID]	7695	3.17	13.5	0.05	0.41	0.34
BARLEY [SID]	8464.5	2.75	11.5	0.08	0.42	0.42

Langkah 2: Membuat persamaan untuk parameter minimum (Constraints)

Salah satu fungsi tujuan dalam perhitungan ini adalah membuat komposisi bahan makanan untuk memenuhi parameter nutrisi yang diberikan, berikut ini merupakan parameter nutrisi yang pakai dalam bentuk persamaan. yaitu:

a. Persamaan Minimum *Metabolizable Energy (M.E.)*:

$$3.33X_1 + 3.37X_2 + 0X_3 + 5.02X_4 + 0X_5 + 2.24X_6 + 0X_7 + 3.17X_8 + 2.75X_9 \geq 2800$$

b. Persamaan Minimum *Crude Protein*:

$$33.90X_1 + 7.50X_2 + 0X_3 + 58.10X_4 + 0X_5 + 44.00X_6 + 0X_7 + 13.50X_8 + 11.50X_9 \geq 16500$$

c. Persamaan Minimum *Calcium (Ca)*:

$$0.33X_1 + 0.01X_2 + 22.00X_3 + 0X_4 + 38.00X_5 + 0.25X_6 + 0X_7 + 0.05X_8 + 0.08X_9 \geq 4200$$

d. Persamaan Minimum *Total Phosphorus (Total P)*:

$$0.94X_1 + 0.23X_2 + 18.50X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0.60X_6 + 0X_7 + 0.41X_8 + 0.42X_9 \geq 390$$

e. Persamaan Minimum *Digestible Lysine (dLYS)*:

$$1.41X_1 + 0.20X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 2.41X_6 + 0X_7 + 0.34X_8 + 0.42X_9 \geq 800$$

Langkah 3: Menentukan Fungsi Objektif

Fungsi kedua dari tujuan perhitungan ini adalah untuk membuat komposisi bahan makanan dengan harga total paling murah atau dengan kata lain fungsi dari program optimasi

pakan ayam ini adalah untuk meminimalisir harga. Oleh karena itu diperlukannya persamaan untuk menentukan komposisi bahan makanan mana yang memiliki harga yang paling minimum.

$$\text{Minimize } Z = 4860X_1 + 7128X_2 + 38880X_3 + 194400X_4 + 6480X_5 + 17617.50X_6 + 145800X_7 + 7695X_8 + 8464.50X_9$$

Langkah 4: Membuat Non-negativity Constraints:

Non-negativity Constraints digunakan untuk membuat fungsi persamaan dimana jumlah bahan makanan tidak boleh bernilai negatif atau harus lebih besar daripada 0.

- $X_1 \geq 0$
- $X_2 \geq 0$
- $X_3 \geq 0$
- $X_4 \geq 0$
- $X_5 \geq 0$
- $X_6 \geq 0$
- $X_7 \geq 0$
- $X_8 \geq 0$
- $X_9 \geq 0$

Langkah 5: Menentukan hasil

Dari langkah-langkah diatas, komposisi bahan makanan yang memenuhi semua parameter minimum nutrisi dengan harga yang paling murah adalah:

- $X_1 = 300.00$ kg (CAMELINA MEAL [CR])
- $X_2 = 900.00$ kg (CORN [CR])
- $X_3 = 0$ kg (DICAL. PHOS.)
- $X_4 = 0$ kg (DL-METHIONINE)
- $X_5 = 180.00$ kg (LIMESTONE)
- $X_6 = 0$ kg (SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR])
- $X_7 = 0$ kg (VITAMIN PREMIX)
- $X_8 = 92.06$ kg (WHEAT [SID])
- $X_9 = 27.94$ kg (BARLEY [SID])

Dari komposisi bahan makanan tersebut tersebut, diperlukan proses pengecekan apakah kandungan yang ada dalam bahan-bahan tersebut jika dijumlahkan akan memenuhi parameter nutrisi atau tidak.

a. Total *Metabolizable Energy (M.E.)*:

$$\text{Total M.E.} = 3.33 \times 300 + 3.37 \times 9000 + 0 \times 0 + 5.02 \times 0 + 0 \times 180 + 2.24 \times 0 + 0 \times 0 + 3.17 \times 92.06 + 2.75 \times 27.94$$

$$\text{Total M.E.} = 999 + 3033 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 291.84 + 76.84$$

$$\text{Total M.E.} = 4400.68$$

b. Total *Crude Protein*:

$$\text{Total Crude Protein} = 33.90 \times 300 + 7.50 \times 900 + 0 \times 0 + 58.10 \times 0 + 0 \times 180 + 44.00 \times 0 + 0 \times 0 + 13.50 \times 92.06 + 11.50 \times 27.94$$

$$\text{Total Crude Protein} = 10170 + 6750 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 1242.81 + 321.31$$

$$\text{Total Crude Protein} = 18484.12$$

c. Total *Calcium (Ca)*:

$$\text{Total Calcium} = 0.33 \times 300 + 0.01 \times 900 + 22.00 \times 0 + 0 \times 0 + 38.00 \times 180 + 0.25 \times 0 + 0 \times 0 + 0.05 \times 92.06 + 0.08 \times 27.94$$

$$\text{Total Calcium} = 99 + 9 + 0 + 0 + 6840 + 0 + 0 + 4.60 + 2.24$$

$$\text{Total Calcium} = 6954.84$$

d. Total *Phosphorus (Total P)*:

$$\text{Total Phosphorus} = 0.94 \times 300 + 0.23 \times 900 + 18.50 \times 0 + 0 \times 0 + 0 \times 180 + 0.60 \times 0 + 0 \times 0 + 0.41 \times 92.06 + 0.42 \times 27.94$$

$$\text{Total Phosphorus} = 282 + 207 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 37.75 + 11.74$$

$$\text{Total Phosphorus} = 538.49$$

e. Total *Digestible Lysine (dLYS)*:

$$\text{Total dLYS} = 1.41 \times 300 + 0.20 \times 900 + 0 \times 0 + 0 \times 0 + 0 \times 180 + 2.41 \times 0 + 0 \times 0 + 0.34 \times 92.06 + 0.42 \times 27.94$$

$$\text{Total } dLYS = 423 + 180 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 31.30 + 11.74$$

$$\text{Total } dLYS = 646.04$$

f. Total Biaya:

$$\text{Total Biaya} = 4860 \times 300 + 7128 \times 900 + 38880 \times 0 + 194400 \times 0 + 6480 \times 180 + 17617.50 \times 0 + 145800 \times 0 + 7695 \times 92.06 + 8464.50 \times 27.94$$

$$\text{Total Biaya} = 1458000 + 6415200 + 0 + 0 + 1166400 + 0 + 0 + 708786.70 + 236606.73$$

$$\text{Total Biaya} = \text{Rp } 9,984,515.92$$

Jika dicocokkan dengan hasil output program optimasi pakan ayam, hasil total nutrisinya sebagai berikut:

Tabel 5.3. Tabel parameter nutrisi ayam jenis Lohmann LSL-Lite oleh program optimasi pakan ayam

Tabel minimal nutrisi yang harus dipenuhi oleh pakan ayam *Lohman LSL-Lite* dan nutrisi yang telah dihasilkan oleh pakan ayam tersebut

Parameter	Minimal nutrisi yang harus dipenuhi	Nutrisi yang telah terpenuhi
<i>ME</i>	2800	4400.7
<i>Crude_Protein</i>	16500	18484.11
<i>EE</i>	0	6978
<i>CF</i>	0	5845.89
<i>Ca</i>	4200	6954.84
<i>Total_P</i>	390	538.48
<i>Avail_P</i>	0	96.24
<i>Na</i>	0	63.36
<i>Cl</i>	0	51.76
<i>Choline</i>	0	1090.59
<i>dLYS</i>	800	800
<i>dMET</i>	370	373.6
<i>dTSAA</i>	0	731.63
<i>dTHR</i>	0	666.95

<i>dTRP</i>	0	205.56
<i>dARG</i>	0	1177.95
<i>dVAL</i>	0	950.05

Tujuan dari pengujian yang pertama adalah untuk mengetahui perbandingan komposisi bahan makanan ayam milik F. G. Silversides dan M. Hruby dan komposisi bahan makanan yang diberikan oleh program optimasi pakan ayam. Walaupun topik penelitian paper yang berjudul “*Feed formulation using phytase in laying hen diets*” berfokus pada diet ayam jenis *Lohmann LSL-Lite* dan *Classic Brown*, namun di paper tersebut memberikan formula pakan ayam dan parameter nutrisi yang harus dipenuhi. Jadi kesimpulan dari pengujian kali ini menunjukkan adanya kekurangan dan kelebihan daripada program optimasi pakan ayam, antara lain:

- Nutrisi dari kedua komposisi pakan ayam, baik yang ditulis oleh F. G. Silversides dan M. Hruby maupun yang dikomposisikan oleh program optimasi pakan ayam sama-sama terpenuhi. Namun kandungan nutrisi yang dikandung oleh komposisi bahan makanan yang dihasilkan oleh program optimasi sedikit lebih dekat dengan parameter minimum yang diberikan.
- Total harga pakan ayam yang dihasilkan oleh program optimasi lebih murah dibandingkan total harga pakan ayam berdasarkan penelitian yang ditulis oleh F. G. Silversides dan M. Hruby (Karena pada penelitian tersebut lebih fokus dalam komposisi diet ayam, daripada harga). Jadi hal ini membuktikan bahan program optimasi pakan ayam ini mencari komposisi pakan ayam dengan harga yang paling minimum.
- Kekurangan dari program optimasi pakan ayam ini adalah diperlukannya pengalaman dan kemampuan khusus dalam proses pemeliharaan ayam. Selain itu, diperlukan juga pengetahuan yang lebih mendalam tentang karakteristik ayam dan bahan-bahan makanan yang diperlukan untuk mengoperasikan program optimasi pakan ayam ini secara maksimal.

II. Pengujian terhadap ayam dengan jenis Lohman Classic Brown pada umur dari minggu ke 31 - 45

Untuk pengujian yang kedua, pengujian ini diujikan kepada ayam dengan jenis *Lohman Classic Brown* pada umur dari minggu ke 31 - 45 juga. Dalam percobaan kali ini (total jumlah makanan sebanyak 1500 kg), penulis memiliki formulasi pakan ayam dengan bahan-bahan makanan yaitu:

- *BARLEY [SID]*: 36.75 kg
- *CAMELINA MEAL [CR]*: 21.30 kg
- *CANOLA MEAL [CR]*: 160.20 kg
- *COMMON SALT*: 4.95 kg
- *CORN [CR]*: 751.20 kg
- *DICAL. PHOS.*: 18.45 kg
- *DL-METHIONINE*: 1.50 kg
- *LIMESTONE*: 134.10 kg
- *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]*: 248.25 kg
- *VITAMIN PREMIX*: 3.30 kg
- *WHEAT [SID]*: 120.00 kg

Ada 3 formula diet yang dipakai untuk ayam jenis ini yaitu, formula yang mengandung 0, 300, dan 600 U/kg *fitase* dengan atau tanpa penambahan enzim, di mana *fitase* dianggap mampu melepaskan P (fosfor), Ca (*calcium*), energi, dan protein. Pengujian kali ini menggunakan formulasi pakan ayam yang mengandung 0 U/kg dan tanpa penambahan enzim apapun. Berikut ini parameter nutrisi yang harus dipenuhi yaitu:

Tabel 5.4. Tabel parameter nutrisi ayam jenis Lohman Classic Brown berdasarkan paper

Tabel minimal nutrisi yang harus dipenuhi oleh pakan ayam *Lohman Classic Brown* dan nutrisi yang telah dihasilkan oleh pakan ayam tersebut

Parameter	Minimal nutrisi yang harus dipenuhi	Nutrisi yang telah terpenuhi
<i>ME</i>	2720	3985.57
<i>Crude_Protein</i>	17800	25496.44
<i>EE</i>	0	3915.51
<i>CF</i>	0	5751.12
<i>Ca</i>	3750	5697.66
<i>Total_P</i>	380	935.14
<i>Avail_P</i>	0	526.56
<i>Na</i>	0	236.25
<i>Cl</i>	0	349.77
<i>Choline</i>	0	3001.72

<i>dLYS</i>	870	1292
<i>dMET</i>	400	602.52
<i>dTSAA</i>	0	1130.54
<i>dTHR</i>	0	897.45
<i>dTRP</i>	0	289.89
<i>dARG</i>	0	1544.7
<i>dVAL</i>	0	1325.61

Selain tabel parameter nutrisi yang harus dipenuhi, terdapat juga nutrisi yang dihasilkan oleh bahan-bahan yang digunakan dalam pemenuhan nutrisi tersebut. Dengan jumlah bahan makanan tersebut, jika ditotal akan menghasilkan total harga pakan ayam sebesar Rp 14,875,654.80.

Setelah melakukan pengujian terhadap bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian tersebut untuk mengetahui apakah bahan-bahan makan tersebut memenuhi kriteria nutrisi yang diberikan serta mencari total harga yang dihasilkan, perlu dilakukan perhitungan dengan program optimasi pakan ayam untuk mengecek apakah dengan macam bahan yang sama bisa menghasilkan komposisi pakan ayam yang lebih murah atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan maksimum total bahan makanan yaitu sebanyak 1500 kg. Pengujian ini juga dilakukan dengan beberapa banyak percobaan sebagai berikut:

1) Percobaan pertama

Ketika percobaan pertama dilakukan dengan menjalankan program optimasi pakan ayam dengan mengaktifkan semua bahan (status = 1) yang dipakai juga pada penelitian oleh F. G. Silversides dan M. Hruby. Ketika dijalankan akan mengeluarkan hasil bahan makanan antara lain:

- *CAMELINA MEAL [CR]*: 816.82 kg
- *COMMON SALT*: 596.30 kg
- *LIMESTONE*: 86.88 kg

Dengan jumlah bahan makanan tersebut, jika ditotal akan menghasilkan total harga pakan ayam sebesar Rp 5,740,240.20. Akan tetapi walaupun harga totalnya lebih murah hampir 3 kali lipat dan nutrisinya terpenuhi semua, ada beberapa bahan yang melebihi jumlah yang seharusnya, yaitu *Common Salt* yang mengandung Natrium Klorida (*NaCl*). Seperti sama halnya dengan manusia, apabila ayam terlalu banyak mengkonsumsi garam, ayam akan mengalami

masalah ginjal dan gangguan kesehatan lainnya seperti dehidrasi, penurunan kualitas telur, dan lain-lain.

2) Percobaan kedua

Untuk mengurangi terjadinya gangguan kesehatan pada ayam atau keracunan, yang dikarenakan terlalu banyak menggunakan garam atau *Common Salt*, maka diperlukan pembatasan (maksimum pada bahan makanan) pada bahan tersebut untuk menghasilkan komposisi pakan ayam yang lebih seimbang. Selain *Common Salt*, ada beberapa bahan lainnya, seperti *Camelina Meal* (untuk bahan padatnya atau biji-bijiannya) dan *Limestone* yang juga diberi pembatasan untuk *Limestone* untuk mengontrol jumlah kalsium pada pakan ayam dan memastikan pakan ayam yang lebih seimbang. Jadi adanya pembatasan jumlah pada bahan makanan dibawah ini, yaitu:

- *LIMESTONE*: Max 12%
- *CAMELINA MEAL [CR]*: Max 20%
- *COMMON SALT*: Max 10%

Dengan adanya pembatasan terhadap *Camelina Meal*, *Common Salt*, dan *Limestone*, jadi program optimasi pakan ayam ini ketika dijalankan akan mengeluarkan komposisi bahan makanan antara lain:

- *BARLEY [SID]*: 88.58 kg
- *CAMELINA MEAL [CR]*: 300.00 kg
- *CANOLA MEAL [CR]*: 24.61 kg
- *COMMON SALT*: 150.00 kg
- *CORN [CR]*: 756.81 kg
- *LIMESTONE*: 180.00 kg

Dengan jumlah bahan makanan tersebut, jika ditotal akan menghasilkan total harga pakan ayam sebesar Rp 9,935,792.70. Karena adanya pembatasan bahan makanan, harga total pakan ayam menjadi naik hampir 2 kali lipat dari percobaan pertama. Akan tetapi, dengan komposisi yang dihasilkan oleh percobaan kedua, komposisi pakan ayam yang dihasilkan oleh percobaan kali ini lebih layak dikonsumsi oleh ayam.

Dalam memperoleh hasil komposisi bahan makanan diatas, terdapat langkah-langkah perhitungan secara sistematis dalam menggunakan metode *Linear Programming* untuk

memenuhi semua kandungan nutrisi dan untuk meminimalisir harga total. Berikut merupakan langkah-langkahnya, yaitu:

Langkah 1: Menentukan Variabel Keputusan

Langkah pertama dalam perhitungan menggunakan metode linear programming adalah identifikasi variabel keputusan. Variabel yang digunakan dalam perhitungan ini adalah jumlah bahan makanan per kilonya. Jadi variabel keputusan dapat dijelaskan dengan:

- X1: jumlah *BARLEY [SID]* dalam kg
- X2: jumlah *CAMELINA MEAL [CR]* dalam kg
- X3: jumlah *CANOLA MEAL [CR]* dalam kg
- X4: jumlah *COMMON SALT* dalam kg
- X5: jumlah *CORN [CR]* dalam kg
- X6: jumlah *LIMESTONE* dalam kg
- X7: jumlah *DICAL. PHOS.* dalam kg
- X8: jumlah *DL-METHIONINE* dalam kg
- X9: jumlah *VITAMIN PREMIX* dalam kg
- X10: jumlah *SOYBEAN MEAL (44% CP) [SID]* dalam kg
- X11: jumlah *WHEAT [SID]* dalam kg

Langkah 2: Membuat persamaan untuk parameter minimum (Constraints)

Salah satu fungsi tujuan dalam perhitungan ini adalah membuat komposisi bahan makanan untuk memenuhi parameter nutrisi yang diberikan, berikut ini merupakan parameter nutrisi yang pakai dalam bentuk persamaan, yaitu:

a. Persamaan Minimum dan Maksimum *Metabolizable Energy (M.E.)*:

- $2.75X_1 + 3.33X_2 + 2.49X_3 + 0X_4 + 3.37X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 5.02X_8 + 0X_9 + 2.24X_{10} + 3.17X_{11} \geq 2720$
- $2.75X_1 + 3.33X_2 + 2.49X_3 + 0X_4 + 3.37X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 5.02X_8 + 0X_9 + 2.24X_{10} + 3.17X_{11} \leq 3900$

b. Persamaan Minimum dan Maksimum *Crude Protein (CP)*:

- $11.50X_1 + 33.90X_2 + 36.54X_3 + 0X_4 + 7.50X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 58.10X_8 + 0X_9 + 44.00X_{10} + 13.50X_{11} \geq 17800$

- $11.50X_1 + 33.90X_2 + 36.54X_3 + 0X_4 + 7.50X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 58.10X_8 + 0X_9 + 44.00X_{10} + 13.50X_{11} \leq 22000$
- c. Persamaan Minimum dan Maksimum *Calcium (Ca)*:
 - $1.90X_1 + 12.40X_2 + 9.90X_3 + 0.30X_4 + 1.90X_5 + 38.00X_6 + 22.00X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 7.00X_{10} + 3.00X_{11} \geq 3750$
- d. Persamaan Minimum *Total Phosphorus (Total_P)*:
 - $0.42X_1 + 0.94X_2 + 1.17X_3 + 0X_4 + 0.23X_5 + 0X_6 + 18.50X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0.60X_{10} + 0.41X_{11} \geq 380$
- e. Persamaan Minimum *dLYS*:
 - $0.43X_1 + 0.58X_2 + 0.47X_3 + 0X_4 + 0.12X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 99.00X_8 + 0X_9 + 2.43X_{10} + 0.34X_{11} \geq 870$
- f. Persamaan Minimum *dMET*:
 - $0.23X_1 + 1.14X_2 + 0.89X_3 + 0X_4 + 0.20X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 99.00X_8 + 0X_9 + 0.59X_{10} + 0.23X_{11} \geq 400$

Langkah 3: Menentukan Fungsi Objektif

Fungsi kedua dari tujuan perhitungan ini adalah untuk membuat komposisi bahan makanan dengan harga total paling murah atau dengan kata lain fungsi dari program optimasi pakan ayam ini adalah untuk meminimalisir harga. Oleh karena itu diperlukannya persamaan untuk menentukan komposisi bahan makanan mana yang memiliki harga yang paling minimum.

$$\text{Minimize } Z = 8464.50X_1 + 4860X_2 + 8991X_3 + 2025X_4 + 7128X_5 + 6480X_6 + 38880X_7 + 4800X_8 + 145800X_9 + 17617.50X_{10} + 7695X_{11}$$

Langkah 4: *Non-negativity Constraints*:

Non-negativity Constraints digunakan untuk membuat fungsi persamaan dimana jumlah bahan makanan tidak boleh bernilai negatif atau harus lebih besar daripada 0.

- $X^1 \geq 0$
- $X^2 \geq 0$
- $X^3 \geq 0$
- $X^4 \geq 0$
- $X^5 \geq 0$
- $X^6 \geq 0$

- $X^7 \geq 0$
- $X^8 \geq 0$
- $X^9 \geq 0$
- $X^{10} \geq 0$
- $X^{11} \geq 0$

Langkah 5: Menentukan hasil

Dari langkah-langkah diatas, komposisi bahan makanan yang memenuhi semua parameter minimum nutrisi dengan harga yang paling murah adalah:

- $X_1 = 88.58$ kg
- $X_2 = 300.00$ kg
- $X_3 = 24.61$ kg
- $X_4 = 150.00$ kg
- $X_5 = 756.81$ kg
- $X_6 = 180.00$ kg
- $X_7 = 0$ kg
- $X_8 = 0$ kg
- $X_9 = 0$ kg
- $X_{10} = 0$ kg
- $X_{11} = 0$ kg

Dari komposisi bahan makanan tersebut tersebut, diperlukan proses pengecekan apakah kandungan yang ada dalam bahan-bahan tersebut jika dijumlahkan akan memenuhi parameter nutrisi atau tidak.

a. Total *Metabolizable Energy (M.E.):*

$$\text{Total ME} = (2.75 \times 88.58) + (3.33 \times 300.00) + (2.49 \times 24.61) + (0 \times 150.00) + (3.37 \times 756.81) + (0 \times 180.00) + (0 \times 0) + (5.02 \times 0) + (0 \times 0) + (2.24 \times 0) + (3.17 \times 0)$$

$$\text{Total ME} = 243.845 + 999.00 + 61.3989 + 0 + 2550.0797 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0$$

$$\text{Total ME} = 4854.3236$$

b. Total *Crude Protein:*

$$\text{Total Crude Protein} = (11.50 \times 88.58) + (33.90 \times 300.00) + (36.54 \times 24.61) + (0 \times 150.00) + (7.50 \times 756.81) + (0 \times 180.00) + (0 \times 0) + (58.10 \times 0) + (0 \times 0) + (44.00 \times 0) + (13.50 \times 0)$$

$$\text{Total Crude Protein} = 1019.870 + 10170.00 + 899.7564 + 0 + 5676.075 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0$$

$$\text{Total Crude Protein} = 23265.7014$$

c. Total Calcium (Ca):

$$\text{Total Calcium} = (1.90 \times 88.58) + (0.68 \times 300.00) + (0 \times 24.61) + (0 \times 150.00) + (0.08 \times 756.81) + (38.00 \times 180.00) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0)$$

$$\text{Total Calcium} = 168.25 + 204.00 + 0 + 0 + 60.5448 + 6840.00 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0$$

$$\text{Total Calcium} = 7272.7948$$

d. Total Phosphorus (Total P):

$$\text{Total Phosphorus} = (0.42 \times 88.58) + (0.33 \times 300.00) + (0.68 \times 24.61) + (0 \times 150.00) + (0.08 \times 756.81) + (0 \times 180.00) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0)$$

$$\text{Total Phosphorus} = 372,036 + 99.00 + 16.7488 + 0 + 60.5448 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0$$

$$\text{Total Phosphorus} = 548.3296$$

e. Total Digestible Lysine (dLYS):

$$\text{Total dLYS} = (0.06 \times 88.58) + (1.41 \times 300.00) + (0.1 \times 24.61) + (3.90 \times 150.00) + (0.02 \times 756.81) + (0 \times 180.00) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0)$$

$$\text{Total dLYS} = 5.3148 + 423.00 + 2.461 + 585.00 + 15.1362 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0$$

$$\text{Total dLYS} = 1030.912$$

f. Total Methionine (dMET):

$$\text{Total Methionine} = (0.02 \times 88.58) + (0.58 \times 300.00) + (0 \times 24.61) + (6.00 \times 150.00) + (0 \times 756.81) + (0 \times 180.00) + (0 \times 0) + (99.00 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0)$$

$$\text{Total Methionine} = 1.7716 + 174.00 + 0 + 900.00 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0$$

$$\text{Total Methionine} = 1075.776$$

g. Total Biaya:

$$\text{Total Biaya} = 8464.50 \times 88.58 + 4860 \times 300.00 + 8991 \times 24.61 + 2025 \times 150.00 + 7128 \times 756.81 + 6480 \times 180.00 = \text{Rp } 9,935,792.70$$

Tabel 5.5. Tabel parameter nutrisi ayam jenis Lohman Classic Brown oleh program optimasi pakan ayam

Tabel minimal nutrisi yang harus dipenuhi oleh pakan ayam *Lohman Classic Brown* dan nutrisi yang telah dihasilkan oleh pakan ayam tersebut

Parameter	Minimal nutrisi yang harus dipenuhi	Nutrisi yang telah terpenuhi
<i>ME</i>	2720	4854.3236
<i>Crude_Protein</i>	17800	23265.7014
<i>EE</i>	0	3915.51
<i>CF</i>	0	5751.12
<i>Ca</i>	3750	7272.7948
<i>Total_P</i>	380	548,33
<i>Avail_P</i>	0	526.56
<i>Na</i>	0	236.25
<i>Cl</i>	0	349.77
<i>Choline</i>	0	3001.72
<i>dLYS</i>	870	1030.912
<i>dMET</i>	400	1075.776
<i>dTSAA</i>	0	1130.54
<i>dTHR</i>	0	897.45
<i>dTRP</i>	0	289.89
<i>dARG</i>	0	1544.7
<i>dVAL</i>	0	1325.61

Tujuan dari pengujian yang kedua adalah untuk mengetahui perbandingan komposisi bahan makanan ayam milik F. G. Silversides dan M. Hruby dan komposisi bahan makanan yang diberikan oleh program optimasi pakan ayam. Walaupun topik penelitian paper yang berjudul "*Feed formulation using phytase in laying hen diets*" berfokus pada diet ayam jenis *Lohmann LSL-Lite* dan *Classic Brown*, namun di paper tersebut memberikan formula pakan ayam dan parameter nutrisi yang harus dipenuhi. Jadi kesimpulan dari pengujian kali ini menunjukkan adanya kekurangan dan kelebihan daripada program optimasi pakan ayam, antara lain:

- Nutrisi dari kedua komposisi pakan ayam, baik yang ditulis oleh F. G. Silversides dan M. Hruby maupun yang dikomposisikan oleh program optimasi pakan ayam sama-sama terpenuhi. Namun kandungan nutrisi yang dikandung oleh komposisi bahan makanan yang dihasilkan oleh program optimasi sedikit lebih dekat dengan parameter minimum yang diberikan.
- Total harga pakan ayam yang dihasilkan oleh program optimasi lebih murah dibandingkan total harga pakan ayam berdasarkan penelitian yang ditulis oleh F. G. Silversides dan M. Hruby (Karena pada penelitian tersebut lebih fokus dalam komposisi diet ayam, daripada harga). Jadi hal ini membuktikan bahan program optimasi pakan ayam ini mencari komposisi pakan ayam dengan harga yang paling minimum.
- Kekurangan dari program optimasi pakan ayam ini adalah diperlukannya pengalaman dan kemampuan khusus dalam proses pemeliharaan ayam. Selain itu, diperlukan juga pengetahuan yang lebih mendalam tentang karakteristik ayam dan bahan-bahan makanan yang diperlukan untuk mengoperasikan program optimasi pakan ayam ini secara maksimal.

5.3.2. Pengujian terhadap paper “Effect of feed form, formulation, and restriction on the performance of laying hens” milik T. A. Scott, F. G. Silversides, D. Tietge, dan M. L. Swift

Dalam penelitian “*Effect of feed form, formulation, and restriction on the performance of laying hens*” yang ditulis oleh T. A. Scott, F. G. Silversides, D. Tietge, dan M. L. Swift, membahas tentang percobaan produksi telur dilakukan terhadap 1440 ekor ayam petelur dari pabrik DeKalb® yang dipelihara dalam kandang pada usia 18 minggu untuk menguji pengaruh bentuk pakan (pelet ekspansi atau *mash*) dan jenis formulasi (berdasarkan protein kasar atau *Crude Protein [CP]* atau asam amino [*AA*]), percobaan ini dilakukan terhadap 5 tingkat pembatasan pakan yang diterapkan pada usia 24 minggu atau 32 minggu. Salah satu pengujian pertama yang dilakukan oleh T. A. Scott, F. G. Silversides, D. Tietge, dan M. L. Swift adalah memformulasikan pakan ayam dengan 3 jenis yaitu *HP*, *LP*, *HM*, dan *LM*. "H" untuk protein kasar tinggi, "L" untuk protein rendah, "P" untuk pakan pelet, dan "M" untuk pakan *mash*. Dalam percobaan kali ini (total jumlah makanan sebanyak 1500 kg), penulis memiliki formulasi pakan dengan bahan-bahan makanan yaitu:

- *CANOLA MEAL [CR]*: 37.50 kg
- *CHOLINE CL -70%*: 0.90 kg

- *COMMON SALT*: 16.20 kg
- *CORN [CR]*: 75.00 kg
- *DICAL. PHOS.*: 6.75 kg
- *FAT, ANIMAL*: 51.00 kg
- *FISH MEAL, Menhaden [CR]*: 37.50 kg
- *LIMESTONE*: 124.50 kg
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*: 118.50 kg
- *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]*: 223.50 kg
- *VITAMIN PREMIX*: 3.15 kg
- *WHEAT [SID]*: 805.50 kg

- Pengujian terhadap pakan ayam jenis HP untuk ayam petelur pada usia 20-34 minggu

Untuk pengujian yang pertama ini, T. A. Scott, F. G. Silversides, D. Tietge, dan M. L. Swift memberikan pakan ayam jenis HP, untuk ayam petelur pada usia 20-34 minggu. Berikut ini parameter nutrisi yang harus dipenuhi yaitu:

Tabel 5.6. Tabel parameter nutrisi HP untuk umur 20-34 minggu

Tabel minimal nutrisi yang harus dipenuhi oleh pakan ayam dengan komposisi bahan makanan dari paper dan nutrisi yang telah terpenuhi

Parameter	Minimal nutrisi yang harus dipenuhi	Nutrisi yang telah terpenuhi
<i>ME</i>	2700	4182.53
<i>Crude_Protein</i>	19000	30353.25
<i>EE</i>	0	8397.45
<i>CF</i>	0	4873.5
<i>Ca</i>	4050	6490.26
<i>Total_P</i>	0	1462.01
<i>Avail_P</i>	470	1095.89
<i>Na</i>	0	793.8
<i>Cl</i>	0	1152.61
<i>Choline</i>	0	2748.51
<i>dLYS</i>	880	1226.25

<i>dMET</i>	400	1075.776
<i>dTSAA</i>	430	457.43
<i>dTHR</i>	730	934.89
<i>dTRP</i>	700	826.68
<i>dARG</i>	220	281.91
<i>dVAL</i>	0	1571.07

Selain Tabel parameter nutrisi yang harus dipenuhi, terdapat juga nutrisi yang dihasilkan oleh bahan-bahan yang digunakan dalam pemenuhan nutrisi tersebut. Dengan jumlah bahan makanan tersebut, jika ditotal akan menghasilkan total harga pakan ayam sebesar Rp 17,394,313.50.

Setelah melakukan pengujian terhadap bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian tersebut untuk mengetahui apakah bahan-bahan makan tersebut memenuhi kriteria nutrisi yang diberikan serta mencari total harga yang dihasilkan, perlu dilakukan perhitungan dengan program optimasi pakan ayam untuk mengecek apakah dengan macam bahan yang sama bisa menghasilkan komposisi pakan ayam yang lebih murah atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan maksimum total bahan makanan yaitu sebanyak 1500 kg. Pengujian ini juga dilakukan dengan beberapa banyak percobaan sebagai berikut:

1) Percobaan pertama

Ketika percobaan pertama dilakukan dengan menjalankan program optimasi pakan ayam dengan mengaktifkan semua bahan (status = 1) yang dipakai juga pada penelitian oleh T. A. Scott, F. G. Silversides, D. Tietge, dan M. L. Swift. Ketika dijalankan akan mengeluarkan hasil bahan makanan antara lain:

- CANOLA MEAL [CR]: 487.86 kg
- COMMON SALT: 420.47 kg
- CORN [CR]: 440.72 kg
- LIMESTONE: 80.58 kg
- MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]: 47.67 kg
- WHEAT [SID]: 22.69 kg

Dengan jumlah bahan makanan tersebut, jika ditotal akan menghasilkan total harga pakan ayam sebesar Rp 9,848,310.90. Akan tetapi walaupun harga totalnya lebih murah hampir 3 kali lipat dan nutrisinya terpenuhi semua, ada beberapa bahan yang melebihi jumlah yang

seharusnya, yaitu *Common Salt* yang mengandung Natrium Klorida (*NaCl*). Seperti sama halnya dengan manusia, apabila ayam terlalu banyak mengkonsumsi garam, ayam akan mengalami masalah ginjal dan gangguan kesehatan lainnya seperti dehidrasi, penurunan kualitas telur, dan lain-lain.

2) Percobaan kedua

Untuk mengurangi terjadinya gangguan kesehatan pada ayam atau keracunan, yang dikarenakan terlalu banyak menggunakan *Common Salt*, maka diperlukan pembatasan (maksimum pada bahan makanan) pada bahan tersebut untuk menghasilkan komposisi pakan ayam yang lebih seimbang.

COMMON SALT: Max 5%

Dengan adanya pembatasan terhadap *Common Salt*, jadi program optimasi pakan ayam ini ketika dijalankan akan mengeluarkan hasil bahan makanan antara lain:

- *CANOLA MEAL [CR]*: 494.08 kg
- *COMMON SALT*: 75.00 kg
- *CORN [CR]*: 458.26 kg
- *LIMESTONE*: 425.12 kg
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*: 47.55 kg

Dengan jumlah bahan makanan tersebut, jika ditotal akan menghasilkan total harga pakan ayam sebesar Rp 11,385,623.39. Meskipun jumlah *Common Salt* sudah dalam jumlah yang normal, namun jumlah dari *Limestone* (batu kapur) menjadi sangat tinggi. Hal ini dikarenakan adanya pembatasan jumlah *Common Salt* yang menyebabkan jumlah batu kapur menjadi naik untuk pemenuhan parameter nutrisi lainnya.

3) Percobaan ketiga

Untuk membuat pakan ayam yang seimbang, *user* harus memberi batasan juga terhadap *Limestone* untuk mengurangi jumlah batu kapur dalam komposisi bahan makanan ayam.

- *COMMON SALT*: Max 5%
- *LIMESTONE*: Max 10%

Dengan adanya pembatasan terhadap *Common Salt* dan *Limestone*, jadi program optimasi pakan ayam ini ketika dijalankan akan mengeluarkan hasil bahan makanan antara lain:

- *CANOLA MEAL [CR]: 442.80 kg*
- *COMMON SALT: 75.00 kg*
- *CORN [CR]: 787.07 kg*

- *LIMESTONE: 150.00 kg*
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]: 45.14 kg*

Dengan jumlah bahan makanan tersebut, jika ditotal akan menghasilkan total harga pakan ayam sebesar Rp 11,446,511.63. Pada percobaan kedua dan ketiga, harga yang dihasilkan lebih mahal dari pada percobaan pertama. Namun, komposisi yang dihasilkan lebih seimbang karena bahan-bahan yang ada dalam pakan ayam tersebut memenuhi komposisi selayaknya seperti yang ditulis di *Poultry Book* (*Corn* atau jagung harus 40-55%, ada protein hewani yaitu *Meat and Bone Meal*, dan ada protein nabati yaitu *Canola Meal*).

Dalam memperoleh hasil komposisi bahan makanan diatas, terdapat langkah-langkah perhitungan secara sistematis dalam menggunakan metode *Linear Programming* untuk memenuhi semua kandungan nutrisi dan untuk meminimalisir harga total. Berikut merupakan langkah-langkahnya, yaitu:

Langkah 1: Mengidentifikasi Variabel Keputusan

Langkah pertama dalam perhitungan menggunakan metode *Linear Programming* adalah identifikasi variabel keputusan. Variabel yang digunakan dalam perhitungan ini adalah jumlah bahan makanan per kilonya. Jadi variabel keputusan dapat dijelaskan dengan:

- X_1 : jumlah *Canola Meal [CR]* dalam kg
- X_2 : jumlah *Common Salt* dalam kg
- X_3 : jumlah *Corn [CR]* dalam kg
- X_4 : jumlah *Limestone* dalam kg
- X_5 : jumlah *Meat and Bone Meal [SID]* dalam kg
- X_6 : jumlah *Fish Meal* dalam kg
- X_7 : jumlah *Dical. Phos.* dalam kg
- X_8 : jumlah *DL-Methionine* dalam kg
- X_9 : jumlah *Vitamin Premix* dalam kg
- X_{10} : jumlah *Soybean Meal (44% CP) [SID]* dalam kg

- X_{11} : jumlah *Wheat [SID]* dalam kg

Langkah 2: Membuat persamaan untuk parameter minimum (*Constraints*)

Salah satu fungsi tujuan dalam perhitungan ini adalah membuat komposisi bahan makanan untuk memenuhi parameter nutrisi yang diberikan, berikut ini merupakan parameter nutrisi yang pakai dalam bentuk persamaan. yaitu:

- a. Persamaan Minimum *Metabolizable Energy (M.E.)*:

$$2.49X_1 + 0X_2 + 3.37X_3 + 0X_4 + 2.38X_5 + 2.95X_6 + 0X_7 + 5.02X_8 + 0X_9 + 2.24X_{10} + 3.17X_{11} \geq 2700$$

- b. Persamaan Minimum *Crude Protein*:

$$36.54X_1 + 0X_2 + 7.50X_3 + 0X_4 + 45.00X_5 + 62.00X_6 + 0X_7 + 58.10X_8 + 0X_9 + 44.00X_{10} + 13.50X_{11} \geq 19000$$

- c. Persamaan Minimum *Calcium (Ca)*:

$$11.10X_1 + 0X_2 + 3.50X_3 + 38.00X_4 + 11.00X_5 + 1.00X_6 + 22.00X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 7.00X_{10} + 3.00X_{11} \geq 4050$$

- d. Persamaan Minimum Available Phosphorus (*Avail_P*):

$$1.17X_1 + 0X_2 + 0.28X_3 + 0X_4 + 5.90X_5 + 3.00X_6 + 18.50X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0.60X_{10} + 0.41X_{11} \geq 470$$

- e. Persamaan Minimum *dLYS*:

$$0.77X_1 + 0X_2 + 0.22X_3 + 0X_4 + 1.52X_5 + 4.24X_6 + 0X_7 + 99.00X_8 + 0X_9 + 2.43X_{10} + 0.34X_{11} \geq 880$$

- f. Persamaan Minimum *dMET*:

$$0.19X_1 + 0X_2 + 0.17X_3 + 0X_4 + 0.38X_5 + 1.58X_6 + 0X_7 + 99.00X_8 + 0X_9 + 0.59X_{10} + 0.23X_{11} \geq 430$$

- g. Persamaan Minimum *dTSAA*:

$$0.95X_1 + 0X_2 + 0.39X_3 + 0X_4 + 2.08X_5 + 2.59X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 3.16X_{10} + 0.51X_{11} \geq 730$$

- h. Persamaan Minimum *dTHR*:

$$0.99X_1 + 0X_2 + 0.25X_3 + 0X_4 + 1.68X_5 + 2.51X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 2.11X_{10} + 0.62X_{11} \geq 700$$

- i. Persamaan Minimum *dTRP*:

$$0.62X_1 + 0X_2 + 0.06X_3 + 0X_4 + 0.10X_5 + 0.44X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0.53X_{10} + 0.15X_{11} \geq 220$$

Langkah 3: Menentukan Fungsi Objektif

Fungsi kedua dari tujuan perhitungan ini adalah untuk membuat komposisi bahan makanan dengan harga total paling murah atau dengan kata lain fungsi dari program optimasi pakan ayam ini adalah untuk meminimalisir harga. Oleh karena itu diperlukannya persamaan untuk menentukan komposisi bahan makanan mana yang memiliki harga yang paling minimum.

$$\text{Minimize } Z = 8991X_1 + 2025X_2 + 7128X_3 + 6480X_4 + 16200X_5 + 45562X_6 + 38880X_7 + 4800X_8 + 145800X_9 + 17617X_{10} + 7695X_{11}$$

Langkah 4: Membuat Non-negativity Constraints:

Non-negativity Constraints digunakan untuk membuat fungsi persamaan dimana jumlah bahan makanan tidak boleh bernilai negatif atau harus lebih besar daripada 0.

- $X_1 \geq 0$
- $X_2 \geq 0$
- $X_3 \geq 0$
- $X_4 \geq 0$
- $X_5 \geq 0$
- $X_6 \geq 0$
- $X_7 \geq 0$
- $X_8 \geq 0$
- $X_9 \geq 0$
- $X_{10} \geq 0$
- $X_{11} \geq 0$

Langkah 5: Menentukan hasil

Dari langkah-langkah diatas, komposisi bahan makanan yang memenuhi semua parameter minimum nutrisi dengan harga yang paling murah adalah:

- $X_1 = 442.80 \text{ kg}$
- $X_2 = 75.00 \text{ kg}$
- $X_3 = 787.07 \text{ kg}$
- $X_4 = 150.00 \text{ kg}$
- $X_5 = 45.14 \text{ kg}$
- $X_6 = 0 \text{ kg}$
- $X_7 = 0 \text{ kg}$

- $X_8 = 0$ kg
- $X_9 = 0$ kg
- $X_{10} = 0$ kg
- $X_{11} = 0$ kg

Dari komposisi bahan makanan tersebut tersebut, diperlukan proses pengecekan apakah kandungan yang ada dalam bahan-bahan tersebut jika dijumlahkan akan memenuhi parameter nutrisi atau tidak.

- a. Total *Metabolizable Energy (M.E.)*:

$$\text{Total ME} = (2.49 \times 442.80) + (0 \times 75.00) + (3.37 \times 787.07) + (0 \times 150.00) + (2.38 \times 45.14)$$

$$\text{Total ME} = 3694.14$$

- b. Total *Crude Protein*:

$$\text{Total Crude Protein} = (36.54 \times 442.80) + (0 \times 75.00) + (7.50 \times 787.07) + (0 \times 150.00) + (45.00 \times 45.14)$$

$$\text{Total Crude Protein} = 24760.5$$

- c. Total *Calcium (Ca)*:

$$\text{Total Ca} = (11.10 \times 442.80) + (0 \times 75.00) + (0.28 \times 787.07) + (38.00 \times 150.00) + (11.00 \times 45.14)$$

$$\text{Total Ca} = 6528.01$$

- d. Total *Avail_P*

$$\text{Total Avail}_P = (1.17 \times 442.80) + (0 \times 75.00) + (0.12 \times 787.07) + (0 \times 150.00) + (5.90 \times 45.14)$$

$$\text{Total Avail}_P = 878.8504$$

- e. Total *dLYS*

$$\text{Total dLYS} = (0.77 \times 442.80) + (0 \times 75.00) + (0.17 \times 787.07) + (0 \times 150.00) + (0.55 \times 45.14)$$

$$\text{Total dLYS} = 930.07$$

- f. Total *dMET*

$$\text{Total dMET} = (0.19 \times 442.80) + (0 \times 75.00) + (0.32 \times 787.07) + (0 \times 150.00) + (0.10 \times 45.14)$$

$$\text{Total dMET} = 452.05$$

- g. Total *dTSAA*

$$\text{Total dTSAA} = (0.95 \times 442.80) + (0 \times 75.00) + (0.25 \times 787.07) + (0 \times 150.00) + (2.08 \times 45.14)$$

$$\text{Total } dTSAA = 893.89$$

h. Total *dTHR*

$$\text{Total } dTHR = (0.99 \times 442.80) + (0 \times 75.00) + (0.37 \times 787.07) + (0 \times 150.00) + (1.68 \times 45.14)$$

$$\text{Total } dTHR = 751.2$$

i. Total *dTRP*

$$\text{Total } dTRP = (0.62 \times 442.80) + (0 \times 75.00) + (0.39 \times 787.07) + (0 \times 150.00) + (0.38 \times 45.14)$$

$$\text{Total } dTRP = 598.6465$$

j. Total Biaya:

$$\text{Total Biaya} = 8991 \times 442.80 + 2025 \times 75.00 + 7128 \times 787.07 + 6480 \times 150.00 + 16200 \times 45.14$$

$$\text{Total Biaya} = \text{Rp } 11,446,511.63$$

Jika dicocokkan dengan hasil output program optimasi pakan ayam, hasil total nutrisinya sebagai berikut:

Tabel 5.7. Tabel nutrisi pengujian pertama untuk jenis pakan ayam HP

Tabel minimal nutrisi yang harus dipenuhi oleh pakan ayam optimasi program pakan ayam dan nutrisi yang telah terpenuhi

Parameter	Minimal nutrisi yang harus dipenuhi	Nutrisi yang telah terpenuhi
<i>ME</i>	2700	3694.14
<i>Crude_Protein</i>	19000	24760.5
<i>EE</i>	0	4821.04
<i>CF</i>	0	6523.3
<i>Ca</i>	4050	6528.01
<i>Total_P</i>	0	965.42
<i>Avail_P</i>	470	878.85
<i>Na</i>	0	2975.33
<i>Cl</i>	0	4567.58
<i>Choline</i>	0	3921.88
<i>dLYS</i>	880	930.07
<i>dMET</i>	430	452.05
<i>dTSAA</i>	730	893.89
<i>dTHR</i>	700	751.2

<i>dTRP</i>	220	598.65
<i>dARG</i>	0	1276.11
<i>dVAL</i>	0	1079.95

Tujuan dari pengujian yang pertama adalah untuk mengetahui perbandingan komposisi bahan makanan ayam milik T. A. Scott, F. G. Silversides, D. Tietge, dan M. L. Swift dan komposisi bahan makanan yang diberikan oleh program optimasi pakan ayam. Walaupun topik penelitian paper yang berjudul *“Effect of feed form, formulation, and restriction on the performance of laying hens”* berfokus pengaruh bentuk pakan (pelet ekspansi atau mash) dan jenis formulasi (berdasarkan protein kasar atau *Crude Protein [CP]* atau asam amino [AA]), namun di paper tersebut memberikan formula pakan ayam dan parameter nutrisi yang harus dipenuhi. Jadi kesimpulan dari pengujian kali ini menunjukkan adanya kekurangan dan kelebihan daripada program optimasi pakan ayam, antara lain:

- Nutrisi dari kedua komposisi pakan ayam, baik yang ditulis oleh T. A. Scott, F. G. Silversides, D. Tietge, dan M. L. Swift maupun yang dikomposisikan oleh program optimasi pakan ayam sama-sama terpenuhi. Namun kandungan nutrisi yang dikandung oleh komposisi bahan makanan yang dihasilkan oleh program optimasi sedikit lebih dekat dengan parameter minimum yang diberikan.
- Total harga pakan ayam yang dihasilkan oleh program optimasi lebih murah dibandingkan total harga pakan ayam berdasarkan penelitian yang ditulis oleh T. A. Scott, F. G. Silversides, D. Tietge, dan M. L. Swift (Karena pada penelitian tersebut lebih fokus pada bentuk pakan ayam daripada harga). Jadi hal ini membuktikan bahan program optimasi pakan ayam ini mencari komposisi pakan ayam dengan harga yang paling minimum.
- Kekurangan dari program optimasi pakan ayam ini adalah diperlukannya pengalaman dan kemampuan khusus dalam proses pemeliharaan ayam. Selain itu, diperlukan juga pengetahuan yang lebih mendalam tentang karakteristik ayam dan bahan-bahan makanan yang diperlukan untuk mengoperasikan program optimasi pakan ayam ini secara maksimal.

II. Pengujian terhadap pakan ayam jenis HP untuk ayam petelur pada usia 35-70 minggu

Untuk pengujian yang kedua, pengujian ini diujikan dengan pakan ayam *HP* juga kepada ayam dengan jenis yang sama dengan sebelumnya pada umur dari minggu ke 35-70. Dalam percobaan kali ini (total jumlah makanan sebanyak 1500 kg), penulis memiliki formulasi pakan dengan bahan-bahan makanan yaitu:

- *CANOLA MEAL [CR]*: 63.90 kg
- *CHOLINE CL -70%*: 3.75 kg
- *COMMON SALT*: 4.65 kg
- *CORN [CR]*: 75.00 kg
- *DICAL. PHOS.*: 4.95 kg
- *FAT, ANIMAL*: 22.50 kg
- *FISH MEAL, Menhaden [CR]*: 39.30 kg
- *L-LYSINE HCL*: 5.85 kg
- *L-THREONINE*: 2.70 kg
- *L-TRYPTOPHAN*: 0.75 kg
- *LIMESTONE*: 126.00 kg
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*: 118.50 kg
- *VITAMIN PREMIX*: 3.15 kg
- *WHEAT [SID]*: 1029.00 kg

Untuk pengujian yang kedua ini, T. A. Scott, F. G. Silversides, D. Tietge, dan M. L. Swift memberikan pakan ayam jenis *HP*. Berikut ini parameter nutrisi yang harus dipenuhi yaitu:

Tabel 5.8. Tabel parameter nutrisi *HP* umur 35-70 minggu

Tabel minimal nutrisi yang harus dipenuhi oleh pakan ayam dengan komposisi bahan makanan dari paper dan nutrisi yang telah terpenuhi

Parameter	Minimal nutrisi yang harus dipenuhi	Nutrisi yang telah terpenuhi
<i>ME</i>	2710	4263.49
<i>Crude_Protein</i>	18400	25456.28
<i>EE</i>	0	6034.25
<i>CF</i>	0	4274.3
<i>Ca</i>	4050	6486.11

<i>Total_P</i>	0	1422.54
<i>Avail_P</i>	450	1058.04
<i>Na</i>	0	349.01
<i>Cl</i>	0	472.25
<i>Choline</i>	0	4224.23
<i>dLYS</i>	830	1269.52
<i>dMET</i>	400	400
<i>dTSAA</i>	680	763.06
<i>dTHR</i>	670	882.19
<i>dTRP</i>	210	285.77
<i>dARG</i>	0	1060.83
<i>dVAL</i>	0	1069.48

Selain Tabel parameter nutrisi yang harus dipenuhi, terdapat juga nutrisi yang dihasilkan oleh bahan-bahan yang digunakan dalam pemenuhan nutrisi tersebut. Dengan jumlah bahan makanan tersebut, jika ditotal akan menghasilkan total harga pakan ayam sebesar Rp 16,587,070.59.

Setelah melakukan pengujian terhadap bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian tersebut untuk mengetahui apakah bahan-bahan makan tersebut memenuhi kriteria nutrisi yang diberikan serta mencari total harga yang dihasilkan, perlu dilakukan perhitungan dengan program optimasi pakan ayam untuk mengecek apakah dengan macam bahan yang sama bisa menghasilkan komposisi pakan ayam yang lebih murah atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan maksimum total bahan makanan yaitu sebanyak 1500 kg. Pengujian ini juga dilakukan dengan beberapa banyak percobaan sebagai berikut:

1) Percobaan pertama

Ketika percobaan pertama dilakukan dengan menjalankan program optimasi pakan ayam dengan mengaktifkan semua bahan (status = 1) yang dipakai juga pada penelitian oleh T. A. Scott, F. G. Silversides, D. Tietge, dan M. L. Swift. Ketika dijalankan akan mengeluarkan hasil bahan makanan antara lain:

- *CANOLA MEAL [CR]*: 465.77 kg
- *COMMON SALT*: 75.00 kg
- *CORN [CR]*: 474.57 kg

- *LIMESTONE*: 439.31 kg
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*: 45.35 kg

Dengan jumlah bahan makanan tersebut, jika ditotal akan menghasilkan total harga pakan ayam sebesar Rp 11,303,725.98. Harga yang dihasilkan oleh program optimasi pakan ayam ini lebih murah dibandingkan dari komposisi pakan ayam milik T. A. Scott, F. G. Silversides, D. Tietge, dan M. L. Swift. Namun dalam percobaan yang pertama, terdapat 2 bahan yang menyebabkan komposisi pakan ayam ini kurang seimbang, yaitu *Common Salt* dan *Limestone*.

2) Percobaan kedua

Untuk mengurangi terjadinya gangguan kesehatan pada ayam atau keracunan, yang dikarenakan terlalu banyak menggunakan *Common Salt* yang mengandung Natrium Klorida (*NaCl*). Seperti sama halnya dengan manusia, apabila ayam terlalu banyak mengkonsumsi garam, ayam akan mengalami masalah ginjal dan gangguan kesehatan lainnya seperti dehidrasi, penurunan kualitas telur, dan lain-lain. Selain *Common Salt*, kandungan *Limestone* (batu kapur) secara besar juga akan menyebabkan gangguan kesehatan pada ayam petelur. Maka diperlukan pembatasan (maksimum pada bahan makanan) pada kedua bahan tersebut untuk menghasilkan komposisi pakan ayam yang lebih seimbang.

- *COMMON SALT*: Max 5%
- *LIMESTONE*: Max 10%

Dengan adanya pembatasan terhadap *Common Salt* dan *Limestone*, jadi program optimasi pakan ayam ini ketika dijalankan akan mengeluarkan hasil bahan makanan antara lain:

- *CANOLA MEAL [CR]*: 411.84 kg
- *COMMON SALT*: 75.00 kg
- *CORN [CR]*: 820.35 kg
- *LIMESTONE*: 150.00 kg
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*: 42.82 kg

Dengan jumlah bahan makanan tersebut, jika ditotal akan menghasilkan total harga pakan ayam sebesar Rp 11,367,756.77. Pada percobaan kali ini, pakan ayam sudah lebih seimbang karena penggunaan *Common Salt* dan *Limestone* sudah dalam batas wajar. Namun, harga total bahan makanannya lebih mahal dibandingkan dari percobaan pertama akan tetapi komposisi pakan ayam yang dihasilkan oleh percobaan kedua lebih layak dikonsumsi oleh ayam.

3) Percobaan ketiga

Dalam percobaan kali ini, seharusnya perbedaan percobaan kedua dan ketiga sangatlah sedikit (tidak dilakukan tidak masalah). Namun berdasarkan buku *Poultry Book* yang ditulis oleh Dr. Ir. Eko Widodo, dalam komposisi pakan ayam yang mementingkan tingkat nafsu ayam, pakan ayam harus terdiri dari 40-55% jagung. Oleh karena itu, untuk bisa menggunkan jagung pada komposisi bahan makanan ini, maka pada percobaan yang ketiga agar penggunaan *Canola Meal* diberi batasan agar program optimasi bisa mencari bahan lain sebagai pengganti bahan tersebut.

- *COMMON SALT*: Max 5%
- *LIMESTONE*: Max 10%
- *CANOLA MEAL [CR]*: Max 20%

Dengan adanya pembatasan terhadap *Common Salt*, *Limestone* dan *Canola Meal*, jadi program optimasi pakan ayam ini ketika dijalankan akan mengeluarkan hasil bahan makanan antara lain:

- *CANOLA MEAL [CR]*: 300.00 kg
- *COMMON SALT*: 75.00 kg
- *CORN [CR]*: 637.40 kg
- *L-LYSINE HCL*: 0.48 kg
- *L-THREONINE*: 0.16 kg
- *LIMESTONE*: 87.23 kg
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*: 44.06 kg
- *WHEAT [SID]*: 355.67 kg

Dengan jumlah bahan makanan tersebut, jika ditotal akan menghasilkan total harga pakan ayam sebesar Rp 11,046,247.45. Total harga pakan ayam pada percobaan kedua dan ketika memiliki selisih yang sangat tipis dibandingkan dengan percobaan pertama.

Dalam memperoleh hasil komposisi bahan makanan diatas, terdapat langkah-langkah perhitungan secara sistematis dalam menggunakan metode *Linear Programming* untuk memenuhi semua kandungan nutrisi dan untuk meminimalisir harga total. Berikut merupakan langkah-langkahnya, yaitu:

Langkah 1: Mengidentifikasi Variabel Keputusan

Langkah pertama dalam perhitungan menggunakan metode *Linear Programming* adalah identifikasi variabel keputusan. Variabel yang digunakan dalam perhitungan ini adalah jumlah bahan makanan per kilonya. Jadi variabel keputusan dapat dijelaskan dengan:

- X_1 : jumlah *Canola Meal [CR]* dalam kg
- X_2 : jumlah *Common Salt* dalam kg
- X_3 : jumlah *Corn [CR]* dalam kg
- X_4 : jumlah *Limestone* dalam kg
- X_5 : jumlah *Meat & Bone Meal [SID]* dalam kg
- X_6 : jumlah *Fish Meal* dalam kg
- X_7 : jumlah *Dical. Phos.* dalam kg
- X_8 : jumlah *DL-Methionine* dalam kg
- X_9 : jumlah *Vitamin Premix* dalam kg
- X_{10} : jumlah *Soybean Meal (44% CP) [SID]* dalam kg
- X_{11} : jumlah *Wheat [SID]* dalam kg

Langkah 2: Membuat persamaan untuk parameter minimum (*Constraints*)

Salah satu fungsi tujuan dalam perhitungan ini adalah membuat komposisi bahan makanan untuk memenuhi parameter nutrisi yang diberikan, berikut ini merupakan parameter nutrisi yang pakai dalam bentuk persamaan, yaitu:

a. Persamaan Minimum *Metabolizable Energy (M.E.)*:

$$2.49X_1 + 0X_2 + 3.37X_3 + 0X_4 + 2.38X_5 + 2.95X_6 + 0X_7 + 5.02X_8 + 0X_9 + 2.24X_{10} + 3.17X_{11} \geq 2700$$

b. Persamaan Minimum *Crude Protein*:

$$36.54X_1 + 0X_2 + 7.50X_3 + 0X_4 + 45.00X_5 + 62.00X_6 + 0X_7 + 58.10X_8 + 0X_9 + 44.00X_{10} + 13.50X_{11} \geq 19000$$

c. Persamaan Minimum Calcium (Ca):

$$11.10X_1 + 0X_2 + 3.50X_3 + 38.00X_4 + 11.00X_5 + 1.00X_6 + 22.00X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 7.00X_{10} + 3.00X_{11} \geq 4050$$

d. Persamaan Minimum *Available Phosphorus (Avail_P)*:

$$1.17X_1 + 0X_2 + 0.28X_3 + 0X_4 + 5.90X_5 + 3.00X_6 + 18.50X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0.60X_{10} + 0.41X_{11} \geq 470$$

e. Persamaan Minimum *dLYS*:

$$0.77X_1 + 0X_2 + 0.22X_3 + 0X_4 + 1.52X_5 + 4.24X_6 + 0X_7 + 99.00X_8 + 0X_9 + 2.43X_{10} + 0.34X_{11} \geq 880$$

f. Persamaan Minimum *dMET*:

$$0.19X_1 + 0X_2 + 0.17X_3 + 0X_4 + 0.38X_5 + 1.58X_6 + 0X_7 + 99.00X_8 + 0X_9 + 0.59X_{10} + 0.23X_{11} \geq 430$$

g. Persamaan Minimum *dTSAA*:

$$0.95X_1 + 0X_2 + 0.39X_3 + 0X_4 + 2.08X_5 + 2.59X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 3.16X_{10} + 0.51X_{11} \geq 730$$

h. Persamaan Minimum *dTHR*:

$$0.99X_1 + 0X_2 + 0.25X_3 + 0X_4 + 1.68X_5 + 2.51X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 2.11X_{10} + 0.62X_{11} \geq 700$$

i. Persamaan Minimum *dTRP*:

$$0.62X_1 + 0X_2 + 0.06X_3 + 0X_4 + 0.10X_5 + 0.44X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0.53X_{10} + 0.15X_{11} \geq 220$$

Langkah 3: Menentukan Fungsi Objektif

Fungsi kedua dari tujuan perhitungan ini adalah untuk membuat komposisi bahan makanan dengan harga total paling murah atau dengan kata lain fungsi dari program optimasi pakan ayam ini adalah untuk meminimalisir harga. Oleh karena itu diperlukannya persamaan untuk menentukan komposisi bahan makanan mana yang memiliki harga yang paling minimum.

$$\text{Minimize } Z = 8991X_1 + 2025X_2 + 7128X_3 + 6480X_4 + 16200X_5 + 45562X_6 + 38880X_7 + 4800X_8 + 145800X_9 + 17617X_{10} + 7695X_{11}$$

Langkah 4: Membuat Non-negativity Constraints:

Non-negativity Constraints digunakan untuk membuat fungsi persamaan dimana jumlah bahan makanan tidak boleh bernilai negatif atau harus lebih besar daripada 0.

- $X_1 \geq 0$
- $X_2 \geq 0$
- $X_3 \geq 0$
- $X_4 \geq 0$
- $X_5 \geq 0$
- $X_6 \geq 0$
- $X_7 \geq 0$
- $X_8 \geq 0$
- $X_9 \geq 0$
- $X_{10} \geq 0$

- $X_{11} \geq 0$

Langkah 5: Menentukan hasil

Dari langkah-langkah diatas, komposisi bahan makanan yang memenuhi semua parameter minimum nutrisi dengan harga yang paling murah adalah:

- $X_1 = 300.00$ kg
- $X_2 = 75.00$ kg
- $X_3 = 637.40$ kg
- $X_4 = 87.23$ kg
- $X_5 = 44.0$ kg
- $X_6 = 0$ kg
- $X_7 = 0$ kg
- $X_8 = 0$ kg
- $X_9 = 0$ kg
- $X_{10} = 0$ kg
- $X_{11} = 355.67$ kg

Dari komposisi bahan makanan tersebut tersebut, diperlukan proses pengecekan apakah kandungan yang ada dalam bahan-bahan tersebut jika dijumlahkan akan memenuhi parameter nutrisi atau tidak.

a. Total *Metabolizable Energy (M.E.):*

$$\text{Total Metabolizable Energy} = (2.49 \times 300.00) + (0 \times 75.00) + (3.37 \times 637.40) + (0 \times 87.23) + (2.38 \times 44.06) + (2.95 \times 0) + (0 \times 0) + (5.02 \times 0) + (0 \times 0) + (2.24 \times 0) + (3.17 \times 355.67)$$

$$\text{Total Metabolizable Energy} = 4126.17$$

b. Total *Crude Protein:*

$$\text{Total Crude Protein} = (36.54 \times 300.00) + (0 \times 75.00) + (7.50 \times 637.40) + (0 \times 87.23) + (45.00 \times 44.06) + (62.00 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (44.00 \times 0) + (13.50 \times 355.67)$$

$$\text{Total Crude Protein} = 22526.75$$

c. Total *Calcium (Ca):*

$$\text{Total Calcium} = (11.10 \times 300.00) + (0 \times 75.00) + (0.03 \times 637.40) + (38.00 \times 87.23) + (11.00 \times 44.06) + (1.00 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (7.00 \times 0) + (3.00 \times 355.67)$$

$$\text{Total Calcium} = 8196.41$$

d. Total *Avail_P*

$$\text{Total Avail}_P = (1.17 \times 300.00) + (0 \times 75.00) + (0.28 \times 637.40) + (0 \times 87.23) + (5.90 \times 44.06) + (3.00 \times 0) + (18.50 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0.60 \times 0) + (0.41 \times 355.67)$$

$$\text{Total Avail}_P = 935.24$$

e. Total *dLYS*

$$\text{Total } dLYS = (0.77 \times 300.00) + (0 \times 75.00) + (0.22 \times 637.40) + (0 \times 87.23) + (1.52 \times 44.06) + (4.24 \times 0) + (0 \times 0) + (99.00 \times 0) + (0 \times 0) + (2.43 \times 0) + (0.34 \times 355.67)$$

$$\text{Total } dLYS = 883.97$$

f. Total *dMET*

$$\text{Total } dMET = (0.19 \times 300.00) + (0 \times 75.00) + (0.17 \times 637.40) + (0 \times 87.23) + (0.38 \times 44.06) + (1.58 \times 0) + (0 \times 0) + (99.00 \times 0) + (0 \times 0) + (0.59 \times 0) + (0.23 \times 355.67)$$

$$\text{Total } dMET = 435.78$$

g. Total *dTSAA*

$$\text{Total } dTSAA = (0.95 \times 300.00) + (0 \times 75.00) + (0.39 \times 637.40) + (0 \times 87.23) + (2.08 \times 44.06) + (2.59 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (3.16 \times 0) + (0.51 \times 355.67)$$

$$\text{Total } dTSAA = 860.06$$

h. Total *dTHR*

$$\text{Total } dTHR = (0.99 \times 300.00) + (0 \times 75.00) + (0.25 \times 637.40) + (0 \times 87.23) + (1.68 \times 44.06) + (2.51 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (2.11 \times 0) + (0.62 \times 355.67)$$

$$\text{Total } dTHR = 749.88$$

i. Total *dTRP*

j. Total *dTRP* = $(0.62 \times 300.00) + (0 \times 75.00) + (0.06 \times 637.40) + (0 \times 87.23) + (0.10 \times 44.06) + (0.44 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0.53 \times 0) + (0.15 \times 355.67)$

$$\text{Total } dTRP = 281.99$$

k. Total Biaya:

$$\text{Total Biaya} = 8991 \times 300 + 2025 \times 75 + 7128 \times 637.40 + 6480 \times 87.23 + 16200 \times 44.06 + 45562 \times 0 + 38880 \times 0 + 4800 \times 0 + 145800 \times 0 + 17617 \times 0 + 7695 \times 355.67$$

$$\text{Total Biaya} = 2697300 + 151875 + 4542271.20 + 565125.60 + 713772 + 2736903.65$$

$$\text{Total Biaya} = \text{Rp } 11,046,247.45$$

Jika dicocokkan dengan hasil output program optimasi pakan ayam, hasil total nutrisinya sebagai berikut:

Tabel 5.9. Tabel nutrisi pengujian kedua untuk jenis pakan ayam HP

Tabel minimal nutrisi yang harus dipenuhi oleh pakan ayam dengan komposisi bahan makanan dari program optimasi pakan ayam dan nutrisi yang telah terpenuhi

Parameter	Minimal nutrisi yang harus dipenuhi	Nutrisi yang telah terpenuhi
<i>ME</i>	2690	4126.17
<i>Crude_Protein</i>	18400	22526.75
<i>EE</i>	0	4800.13
<i>CF</i>	0	6237.08
<i>Ca</i>	4050	8196.41
<i>Total_P</i>	0	923.15
<i>Avail_P</i>	450	935.24
<i>Na</i>	0	2974.6
<i>Cl</i>	0	4567.29
<i>Choline</i>	0	3746.46
<i>dLYS</i>	830	883.97
<i>dMET</i>	400	435.78
<i>dTSAA</i>	680	860.06
<i>dTHR</i>	670	720.69
<i>dTRP</i>	210	281.99
<i>dARG</i>	0	1220.41
<i>dVAL</i>	0	1013.37

Tujuan dari pengujian yang kedua adalah untuk mengetahui perbandingan komposisi bahan makanan ayam milik F. G. Silversides dan M. Hruby dan komposisi bahan makanan yang diberikan oleh program optimasi pakan ayam. Walaupun topik penelitian paper yang berjudul "*Feed formulation using phytase in laying hen diets*" berfokus pada diet ayam jenis *Lohmann LSL-Lite* dan *Classic Brown*, namun di paper tersebut memberikan formula pakan ayam dan parameter nutrisi yang harus dipenuhi. Jadi kesimpulan dari pengujian kali ini menunjukkan adanya kekurangan dan kelebihan daripada program optimasi pakan ayam, antara lain:

- Nutrisi dari kedua komposisi pakan ayam, baik yang ditulis oleh F. G. Silversides dan M. Hruby maupun yang dikomposisikan oleh program optimasi pakan ayam sama-sama terpenuhi. Namun kandungan nutrisi yang dikandung oleh komposisi bahan makanan

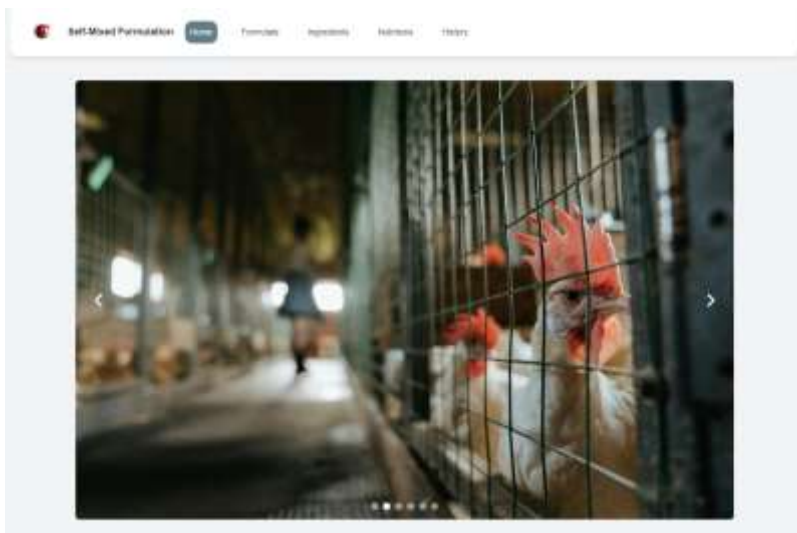
yang dihasilkan oleh program optimasi sedikit lebih dekat dengan parameter minimum yang diberikan.

- Total harga pakan ayam yang dihasilkan oleh program optimasi lebih murah dibandingkan total harga pakan ayam berdasarkan penelitian yang ditulis oleh F. G. Silversides dan M. Hruby (Karena pada penelitian tersebut lebih fokus dalam komposisi diet ayam, daripada harga). Jadi hal ini membuktikan bahwa program optimasi pakan ayam ini mencari komposisi pakan ayam dengan harga yang paling minimum.
- Kekurangan dari program optimasi pakan ayam ini adalah diperlukannya pengalaman dan kemampuan khusus dalam proses pemeliharaan ayam. Selain itu, diperlukan juga pengetahuan yang lebih mendalam tentang karakteristik ayam dan bahan-bahan makanan yang diperlukan untuk mengoperasikan program optimasi pakan ayam ini secara maksimal.

5.4. Pengujian Program

Pada bagian ini akan membahas implementasi model dalam bentuk *Graphical User Interface (GUI)*. Program optimasi pakan ayam ini bernama "*Self-Mixed Formulation*".

5.4.1. Homescreen



Gambar 5.1. Gambar Tampilan home screen program

Pada saat program dijalankan, pertama akan menampilkan *homescreen* dengan adanya *header* yang berupa komponen *navbar*. *Navbar* tersebut memiliki isi yaitu:

- *Home* berfungsi untuk menunjukkan *company* profile

Gambar 5.3. Gambar halaman formulare

Pada halaman ini, pertama-tama terdapat dropdown yang berisi “select phase” yang berfungsi untuk memilih parameter nutrisi yang akan digunakan untuk optimasi kali ini. Jika ditekan, maka akan muncul list yang dapat discroll kebawah untuk melihat semua parameter yang ada maupun sudah ditambahkan dalam program ini. Disebelah kanan “select phase”, terdapat tombol yang bernama “select all”. Tombol ini digunakan untuk mengaktifkan dan menon-aktifkan status pada semua bahan makanan.



Gambar 5.4. Gambar Select phase

Jika sudah memilih parameter mana yang akan digunakan, Selanjutnya terdapat tabel yang berisi bahan-bahan makan yang ada dalam program ini. Semua bahan makanan berjumlah 86 bahan. Di Dalam tabel ini memiliki 5 kolom yaitu:

- *Nama* bahan makanan berfungsi menampilkan nama bahan makanan
- *Stock* berfungsi untuk menampilkan stock realtime yang ada pada kandang. *Stock* ini dapat diubah dengan cara men double click pada angka yang ingin diganti.
- *Min* berfungsi untuk menampilkan jumlah barang yang harus dipakai dalam program optimasi. *Min* ini dapat diubah dengan cara men *double click* pada angka yang ingin diganti. Misalnya, jika ingin mengganti *Min* pada *CORN [SID]*, maka yang harus user lakukan adalah men double click pada kolom *Min* pada *CORN [SID]* sesuai dengan jumlah yang ingin digantikan (*Min* ini memilki satuan persen(%), contohnya jika user memasukkan angka 10% maka bahan yang harus digunakan yaitu 10% dari total jumlah pakan ayam)

- *Max* berfungsi untuk menampilkan jumlah maksimal barang yang harus dipakai dalam program optimasi. *Max* ini dapat diubah dengan cara men *double click* pada angka yang ingin diganti. Misalnya, jika ingin mengganti *Max* pada *CORN [SID]*, maka yang harus user lakukan adalah men *double click* pada kolom *Max* pada *CORN [SID]* sesuai dengan jumlah yang ingin digantikan (*Max* ini memiliki satuan persen(%), contohnya jika *user* memasukkan angka 50% maka maskimal bahan yang dapat digunakan yaitu 50% dari total jumlah pakan ayam)
- Status berfungsi untuk menunjukkan bahwa barang itu digunakan atau tidak pada program optimasi pakan ayam. *User* dapat mengganti status pada kolom ini dengan cara menekan *toggle switch* yang ada. Jika *toggle switch* berwarna hijau, maka bahan tersebut dapat digunakan. Apabila *toggle switch* tersebut berwarna putih atau mati, maka bahan tersebut tidak masuk kedalam perhitungan program optimasi pakan ayam.

Name	Stock	Min	Max	Status
ANTIBIOTIC	100000	0	100	<input type="checkbox"/>
BAKERY MEAL [CR]	100000	0	100	<input checked="" type="checkbox"/>
BARLEY (+10% CP) [CR]	10000	0	100	<input type="checkbox"/>
BARLEY [SID]	97028.83	0	100	<input type="checkbox"/>
BOLYSB	100000	0	100	<input checked="" type="checkbox"/>
BLOOD MEAL (Fish Ring) [CR]	100000	0	50	<input type="checkbox"/>
BLOOD MEAL (Wg) [CR]	100000	0	100	<input type="checkbox"/>
BLOOD MEAL CF +80% [SID]	100000	0	100	<input checked="" type="checkbox"/>
BLOOD MEAL CF +80% [SID]	100000	70	100	<input checked="" type="checkbox"/>
BREWERS GRANS [CR]	35037.84	0	100	<input type="checkbox"/>

1

Gambar 5.5. Gambar Tabel bahan makanan di Formulate

Di paling bawah dari tabel tersebut terdapat tombol *Previous* dan *Next*. Tombol ini digunakan mengganti halaman pada tabel. Tabel hanya menampilkan 10 bahan makan per lembarnya. Jika user sudah selesai memilih phase dan mengatur *min*, *max*, dan status. Maka *user* dapat memilih tombol *formulate* yang terletak disebelah dropdown *select phase*.

Results

Solusi ditemukan:
 Harga total makanan: 13674713.86
 Jumlah masing-masing bahan makanan:
 CORN [CR]: 603.93
 DL-METHIONINE: 1.94
 L-LYSINE HCL: 0.82
 MEAT & BONE MEAL CP<45% [SID]: 172.21
 RICE BRAN [SID]: 525.00
 SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]: 196.09

Total Nutrisi:

Name	Min	Value	Max
ME	3100	4000	4000
Crude_Protein	21500	27869.03	30000
EE	0	10500.62	0

Gambar 5.6. Gambar Form result hasil formulasi

Setelah tombol tersebut ditekan, maka akan muncul *form results* yang berisi bahan makanan beserta dengan jumlahnya dalam kilogram yang ditemukan untuk solusi dari *phase* yang dipilih. *Form* tersebut juga berisi harga total bahan makanan dan total nutrisi yang dikandung dalam bahan-bahan yang ditampilkan oleh program optimasi.

Ca	870	1986.15	2000
Total_P	0	2060.11	0
Avail_P	440	1219.88	2000
Na	160	160	2000
Cl	160	185.38	2000
Choline	1600	2141.1	3000
dLYS	1150	1150	3000
dMET	470	553.12	2000
dTSAA	870	870	2000
dTHR	110	761.49	2000
dTRP	180	216.46	2000
dARG	1230	1579.91	3000
dVAL	870	1214.64	3000

Gambar 5.7. Gambar Tombol Confirm

Di Paling bawah tombol tersebut juga terdapat tombol *confirm* yang berfungsi untuk menutup *form* tersebut dan menyimpan hasil bahan makan tersebut kedalam halaman *history*.

Results

Tidak ada solusi yang ditemukan

Total Nutrisi:

Name	Min	Value	Max
ME	3100		4000
Crude_Protein	21500		30000
EE	0		0
CF	0		0
Ca	870		2000
Total_P	0		0
Avail_P	440		2000
Na	160		2000
Cl	160		2000
Choline	1600		3000

Gambar 5.8. Gambar Tidak ada solusi

Jika program optimasi tersebut tidak menemukan hasil solusi, maka tetap akan muncul form dengan isi teks “Tidak ada solusi yang ditemukan” dan dengan tabel total nutrisi yang kosong.

5.4.3. Ingredients

Ingredients

Name	Harga	ME	Crude Protein	True Protein	EE	CF	Ca	Total
ANTIBIOTIC	3396	0	0	0	0	0	0	0
BASSET MEAL (20)	757.5	1.19	19	9.17	11.3	1	9.1	0.29
BASSET (-10% CP) (20)	844.3	1.75	19.3	10.82	1.9	0	9.08	0.42
BASSET (30)	844.3	1.75	19.3	10.27	1.9	0	9.08	0.42
BOLYER	10280	0.79	73	38.1	0	0	0	1
BLOOD MEAL (Pain Reg) (20)	3475	0.42	38.3	19.25	1	0.8	0.06	0.08
BLOOD MEAL (10) (20)	3475	0.22	30	15.27	1	1	0.28	0.22
BLOOD MEAL CP -10% (20)	3475	0.22	30	15.27	1	1	0.28	0.22
BLOOD MEAL CP +10% (20)	3475	0.42	38.3	19.25	1	0.8	0.06	0.08
BREWERS GRANS (20)	226	0.25	27.3	24.75	7.4	11.7	0.3	0.86
BREWERS GRANS (DRED) (20)	226	0.25	27.3	24.75	7.4	11.7	0.3	0.86
CANOLA MEAL (20)	440	0.53	30.3	16.25	12	12.4	0.33	0.34

Gambar 5.9. Gambar Ingredients dan kandungan nutrisinya

Pada halaman *Ingredients* terdapat juga tabel yang berfungsi menampilkan bahan makanan yang ada pada program optimasi pakan ayam. Di Dalam tabel ini terdapat 22 kolom yaitu: *Name*, *Harga*, *ME*, *Crude Protein*, *True Protein*, *EE*, *CF*, *Ca*, *Total P*, *Avail P*, *CaP*, *Na*, *Cl*, *Choline*, *Folate*, *dLYS*, *dMET*, *dTSAA*, *dTHR*, *dTRP*, *dARG*, dan *dVAL*. Semua itu adalah kandungan

yang ada dalam bahan makanan. Pada tabel ini, *user* tidak dapat men *double click* harga maupun kandungan yang ada. Terdapat juga *scroll* secara *horizontal* untuk melihat secara lengkap kandungan yang ada. Di Paling bawah dari tabel tersebut terdapat tombol *Previous* dan *Next*. Tombol ini digunakan mengganti halaman pada tabel. Tabel hanya menampilkan 10 bahan makan per lembarnya.



Gambar 5.10. Gambar Halaman Nutritions

Pada halaman *nutritions*, terdapat 2 fitur yang dapat *user* gunakan. Pertama adalah "*select requirement*", merupakan *dropdown* yang berfungsi untuk menampilkan parameter *minimum requirement* dan *maximum requirement*. Jika salah satu dari kedua parameter tersebut di tekan, maka akan muncul tabel yang menampilkan parameter isi dari setiap *phase* yang sudah ada dalam program maupun yang baru saja ditambahkan.

5.4.4. Nutritions

Phase	ME	Crude Protein	True Protein	EE	CF	Ca	Total
Broiler Starter (0- 10 d), Target Live Weight ≤ 160 kg (3.50 lb)	3100	21500	0.00	0	0	870	0
Broiler Grower (11- 24 d), Target Live Weight ≤ 160 kg (3.50 lb)	3100	21500	0.00	0	0	870	0
Broiler Finisher (25- market), Target Live Weight ≤ 160 kg (3.50 lb)	3200	20000	0.00	0	0	810	0
Broiler Starter (0- 10 d), Target Live Weight 3.10 - 3.50 kg (6.85 - 7.70 lb)	3000	23000	0.00	0	0	960	0
Broiler Grower (11- 24 d), Target Live Weight 3.10 - 3.50 kg (6.85 - 7.70 lb)	3100	21500	0.00	0	0	870	0
Broiler Finisher 1 (25- 39), Target Live Weight 3.10 - 3.50 kg (6.85 - 7.70 lb)	3200	19500	0.00	0	0	780	0
Broiler Finisher 2 (40- market), Target Live Weight 3.10 - 3.50 kg (6.85 - 7.70 lb)	3230	18000	0.00	0	0	740	0
Broiler Finisher 3 (40- market), Target Live Weight 3.10 - 3.50 kg (6.85 - 7.70 lb)	3230	17500	0.00	0	0	730	0
Cobb 500- Broiler Starter (0- 10 d)	3040	21500	0.00	0	0	900	0

Gambar 5.11. Gambar Minimum requirement

Ca	Total P	Avail P	CaP	Na	Cl	Choline	Folate	dLYS	dMET	dTSAA	dTHR	dTRP	dARG	dVAL	Action
3000	0	3000	0	2000	2000	3000	0.00	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	DELETE
9000	0	3000	0	6000	9000	9000	0.00	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	DELETE
9000	0	9000	0	9000	9000	9000	0.00	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	DELETE
3000	0	9000	0	9000	3000	9000	0.00	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	DELETE
9000	0	9000	0	9000	3000	9000	0.00	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	DELETE
9000	0	9000	0	9000	9000	9000	0.00	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	DELETE
9000	0	9000	0	9000	9000	9000	0.00	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	DELETE
9000	0	9000	0	9000	9000	9000	0.00	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	DELETE
9000	0	9000	0	9000	9000	9000	0.00	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	DELETE
9000	0	9000	0	9000	9000	9000	0.00	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	DELETE

Gambar 5.12. Gambar Maximum requirement

Tabel tersebut memiliki 22 kolom yaitu, *Phase*, *ME*, *Crude Protein*, *True Protein*, *EE*, *CF*, *Ca*, *Total P*, *Avail P*, *CaP*, *Na*, *Cl*, *Choline*, *Folate*, *dLYS*, *dMET*, *dTSAA*, *dTHR*, *dTRP*, *dARG*, *dVAL*, dan *action*. Terdapat scroll secara *vertical* maupun *horizontal* untuk menampilkan secara lengkap parameter nutrisi. Pada kolom *action*, terdapat tombol yaitu *delete* yang berfungsi untuk menghapus parameter yang ingin dihilangkan dari program. Jika *user* menekan tombol *delete* pada salah satu tabel parameter, maka semua parameter yaitu minimum maupun maksimum juga akan terhapus dari program ini.

Gambar 5.13. Gambar Form add new data

Fitur yang kedua adalah tombol "*add new*" yang berfungsi untuk menambahkan parameter minimum maupun maksimum. Jika tombol tersebut ditekan, maka akan muncul *form*

yang berisikan *field-field* yang harus *user* isi untuk memasukan parameter yang ingin ditambahkan. Pastikan jangan lupa menulis nama phase yang ingin ditambahkan.

The image shows a web form for adding new data. It consists of two columns of input fields. The left column contains fields for 'dLYS Min', 'dMET Min', 'dTSAA Min', 'dTHR Min', 'dTRP Min', 'dARG Min', and 'dVAL Min'. The right column contains corresponding 'Max' fields: 'dLYS Max', 'dMET Max', 'dTSAA Max', 'dTHR Max', 'dTRP Max', 'dARG Max', and 'dVAL Max'. At the bottom of the form is a green button labeled 'ADD NEW DATA'.

Gambar 5.14. Gambar Tombol add new data

Didalam *form* tersebut terdapat 2 tombol juga yaitu: tombol silang (X) yang berfungsi untuk membatalkan penambahan data dan tombol *add new data* untuk meng confirm penambahan data yang *user* inginkan. pastikan untuk mengisi semua *field* sebelum menekan tombol tersebut.

5.4.5. History

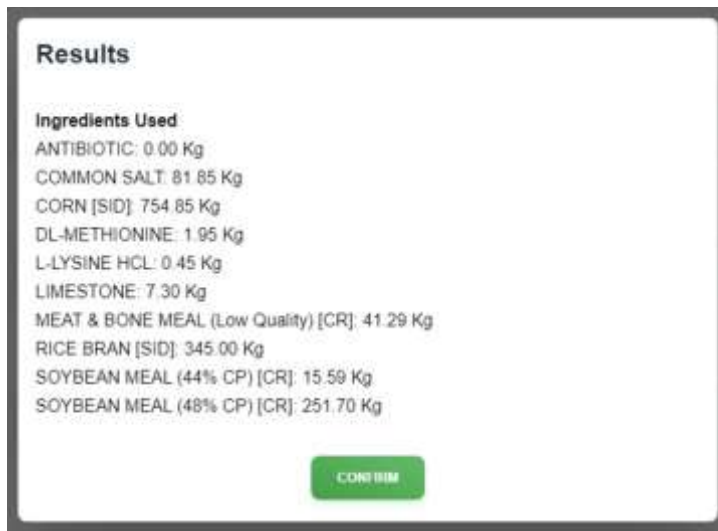
The image shows a 'History' table with the following data:

No	Tanggal	Phase	Details
1	2024-05-22	Breeder Starter (3-15 d), Target Live Weight 2 160 kg (3 50 kg)	DETAILS
2	2024-05-22	Breeder Grower (15-24 d), Target Live Weight 2 160 kg (3 50 kg)	DETAILS
3	2024-05-22	Breeder Finisher (24-40 weeks), Target Live Weight 3 10 - 3 30 kg (6 25 - 7 25 kg)	DETAILS
4	2024-05-22	COW 500 Breeder Grower (11-22 d)	DETAILS
5	2024-05-22	COW 700 Breeder Grower (11-22 d)	DETAILS
6	2024-05-02	Breeder Starter (3-15 d), Target Live Weight 2 160 kg (3 50 kg)	DETAILS
7	2024-05-02	Breeder Starter (3-15 d), Target Live Weight 2 160 kg (3 50 kg)	DETAILS
8	2024-05-02	Breeder Starter (3-15 d), Target Live Weight 2 160 kg (3 50 kg)	DETAILS
9	2024-05-02	Breeder Starter (3-15 d), Target Live Weight 2 160 kg (3 50 kg)	DETAILS
10	2024-05-02	Breeder Starter (3-15 d), Target Live Weight 2 160 kg (3 50 kg)	DETAILS

Gambar 5.15. Gambar Halaman history

Pada halaman history, terdapat juga tabel yang berisikan 4 kolom, yaitu:

- *No* berfungsi sebagai id dalam tabel tersebut
- Tanggal berfungsi untuk menunjukkan pada tanggal dan jam berapa
- *User* melakukan formulasi pada halaman *formulate*
- *Phase* berfungsi untuk menunjukkan *phase* apa yang *user* pilih ketika melakukan formulasi pada halaman *formulate*
- *Details* merupakan tombol berfungsi untuk melihat hasil formulasi yang berupa bahan-bahan makan yang *user* jalankan pada halaman formulasi dengan *phase* yang dipilih



Gambar 5.16. Gambar Form details history

Jika tombol *Details* tersebut ditekan, maka akan muncul *form* yang berisikan hasil bahan-bahan makanan yang *user* jalankan pada halaman formulasi dengan *phase* yang dipilih.

5.5. Pengujian Model dengan Kasus Nyata

Selain pengujian berdasarkan *paper* yang sudah ada, pengujian untuk skripsi ini dilakukan pada kasus nyata yaitu pengujian bahan makanan di kandang X. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukan semua bahan makanan yang ada di kandang X, baik yang sudah ada di dalam gudang (stok kandang) maupun bahan yang bisa diakses. Pertama, pemilihan pada jenis pakan ayam pada fase tertentu sangatlah penting, bisa memakai parameter yang sudah disediakan oleh program maupun menggunakan parameter dengan inputan sendiri. Setelah parameter dipilih, maka langkah kedua yaitu memilih bahan makanan yang akan digunakan dalam proses perhitungan. Selain pemilihan status pada bahan makanan, boleh juga ditambahkan batasan minimum dan maksimum pada bahan makanan yang aktif. Kemudian

pengujian boleh dilakukan beberapa kali hingga menemukan komposisi bahan makanan yang pas dan harga yang murah sesuai dengan kebutuhan dan keadaan kandang.

Selama ini, kandang X sudah mempunyai komposisi bahan makanan yang sudah digunakan untuk pemeliharaan ayam pada kandang tersebut selama ini. Formula pakan ayam tersebut dibuat menggunakan *excel* dengan metode *trial and error*. Hal ini akan memakan waktu yang lama dan membahayakan bagi kesehatan ayam. Berikut ini adalah komposisi bahan makanan tersebut menggunakan bahan, antara lain:

Tabel 5.10. Tabel bahan makanan kandang X

Tabel bahan makanan yang digunakan pada Kandang X, bahan makanan tersebut dibuat dengan pengalaman pemilik kandang selama ini

Nama Bahan	Jumlah (kg)	Jumlah (%)
Jagung	825 kg	55%
Katul	133.5 kg	8,9%
Bkk – butir kedelai	304.5 kg	20.3%
<i>Mbm (meat bone meal)</i>	108 kg	7.2%
Biji batu	82,5 kg	5.5%
Tepung batu	30 kg	2%
Premix	18.05 kg	1.2%

Jika bahan-bahan ini dimasukkan kedalam program optimasi pakan ayam, dengan cara memasukan minimal bahan pada kolom min sesuai dengan jumlah(%), maka akan menghasilkan formula pakan yaitu:

- *CORN [CR]: 825.00 kg*
- *LIMESTONE: 30.00 kg*
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]: 108.00 kg*
- *MINERAL PREMIX: 16.50 kg*
- *RICE BRAN [SID]: 133.50 kg*
- *SOFT ROCK PHOS.: 82.50 kg*
- *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]: 304.50 kg*

Dari komposisi bahan-bahan makanan diatas, total harga pakan ayam mencapai Rp 16,912,411.504. Dari bahan-bahan tersebut, total nutrisi yang dihasilkan adalah:

Tabel 5.11. Tabel nutrisi yang dihasilkan kandang X

Tabel nutrisi yang dikandung oleh komposisi dari bahan-bahan makanan pada kandang X

Parameter	Minimal nutrisi yang harus dipenuhi
<i>ME</i>	3999.72
<i>Crude_Protein</i>	26167.65
<i>EE</i>	5693.25
<i>CF</i>	5490.9
<i>Ca</i>	3865.47
<i>Total_P</i>	1993.65
<i>Avail_P</i>	1584.14
<i>Na</i>	116.7
<i>Cl</i>	125.76
<i>Choline</i>	2107.86
<i>dLYS</i>	1121.75
<i>dMET</i>	377.93
<i>dTSAA</i>	787.82
<i>dTHR</i>	774.19
<i>dTRP</i>	231.62
<i>dARG</i>	1556.21
<i>dVAL</i>	1194.81

Untuk menguji apakah bahan-bahan makanan yang digunakan dalam pakan ayam oleh kandang X sudah memenuhi kriteria nutrisi atau tidak, dan apakah total harga makanan dari kandang X sudah merupakan bahan paling murah akan dilakukan beberapa pengujian, antara lain:

- I. Pengujian pertama pada ayam petelur yang berumur 0-3 minggu (Fase Starter)

Pengujian kali ini, program diminta untuk membuat komposisi bahan makanan dengan jenis pakan ayam (*phase*) pada fase *Starter* untuk ayam petelur yang berumur 0-3 minggu (Di dalam program optimasi, *phase: HY-LINE W-36 Starter 1 (0-3 wks)*). Dalam pembuatan formula pakan kali ini, bahan-bahan makanan yang digunakan dalam optimasi ini adalah bahan-bahan

yang sama dengan yang digunakan pada kandang X. Untuk pengujian yang pertama memiliki kasus khusus dimana stok jagung pada kandang tersebut lagi sangat banyak. Oleh karena itu, pemilik kandang ingin membuat formula pakan ayam dengan menggunakan jagung sebanyak mungkin untuk bisa menghabiskan stok jagung tersebut sebelum mengalami banyak kesusutan. Ada beberapa langkah dan percobaan dalam membuat komposisi bahan makanan seperti yang diminta oleh pemilik kandang, antara lain:

1) Percobaan pertama

Pada percobaan pertama, bahan-bahan yang digunakan pada proses optimasi pakan ayam sama dengan bahan-bahan yang digunakan pada kandang X, yaitu *ANTIBIOTIC*, *CHOLINE CL -70%*, *CORN [CR]*, *DICAL. PHOS.*, *DL-METHIONINE*, *L-LYSINE HCL*, *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*, *MINERAL PREMIX*, *RICE BRAN [SID]*, *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]*, dan *VITAMIN PREMIX*. Maka, bahan-bahan makanan yang dihasilkan oleh program yaitu:

- *ANTIBIOTIC*: 0.00 kg
- *DL-METHIONINE*: 2.58 kg
- *L-LYSINE HCL*: 0.61 kg
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*: 147.24 kg
- *RICE BRAN [SID]*: 1255.79 kg
- *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]*: 93.78 kg

Dari komposisi bahan-bahan makanan diatas, total harga pakan ayam mencapai Rp 10,963,587.44. Namun dalam kasus khusus kali ini, kandang X memiliki stok jagung yang sangat banyak. Oleh karena itu, *user* harus memaksa program untuk menggunakan *CORN [CR]* (jagung) untuk menjadi salah satu bahan makanan yang paling banyak dalam hasil formulasi dari program optimasi pakan ayam.

2) Percobaan kedua

Pada percobaan yang kedua, *user* harus memasukan minimal pada kolom *CORN [CR]* atau jagung sesuai dengan keinginan *user* seberapa banyak *user* ingin memasukan jumlah jagung kedalam program optimasi. Namun berdasarkan buku *Poultry Book* yang ditulis oleh Dr. Ir. Eko Widodo, dalam komposisi pakan ayam yang mementingkan tingkat nafsu ayam, pakan ayam harus terdiri dari 40-55% *Corn*(jagung). Jadi kita beri minimal pemakaian jagu sebesar:

- *CORN [CR]*: Min 50%

Dengan adanya pemberian minimal terhadap penggunaan jagung, jadi program optimasi pakan ayam ini ketika dijalankan akan mengeluarkan hasil bahan makanan antara lain:

- *CORN [CR]*: 750.00 kg
- *DICAL. PHOS.*: 17.60 kg
- *DL-METHIONINE*: 1.25 kg
- *L-LYSINE HCL*: 0.69 kg
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*: 231.59 kg
- *MINERAL PREMIX*: 74.91 kg
- *RICE BRAN [SID]*: 267.64 kg
- *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]*: 156.32 kg

Dari komposisi bahan-bahan makanan diatas, total harga pakan ayam mencapai Rp 17,424,625.13. total harga pakan ayam lebih mahal dibandingkan komposisi pakan ayam percobaan pertama. Namun, hal ini masih bisa ditoleransi karena *user* ingin menghabiskan stok jagung yang ada di kandang X. Jadi perbedaan harga yang sangatlah tinggi seharusnya tidak menjadi masalah yang serius, karena bisa saja *user* memiliki stok jagung dalam jumlah yang banyak dikarenakan harga jagung pada saat itu lebih murah dibandingkan dengan harga jagung yang ada dalam program optimasi pakan ayam saat ini. Hal ini bisa menjadi salah satu faktor penyebab mengapa perbedaan harga total bahan makanan pada percobaan pertama dan kedua sangat jauh.

Dalam memperoleh hasil komposisi bahan makanan diatas, terdapat langkah-langkah perhitungan secara sistematis dalam menggunakan metode *Linear Programming* untuk memenuhi semua kandungan nutrisi dan untuk meminimalisir harga total. Berikut merupakan langkah-langkahnya, yaitu:

Langkah 1: Mengidentifikasi Variabel Keputusan

Langkah pertama dalam perhitungan menggunakan metode *Linear Programming* adalah identifikasi variabel keputusan. Variabel yang digunakan dalam perhitungan ini adalah jumlah bahan makanan per kilonya. Jadi variabel keputusan dapat dijelaskan dengan:

- X_1 : jumlah *CORN [CR]*
- X_2 : jumlah *DL-METHIONINE*
- X_3 : jumlah *L-LYSINE HCL*

- X_4 : jumlah *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*
- X_5 : jumlah *RICE BRAN [SID]*
- X_6 : jumlah *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]*
- X_7 : jumlah *ANTIBIOTIC*
- X_8 : jumlah *CHOLINE CL -70%*
- X_9 : jumlah *VITAMIN PREMIX*
- X_{10} : jumlah *MINERAL PREMIX*
- X_{11} : jumlah *DICAL. PHOS.*
- X_{12} : jumlah *LIMESTONE*

Langkah 2: Membuat persamaan untuk parameter minimum (*Constraints*)

Salah satu fungsi tujuan dalam perhitungan ini adalah membuat komposisi bahan makanan untuk memenuhi parameter nutrisi yang diberikan, berikut ini merupakan parameter nutrisi yang pakai dalam bentuk persamaan. yaitu:

a. Persamaan *Metabolizable Energy (M.E.):*

$$3.37X_1 + 5.02X_2 + 4.12X_3 + 2.38X_4 + 2.1X_5 + 2.24X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 2977$$

b. Persamaan Crude Protein:

$$7.5X_1 + 58.1X_2 + 93.4X_3 + 45X_4 + 12.9X_5 + 44X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 20000$$

c. Persamaan Ether Extract (EE):

$$0X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 8.5X_4 + 13X_5 + 0.5X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 0$$

d. Persamaan Crude Fiber (CF):

$$0X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 2.5X_4 + 11.4X_5 + 7X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 0$$

e. Persamaan Calcium (Ca):

$$0.01X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 11X_4 + 0.07X_5 + 0.25X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 1000$$

f. Persamaan Total Phosphorus (Total_P):

$$0.09X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 5.9X_4 + 0.21X_5 + 0.2X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 0$$

g. Persamaan Available Phosphorus (Avail_P):

$$0.09X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 5.9X_4 + 0.21X_5 + 0.2X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 500$$

h. Persamaan Sodium (Na):

$$0.02X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 0.6X_4 + 0.07X_5 + 0.04X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 180$$

i. Persamaan Chlorine (Cl):

$$0.04x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0.7x_4 + 0.07x_5 + 0.02x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} \geq 280$$

j. Persamaan Choline

$$1.1x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 1.98x_4 + 1.14x_5 + 2.74x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} \geq 110$$

k. Persamaan dLYS:

$$0.2x_1 + 0x_2 + 78x_3 + 1.52x_4 + 0.44x_5 + 2.41x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} \geq 1050$$

l. Persamaan dMET:

$$0.17x_1 + 99x_2 + 0x_3 + 0.38x_4 + 0.15x_5 + 0.58x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} \geq 470$$

m. Persamaan dTSAA:

$$0.32x_1 + 99x_2 + 0x_3 + 0.49x_4 + 0.22x_5 + 1.45x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} \geq 740$$

n. Persamaan dTHR:

$$0.24x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0.98x_4 + 0.33x_5 + 1.4x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} \geq 690$$

o. Persamaan dTRP:

$$0.06x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0.1x_4 + 0.12x_5 + 0.51x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} \geq 180$$

p. Persamaan dARG:

$$0.37x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 2.08x_4 + 0.77x_5 + 3.06x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} \geq 1120$$

q. Persamaan dVAL:

$$0.37x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 1.68x_4 + 0.56x_5 + 2.08x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} \geq 760$$

Langkah 3: Menentukan Fungsi Objektif

Fungsi kedua dari tujuan perhitungan ini adalah untuk membuat komposisi bahan makanan dengan harga total paling murah atau dengan kata lain fungsi dari program optimasi pakan ayam ini adalah untuk meminimalisir harga. Oleh karena itu diperlukannya persamaan untuk menentukan komposisi bahan makanan mana yang memiliki harga yang paling minimum.

$$\text{Minimize } Z = 7128x_1 + 194400x_2 + 109350x_3 + 16200x_4 + 5062.5x_5 + 17617.5x_6 + 332910x_7 + 90720x_8 + 145800x_9 + 42930x_{10} + 38880x_{11} + 6480x_{12}$$

Langkah 4: Membuat Non-negativity Constraints:

Non-negativity Constraints digunakan untuk membuat fungsi persamaan dimana jumlah bahan makanan tidak boleh bernilai negatif atau harus lebih besar daripada 0.

- $x_1 \geq 0$
- $x_2 \geq 0$
- $x_3 \geq 0$
- $x_4 \geq 0$

- $X_5 \geq 0$
- $X_6 \geq 0$
- $X_7 \geq 0$
- $X_8 \geq 0$
- $X_9 \geq 0$
- $X_{10} \geq 0$
- $X_{11} \geq 0$
- $X_{12} \geq 0$

Langkah 5: Menentukan hasil

Dari langkah-langkah diatas, komposisi bahan makanan yang memenuhi semua parameter minimum nutrisi dengan harga yang paling murah adalah:

a. Total Biaya:

$$\text{Total Biaya} = (7128 \times 750.00) + (38880 \times 17.60) + (194400 \times 1.25) + (109350 \times 0.69) + (16200 \times 231.59) + (42930 \times 74.91) + (5062.5 \times 267.64) + (17617.5 \times 156.32)$$

$$\text{Total Biaya} = 5301000 + 681888 + 243000 + 75471 + 3752760 + 3216463 + 1356065 + 2758130$$

$$\text{Total Biaya} = 17424625.13$$

b. Total *Metabolizable Energy (M.E.)*:

$$\text{Total Metabolizable Energy} = (3.37 \times 750.00) + (5.02 \times 1.25) + (4.12 \times 0.69) + (2.38 \times 231.59) + (2.1 \times 267.64) + (2.24 \times 156.32)$$

$$\text{Total Metabolizable Energy} = 4000$$

c. Total *Crude Protein*:

$$\text{Total Crude Protein} = (7.5 \times 750.00) + (58.1 \times 1.25) + (93.4 \times 0.69) + (45 \times 231.59) + (12.9 \times 267.64) + (44 \times 156.32)$$

$$\text{Total Crude Protein} = 26514.04$$

d. Total *Ether Extract (EE)*:

$$\text{Total EE} = (3.5 \times 750.00) + (0 \times 1.25) + (0 \times 0.69) + (8.5 \times 231.59) + (13 \times 267.64) + (0.5 \times 156.32)$$

$$\text{Total EE} = 8151.08$$

e. Total *Crude Fiber (CF)*:

$$\text{Total CF} = (1.9 \times 750.00) + (0 \times 1.25) + (0 \times 0.69) + (2.5 \times 231.59) + (11.4 \times 267.64) + (7 \times 156.32)$$

- Total CF = 6149.37
- f. Total Calcium (Ca):
 Total Ca = $(0.01 \times 750.00) + (0 \times 1.25) + (0 \times 0.69) + (11 \times 231.59) + (0.07 \times 267.64) + (0.25 \times 156.32)$
 Total Ca = 3000
- g. Total Phosphorus (Total_P):
 Total Total_P = $(0.23 \times 750.00) + (0 \times 1.25) + (0 \times 0.69) + (5.9 \times 231.59) + (1.5 \times 267.64) + (0.6 \times 156.32)$
 Total Total_P = 2359.72
- h. Total Available Phosphorus (Avail_P):
 Total Avail_P = $(0.09 \times 750.00) + (0 \times 1.25) + (0 \times 0.69) + (5.9 \times 231.59) + (0.21 \times 267.64) + (0.2 \times 156.32)$
 Total Avail_P = 1846.93
- i. Total Sodium (Na):
 Total Na = $(0 \times 750.00) + (0 \times 1.25) + (0 \times 0.69) + (0 \times 231.59) + (0 \times 267.64) + (0 \times 156.32)$
 Total Na = 180
- j. Total Chlorine (Cl):
 Total Cl = $(0 \times 750.00) + (0 \times 1.25) + (0 \times 0.69) + (0.06 \times 231.59) + (0.05 \times 267.64) + (0.04 \times 156.32)$
 Total Cl = 214.15
- k. Total Choline:
 Total Choline = $(607.5 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (1.98 \times 231.59) + (1.14 \times 267.64) + (2.74 \times 156.32)$
 Total Choline = 2016.99
- l. Total Lysine (dLYS):
 Total dLYS = $(78 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0.55 \times 231.59) + (2.2 \times 267.64) + (0.45 \times 156.32)$
 Total dLYS = 1050
- m. Total Methionine (dMET):
 Total dMET = $(0 \times 0) + (99 \times 0) + (0 \times 0) + (1.52 \times 231.59) + (0.44 \times 267.64) + (2.41 \times 156.32)$
 Total dMET = 470
- n. Total Sulfur Amino Acids (dTSAA):

$$\text{Total } dTSAA = (0 \times 0) + (99 \times 0) + (0 \times 0) + (0.38 \times 231.59) + (0.15 \times 267.64) + (0.58 \times 156.32)$$

$$\text{Total } dTSAA = 762.71$$

o. Total Threonine (*dTHR*):

$$\text{Total } dTHR = (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0.49 \times 231.59) + (0.22 \times 267.64) + (1.45 \times 156.32)$$

$$\text{Total } dTHR = 714.13$$

p. Total Tryptophan (*dTRP*):

$$\text{Total } dTRP = (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0.98 \times 231.59) + (0.33 \times 267.64) + (1.4 \times 156.32)$$

$$\text{Total } dTRP = 180$$

q. Total Arginine (*dARG*):

$$\text{Total } dARG = (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0.1 \times 231.59) + (0.12 \times 267.64) + (3.06 \times 156.32)$$

$$\text{Total } dARG = 1436.14$$

r. Total Valine (*dVAL*):

$$\text{Total } dVAL = (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (2.08 \times 231.59) + (0.77 \times 267.64) + (2.08 \times 156.32)$$

$$\text{Total } dVAL = 1141.6$$

Jika dicocokkan dengan hasil output program optimasi pakan ayam, hasil total nutrisinya sebagai berikut:

Tabel 5.12. Tabel hasil optimasi pakan ayam percobaan pertama

Tabel minimal nutrisi yang harus dipenuhi oleh komposisi pakan dari program optimasi dan nutrisi yang telah terpenuhi

Parameter	Minimal nutrisi yang harus dipenuhi	Nutrisi yang telah terpenuhi
<i>ME</i>	2977	4000
<i>Crude_Protein</i>	20000	26514.04
<i>EE</i>	0	8151.080
<i>CF</i>	0	6149.370
<i>Ca</i>	1000	3000
<i>Total_P</i>	0	2359.720
<i>Avail_P</i>	500	1846.93
<i>Na</i>	180	180
<i>Cl</i>	280	214.15

<i>Choline</i>	110	2016.99
<i>dLYS</i>	1050	1050
<i>dMET</i>	470	470
<i>dTSAA</i>	740	762.71
<i>dTHR</i>	690	714.13
<i>dTRP</i>	180	180
<i>dARG</i>	1120	1436.14
<i>dVAL</i>	760	1141.6

Tabel diatas merupakan hasil total nutrisi yang dikeluarkan oleh program optimasi pakan ayam. Hasil perhitungan secara sistematis yang dilakukan sesuai dengan langkah-langkah diatas sama dengan hasil nutrisi yang dikeluarkan oleh program optimasi.

II. Pengujian kedua pada ayam broiler umur 0-10 hari (target berat badan 1.6 kg)

Pengujian kali ini, program diminta untuk membuat komposisi bahan makanan dengan jenis pakan ayam (*phase*) pada fase *Starter* untuk ayam *broiler* dengan target berat badan seberat 3.50 lbs (Di dalam program optimasi, *phase: Broiler Starter (0- 10 d), Target Live Weight ≤ 1.60 kg (3.50 lb)*). Dalam pembuatan formula pakan kali ini, bahan-bahan makanan yang digunakan dalam optimasi ini adalah bahan-bahan yang sama dengan yang digunakan pada kandang X. Berbeda dengan pengujian sebelumnya, untuk pengujian kali ini pemilik kandang membuat pakan ayam dengan bahan yang sama dengan bahan-bahan makanan dengan sebelumnya, yaitu bahan makanan yang selama ini digunakan pada kandang ayam, tanpa menghiraukan stok. Dengan kata lain, untuk pengujian yang kedua ini, bahan-bahan makanan diasumsikan dengan stok yang sama banyak semua dikandang. Jadi fokus pada pengujian kali ini adalah membuat pakan ayam dengan kasus khusus yaitu memperhatikan karakteristik ayam yang salah satunya adalah memperhatikan nafsu makan ayam. Seperti pada paper yang ditulis oleh T. A. Scott, F. G. Silversides, D. Tietge, dan M. L. Swift yang berjudul "*Effect of feed form, formulation, and restriction on the performance of laying hens*". Dalam paper tersebut memiliki kesimpulan bahwa ayam yang diberi pakan ayam dalam bentuk *expanded pellets*, akan mengonsumsi lebih banyak pakan dibandingkan dengan bentuk *mash*. Selain itu, seperti yang ditulis oleh Dr. Ir. Eko Widodo pada *Poultry Book*, komposisi pakan ayam yang mementingkan tingkat nafsu ayam, pakan ayam harus terdiri dari 40-55% jagung. Hal-hal seperti itu yang harus diperhatikan dalam pengujian kali ini. Ada beberapa langkah dan percobaan dalam membuat komposisi bahan makanan seperti yang diminta oleh pemilik kandang, antara lain:

1) Percobaan pertama

Pada percobaan pertama, bahan-bahan yang digunakan pada proses optimasi pakan ayam sama dengan bahan-bahan yang digunakan pada kandang X, yaitu *ANTIBIOTIC*, *CHOLINE CL -70%*, *CORN [CR]*, *DICAL. PHOS.*, *DL-METHIONINE*, *L-LYSINE HCL*, *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*, *MINERAL PREMIX*, *RICE BRAN [SID]*, *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]*, dan *VITAMIN PREMIX*. Maka, bahan-bahan makanan yang dihasilkan oleh program yaitu:

- *ANTIBIOTIC*: 0.00 kg
- *DL-METHIONINE*: 5.08 kg
- *L-LYSINE HCL*: 4.66 kg
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*: 105.54 kg
- *RICE BRAN [SID]*: 1376.30 kg
- *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]*: 8.41 kg

Dari komposisi bahan-bahan makanan diatas, total harga pakan ayam mencapai Rp 10,323,666.05. Namun ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penyusunan komposisi pakan ayam, salah satunya adalah jumlah pakan ayam setiap bahannya. Di dalam percobaan pertama, *RICE BRAN [SID]* atau katul memiliki jumlah 1255.79 kg. Hal ini harus diperhatikan karena selain nutrisi semua terpenuhi, sifat alami ayam yang harus perhatikan kembali sesuai dengan tujuan pengujian kali ini. Sifat alami dari ayam adalah mereka adalah hewan pemakan biji-bijian (*expanded pellets*). Jadi, pakan ayam tetap memerlukan jagung atau kedelai (makanan yang berbentuk *expanded pellets*) yang berjumlah minimal 50% dari total pakan ayam secara keseluruhan. Oleh karena itu, *user* harus mengatur maksimal dari jumlah katul sesuai dengan keinginannya.

2) Percobaan kedua

Jadi, dalam percobaan yang kedua, *user* harus memasukan maksimal pada kolom *RICE BRAN [SID]* atau katul sesuai dengan keinginan *user* seberapa banyak *user* ingin membatasi jumlah katul kedalam program optimasi. Misal nya:

- *RICE BRAN [SID]*: Max 35%

Dengan adanya pemberian minimal terhadap penggunaan *RICE BRAN [SID]* atau katul, jadi program optimasi pakan ayam ini ketika dijalankan akan mengeluarkan hasil bahan makanan antara lain:

- *CORN [CR]*: 603.93 kg
- *DL-METHIONINE*: 1.94 kg
- *L-LYSINE HCL*: 0.82 kg
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*: 172.21 kg
- *RICE BRAN [SID]*: 525.00 kg
- *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]*: 196.09 kg

Dari komposisi bahan-bahan makanan diatas, total harga pakan ayam mencapai Rp 13,674,713.86. total harga pakan ayam lebih mahal dibandingkan komposisi pakan ayam percobaan pertama. Namun, hal ini masih bisa ditoleransi karena *user* harus tetap memperhatikan tentang faktor lain selain jumlah komposisi dengan harga yang lebih murah, atau dengan kata lain lebih baik ayam sehat dan mau mengkonsumsi pakan ayam tersebut dibandingkan ayam menjadi sakit atau mogok makan dikarenakan terlalu banyak katul (terlalu mementingkan bahan makanan yang murah). Dalam memperoleh hasil komposisi bahan makanan diatas, terdapat langkah-langkah perhitungan secara sistematis dalam menggunakan metode *Linear Programming* untuk memenuhi semua kandungan nutrisi dan untuk meminimalisir harga total. Berikut merupakan langkah-langkahnya, yaitu:

Langkah 1: Mengidentifikasi Variabel Keputusan

Langkah pertama dalam perhitungan menggunakan metode *Linear Programming* adalah identifikasi variabel keputusan. Variabel yang digunakan dalam perhitungan ini adalah jumlah bahan makanan per kilonya. Jadi variabel keputusan dapat dijelaskan dengan:

- X_1 : jumlah *CORN [CR]*
- X_2 : jumlah *DL-METHIONINE*
- X_3 : jumlah *L-LYSINE HCL*
- X_4 : jumlah *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*
- X_5 : jumlah *RICE BRAN [SID]*
- X_6 : jumlah *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]*
- X_7 : jumlah *ANTIBIOTIC*
- X_8 : jumlah *CHOLINE CL -70%*
- X_9 : jumlah *VITAMIN PREMIX*
- X_{10} : jumlah *MINERAL PREMIX*
- X_{11} : jumlah *DICAL. PHOS.*

- X_{12} : jumlah *LIMESTONE*

Langkah 2: Membuat persamaan untuk parameter minimum (*Constraints*)

Salah satu fungsi tujuan dalam perhitungan ini adalah membuat komposisi bahan makanan untuk memenuhi parameter nutrisi yang diberikan, berikut ini merupakan parameter nutrisi yang pakai dalam bentuk persamaan, yaitu:

- a. Persamaan *Metabolizable Energy (M.E.)*:

$$3.37X_1 + 5.02X_2 + 4.12X_3 + 2.38X_4 + 2.1X_5 + 2.24X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 3100$$

- b. Persamaan *Crude Protein*:

$$7.5X_1 + 58.1X_2 + 93.4X_3 + 45X_4 + 12.9X_5 + 44X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 21500$$

- c. Persamaan *Ether Extract (EE)*:

$$0X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 8.5X_4 + 13X_5 + 0.5X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 0$$

- d. Persamaan *Crude Fiber (CF)*:

$$0X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 2.5X_4 + 11.4X_5 + 7X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 0$$

- e. Persamaan *Calcium (Ca)*:

$$0.01X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 11X_4 + 0.07X_5 + 0.25X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 1000$$

- f. Persamaan *Total Phosphorus (Total_P)*:

$$0.09X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 5.9X_4 + 0.21X_5 + 0.2X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 0$$

- g. Persamaan *Available Phosphorus (Avail_P)*:

$$0.09X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 5.9X_4 + 0.21X_5 + 0.2X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 500$$

- h. Persamaan *Sodium (Na)*:

$$0.02X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 0.6X_4 + 0.07X_5 + 0.04X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 180$$

- i. Persamaan *Chlorine (Cl)*:

$$0.04X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 0.7X_4 + 0.07X_5 + 0.02X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 280$$

- j. Persamaan *Choline*:

$$1.1X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 1.98X_4 + 1.14X_5 + 2.74X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 110$$

- k. Persamaan *dLYS*:

$$0.2X_1 + 0X_2 + 78X_3 + 1.52X_4 + 0.44X_5 + 2.41X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 1050$$

- l. Persamaan *dMET*:

$$0.17X_1 + 99X_2 + 0X_3 + 0.38X_4 + 0.15X_5 + 0.58X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 470$$

m. Persamaan *dTSAA*:

$$0.32X_1 + 99X_2 + 0X_3 + 0.49X_4 + 0.22X_5 + 1.45X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 740$$

n. Persamaan *dTHR*:

$$0.24X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 0.98X_4 + 0.33X_5 + 1.4X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 690$$

o. Persamaan *dTRP*:

$$0.06X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 0.1X_4 + 0.12X_5 + 0.51X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 180$$

p. Persamaan *dARG*:

$$0.37X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 2.08X_4 + 0.77X_5 + 3.06X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 1120$$

q. Persamaan *dVAL*:

$$0.37X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 1.68X_4 + 0.56X_5 + 2.08X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} \geq 760$$

Langkah 3: Menentukan Fungsi Objektif

Fungsi kedua dari tujuan perhitungan ini adalah untuk membuat komposisi bahan makanan dengan harga total paling murah atau dengan kata lain fungsi dari program optimasi pakan ayam ini adalah untuk meminimalisir harga. Oleh karena itu diperlukannya persamaan untuk menentukan komposisi bahan makanan mana yang memiliki harga yang paling minimum.

$$\text{Minimize } Z = 7128X_1 + 194400X_2 + 109350X_3 + 16200X_4 + 5062.5X_5 + 17617.5X_6 + 332910X_7 + 90720X_8 + 145800X_9 + 42930X_{10} + 38880X_{11} + 6480X_{12}$$

Langkah 4: Membuat Non-negativity Constraints:

Non-negativity Constraints digunakan untuk membuat fungsi persamaan dimana jumlah bahan makanan tidak boleh bernilai negatif atau harus lebih besar daripada 0.

- $X_1 \geq 0$
- $X_2 \geq 0$
- $X_3 \geq 0$
- $X_4 \geq 0$
- $X_5 \geq 0$
- $X_6 \geq 0$
- $X_7 \geq 0$
- $X_8 \geq 0$
- $X_9 \geq 0$
- $X_{10} \geq 0$
- $X_{11} \geq 0$

- $X_{12} \geq 0$

5. Menentukan hasil

Dari langkah-langkah diatas, komposisi bahan makanan yang memenuhi semua parameter minimum nutrisi dengan harga yang paling murah adalah:

- *CORN [CR]*: 603.93 kg
- *DL-METHIONINE*: 1.94 kg
- *L-LYSINE HCL*: 0.82 kg
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*: 172.21 kg
- *RICE BRAN [SID]*: 525.00 kg
- *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]*: 196.09 kg
- *ANTIBIOTIC*: 0 kg
- *CHOLINE CL -70%*: 0 kg
- *VITAMIN PREMIX*: 0 kg
- *MINERAL PREMIX*: 0 kg
- *DICAL. PHOS.*: 0 kg
- *LIMESTONE*: 0 kg

Dari komposisi bahan makanan tersebut tersebut, diperlukan proses pengecekan apakah kandungan yang ada dalam bahan-bahan tersebut jika dijumlahkan akan memenuhi parameter nutrisi atau tidak.

a. Total Biaya

$$\text{Total Biaya} = (7128 \times 603.93) + (194400 \times 1.94) + (109350 \times 0.82) + (16200 \times 172.21) + (5062.5 \times 525.00) + (17617.5 \times 196.09)$$

$$\text{Total Biaya} = \text{Rp } 13,674,713.86$$

b. Total Metabolizable Energy (M.E.):

$$\text{Total Metabolizable Energy} = (3.37 \times 603.93) + (5.02 \times 1.94) + (4.12 \times 0.82) + (2.38 \times 172.21) + (2.1 \times 525.00) + (2.24 \times 196.09)$$

$$\text{Total Metabolizable Energy} = 4000$$

c. Total Crude Protein:

$$\text{Total Crude Protein} = (7.5 \times 603.93) + (58.1 \times 1.94) + (93.4 \times 0.82) + (45 \times 172.21) + (12.9 \times 525.00) + (44 \times 196.09)$$

$$\text{Total Crude Protein} = 27869.03$$

d. Total Ether Extract (EE):

$$\text{Total Ether Extract} = (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (8.5 \times 172.21) + (13 \times 525.00) + (0.5 \times 196.09)$$

$$\text{Total Ether Extract} = 10500.62$$

e. Total Crude Fiber (CF):

$$\text{Total Crude Fiber} = (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (2.5 \times 172.21) + (11.4 \times 525.00) + (7 \times 196.09)$$

$$\text{Total Crude Fiber} = 8935.64$$

f. Total Calcium (Ca):

$$\text{Total Calcium} = (0.01 \times 603.93) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (11 \times 172.21) + (0.07 \times 525.00) + (0.25 \times 196.09)$$

$$\text{Total Calcium} = 1986.15$$

g. Total Phosphorus (Total_P):

$$\text{Total Phosphorus} = (0.09 \times 603.93) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (5.9 \times 172.21) + (0.21 \times 525.00) + (0.2 \times 196.09)$$

$$\text{Total Phosphorus} = 2060.11$$

h. Total Available Phosphorus (Avail_P):

$$\text{Total Available Phosphorus} = (0.09 \times 603.93) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (5.9 \times 172.21) + (0.21 \times 525.00) + (0.2 \times 196.09)$$

$$\text{Total Available Phosphorus} = 1219.88$$

i. Total Sodium (Na):

$$\text{Total Sodium} = (0.02 \times 603.93) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0.6 \times 172.21) + (0.07 \times 525.00) + (0.04 \times 196.09)$$

$$\text{Total Sodium} = 160$$

j. Total Chlorine (Cl):

$$\text{Total Chlorine} = (0.04 \times 603.93) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0.7 \times 172.21) + (0.07 \times 525.00) + (0.02 \times 196.09)$$

$$\text{Total Chlorine} = 185.38$$

k. Total Choline:

$$\text{Total Choline} = (1.1 \times 603.93) + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (1.98 \times 172.21) + (1.14 \times 525.00) + (2.74 \times 196.09)$$

$$\text{Total Choline} = 2141.1$$

l. Total Lysine (dLys):

$$\text{Total Lysine} = (0.2 \times 603.93) + (0 \times 0) + (78 \times 0.82) + (1.52 \times 172.21) + (0.44 \times 525.00) + (2.41 \times 196.09)$$

- Total *Lysine* = 1150
- m. Total *Methionine (dMET)*:
- $$\text{Total } m. \text{ Methionine} = (0.17 \times 603.93) + (99 \times 1.94) + (0 \times 0.82) + (0.38 \times 172.21) + (0.15 \times 525.00) + (0.58 \times 196.09)$$
- Total *m. Methionine* = 553.12
- n. Total *Sulfur Amino Acids (dTSAA)*:
- $$\text{Total Sulfur Amino Acids} = (0.32 \times 603.93) + (99 \times 1.94) + (0 \times 0.82) + (0.49 \times 172.21) + (0.22 \times 525.00) + (1.45 \times 196.09)$$
- Total *Sulfur Amino Acids* = 870
- o. Total *Threonine (dTHR)*:
- p. Total *Threonine* = $(0.24 \times 603.93) + (0 \times 1.94) + (0 \times 0.82) + (0.98 \times 172.21) + (0.33 \times 525.00) + (1.4 \times 196.09)$
- Total *Threonine* = 761.49
- q. Total *Tryptophan (dTRP)*:
- $$\text{Total } p. \text{ Tryptophan} = (0.06 \times 603.93) + (0 \times 1.94) + (0 \times 0.82) + (0.1 \times 172.21) + (0.12 \times 525.00) + (0.51 \times 196.09)$$
- Total *p. Tryptophan* = 216.46
- r. Total *Arginine (dARG)*:
- $$\text{Total Arginine} = (0.36 \times 603.93) + (0 \times 1.94) + (0 \times 0.82) + (2.08 \times 172.21) + (0.77 \times 525.00) + (3.06 \times 196.09)$$
- Total *Arginine* = 1579.91
- s. Total *Valine (dVAL)*:
- $$\text{Total Valine} = (0.37 \times 603.93) + (0 \times 1.94) + (0 \times 0.82) + (1.68 \times 172.21) + (0.56 \times 525.00) + (2.08 \times 196.09)$$
- Total *Valine* = 1214.64

Jika dicocokkan dengan hasil output program optimasi pakan ayam, hasil total nutrisinya sebagai berikut:

Tabel 5.13. Tabel hasil optimasi pakan ayam percobaan kedua

Tabel minimal nutrisi yang harus dipenuhi oleh komposisi pakan dari program optimasi dan nutrisi yang telah terpenuhi

Parameter	Minimal nutrisi yang harus dipenuhi	Nutrisi yang telah terpenuhi
<i>ME</i>	3100	4000
<i>Crude_Protein</i>	21500	27869.03
<i>EE</i>	0	10500.62
<i>CF</i>	0	8935.64
<i>Ca</i>	1000	1986.15
<i>Total_P</i>	0	2060.11
<i>Avail_P</i>	500	1219.88
<i>Na</i>	180	160
<i>Cl</i>	280	185.38
<i>Choline</i>	110	2141.1
<i>dLYS</i>	1050	1150
<i>dMET</i>	470	553.12
<i>dTSAA</i>	740	870
<i>dTHR</i>	690	761.49
<i>dTRP</i>	180	216.46
<i>dARG</i>	1120	1579.91
<i>dVAL</i>	760	1214.64

Tabel diatas merupakan hasil total nutrisi yang dikeluarkan oleh program optimasi pakan ayam. Hasil perhitungan secara sistematis yang dilakukan sesuai dengan langkah-langkah diatas sama dengan hasil nutrisi yang dikeluarkan oleh program optimasi.

III. Pengujian ketiga pada ayam broiler jenis Strain Cobb umur 43 minggu

Pada pengujian ketiga, program diminta untuk membuat komposisi bahan makanan dengan jenis pakan ayam (*phase*) pada fase *Finisher* untuk ayam *broiler* jenis *Strain Cobb* berumur 43 minggu hingga ayam tersebut dijual (Di dalam program optimasi, *phase: Cobb 700 Broiler Finisher 2 (43- market)*). Fokus pada pengujian kali ini adalah mengecek sensitivitas program optimasi pakan ayam terhadap perubahan harga bahan makanan. Jadi didalam pengujian kali ini, bahan-bahan yang digunakan oleh program optimasi pakan ayam pada kandang X sama dengan bahan-bahan makanan dengan sebelumnya, yaitu bahan makanan yang selama ini digunakan pada kandang ayam, tanpa menghiraukan stok. Dengan kata lain, untuk pengujian yang kedua ini, bahan-bahan makanan diasumsikan dengan stok yang sama banyak

semua dikandang. Salah satu bahan makan tersebut adalah *CORN [CR]* atau jagung dengan harga perkilonya yaitu Rp 7,128.00. Jadi dalam pengujian kali ini, bahan makanan akan ditambahkan dengan 1 bahan yaitu *WHEAT [SID]* dengan harga Rp 8,150.00 yang nantinya digunakan untuk pengecekan sensitivitas program optimasi pakan ayam terhadap perubahan harga bahan makanan. Selain itu, pada pengujian kali ini juga diterapkan kasus pada pengujian kedua yaitu mementingkan karakteristik ayam dan nafus makannya. Ada beberapa langkah dan percobaan dalam membuat komposisi bahan makanan seperti yang diminta oleh pemilik kandang, antara lain:

1) Percobaan pertama

Pada percobaan pertama, bahan-bahan yang digunakan pada proses optimasi pakan ayam sama dengan bahan-bahan yang digunakan pada kandang X, yaitu *ANTIBIOTIC, CHOLINE CL -70%, CORN [CR], DICAL. PHOS., DL-METHIONINE, L-LYSINE HCL, MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID], MINERAL PREMIX, RICE BRAN [SID], SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR], VITAMIN PREMIX*, dan *WHEAT [SID]*. Maka, bahan-bahan makanan yang dihasilkan oleh program yaitu:

- *ANTIBIOTIC*: 0.00 kg
- *COMMON SALT*: 1.14 kg
- *CORN [CR]*: 39.99 kg
- *DL-METHIONINE*: 2.33 kg
- *L-LYSINE HCL*: 0.30 kg
- *LIMESTONE*: 12.95 kg
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*: 13.11 kg
- *RICE BRAN [SID]*: 1303.47 kg
- *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]*: 126.72 kg

Dari komposisi bahan-bahan makanan diatas, total harga pakan ayam mencapai Rp. 9,899,583.00. Namun ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penyusunan komposisi pakan ayam, salah satunya adalah jumlah pakan ayam setiap bahannya. Di dalam percobaan pertama, *RICE BRAN [SID]* atau katul memiliki jumlah 1255.79 kg. Hal ini harus diperhatikan karena selain nutrisi semua terpenuhi, sifat alami ayam yang harus perhatikan kembali sesuai dengan tujuan pengujian kali ini. Sifat alami dari ayam adalah mereka adalah hewan pemakan biji-bijian (*expanded pellets*). Jadi, pakan ayam tetap memerlukan jagung atau kedelai (makanan yang berbentuk *expanded pellets*) yang berjumlah minimal 50% dari total pakan ayam secara

keseluruhan. Oleh karena itu, *user* harus mengatur maksimal dari jumlah katul sesuai dengan keinginannya. Selain membahas tentang jumlah bahan makanan, pada percobaan pertama, *WHEAT [SID]* atau gandum tidak masuk dalam hasil komposisi bahan makanan. Hal ini dikarenakan harga gandum lebih mahal daripada katul dan jagung dalam pemenuhan *Metabolizable Energy (M.E.)*.

2) Percobaan kedua

Jadi, dalam percobaan yang kedua, *user* harus memasukan maksimal pada kolom *RICE BRAN [SID]* atau katul sesuai dengan keinginan *user* seberapa banyak *user* ingin membatasi jumlah katul kedalam program optimasi. Misal nya:

- *RICE BRAN [SID]: Max 30%*

Dengan adanya pemberian minimal terhadap penggunaan *RICE BRAN [SID]* atau katul, jadi program optimasi pakan ayam ini ketika dijalankan akan mengeluarkan hasil bahan makanan antara lain:

- *COMMON SALT: 31.86 kg*
- *CORN [CR]: 790.04 kg*
- *DL-METHIONINE: 0.82 kg*
- *L-LYSINE HCL: 0.98 kg*
- *LIMESTONE: 8.80 kg*
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]: 29.98 kg*
- *RICE BRAN [SID]: 450.00 kg*
- *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]: 187.51 kg*

Dari komposisi bahan-bahan makanan diatas, total harga pakan ayam mencapai Rp. 12,087,728.00. Dengan adanya pembatasan terhadap jumlah katul, maka program menghasilkan pakan ayam dengan menggunakan lebih dari 50% kandungan jagung di dalamnya.

3) Percobaan ketiga

Dalam percobaan ketiga, ada kasus khusus yang ingin dilakukan pengecekan pada pengujian tahap ini. Pengujian kali ini untuk mengetahui apakah program optimasi pakan ayam ini memilih komposisi dengan harga yang paling murah atau tidak. Jadi harga pada bahan makanan *WHEAT [SID]* dari harga Rp 8,150.00 diubah menjadi harga Rp 6,000.00 per kilonya. Hal ini akan membuat program seharusnya lebih memilih gandum daripada jagung, karena harga

jagung yang diatur dalam program ini adalah Rp 7,128.00 per kilonya. Jadi, ketika Program optimasi pakan ayam ini dijalankan akan mengeluarkan hasil bahan makanan antara lain (pembatasan pada *RICE BRAN [SID]* tetap dengan Max 30%):

- *ANTIBIOTIC*: 0.00 kg
- *COMMON SALT*: 31.47 kg
- *DL-METHIONINE*: 0.26 kg
- *L-LYSINE HCL*: 0.70 kg
- *LIMESTONE*: 9.21 kg
- *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*: 26.43 kg
- *RICE BRAN [SID]*: 450.00 kg
- *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]*: 146.38 kg
- *WHEAT [SID]*: 835.55 kg

Dari komposisi bahan-bahan makanan diatas, total harga pakan ayam mencapai Rp. 10,548,753.00. Sesuai prediksi sebelumnya, program optimasi pakan ayam ini lebih memilig gandum dari pada jagung dalam pemenuhan *Metabolizable Energy (M.E.)*. Dengan hasil pengujian kali ini, program optimasi pakan ayam sudah sensitif terhadap perubahan harga bahan makanan. Dengan kata lain, program optimasi pakan ayam ini akan selalu mencari komposisi bahan makanan yang paling murah. Dalam memperoleh hasil komposisi bahan makanan pada percobaan ketiga, terdapat langkah-langkah perhitungan secara sistematis dalam menggunakan metode *Linear Programming* untuk memenuhi semua kandungan nutrisi dan untuk meminimalisir harga total. Berikut merupakan langkah-langkahnya, yaitu:

Langkah 1: Mengidentifikasi Variabel Keputusan

Langkah pertama dalam perhitungan menggunakan metode *Linear Programming* adalah identifikasi variabel keputusan. Variabel yang digunakan dalam perhitungan ini adalah jumlah bahan makanan per kilonya. Jadi variabel keputusan dapat dijelaskan dengan:

- X_1 : *CORN [CR]*
- X_2 : *SOYBEAN MEAL (44% CP) [CR]*
- X_3 : *MEAT & BONE MEAL. CP<45% [SID]*
- X_4 : *RICE BRAN [SID]*
- X_5 : *WHEAT [SID]*
- X_6 : *LIMESTONE*

- X_7 : *L-LYSINE HCL*
- X_8 : *DL-METHIONINE*
- X_9 : *ANTIBIOTIC*
- X_{10} : *CHOLINE CL -70%*
- X_{11} : *VITAMIN PREMIX*
- X_{12} : *MINERAL PREMIX*
- X_{13} : *DICAL. PHOS.*

Langkah 2: Membuat persamaan untuk parameter minimum (*Constraints*)

Salah satu fungsi tujuan dalam perhitungan ini adalah membuat komposisi bahan makanan untuk memenuhi parameter nutrisi yang diberikan, berikut ini merupakan parameter nutrisi yang pakai dalam bentuk persamaan. yaitu:

a. Persamaan Minimum dan Maksimum *Metabolizable Energy (M.E.)*:

$$3.37X_1 + 2.24X_2 + 2.38X_3 + 2.1X_4 + 3.17X_5 + 0X_6 + 4.12X_7 + 5.02X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \geq 3200$$

$$3.37X_1 + 2.24X_2 + 2.38X_3 + 2.1X_4 + 3.17X_5 + 0X_6 + 4.12X_7 + 5.02X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \leq 5000$$

b. Persamaan Minimum dan Maksimum *Crude Protein*:

$$7.50X_1 + 44.00X_2 + 45.00X_3 + 12.90X_4 + 13.50X_5 + 0X_6 + 93.40X_7 + 58.10X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \geq 18000$$

$$7.50X_1 + 44.00X_2 + 45.00X_3 + 12.90X_4 + 13.50X_5 + 0X_6 + 93.40X_7 + 58.10X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \leq 30000$$

c. Persamaan Minimum dan Maksimum *Ether Extract (EE)*:

$$3.50X_1 + 0.50X_2 + 8.50X_3 + 13.00X_4 + 1.90X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \geq 0$$

d. Persamaan Minimum dan Maksimum *Crude Fiber (CF)*:

$$1.90X_1 + 7.00X_2 + 2.50X_3 + 11.40X_4 + 3.00X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \geq 0$$

e. Persamaan Minimum dan Maksimum *Calcium (Ca)*:

$$0.01X_1 + 0.25X_2 + 11.00X_3 + 0.07X_4 + 0.05X_5 + 38.00X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \geq 760$$

$$0.01X_1 + 0.25X_2 + 11.00X_3 + 0.07X_4 + 0.05X_5 + 38.00X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \leq 5000$$

- f. Persamaan Minimum dan Maksimum *Total Phosphorus (Total_P)*:

$$0.23X_1 + 0.60X_2 + 5.90X_3 + 1.50X_4 + 0.41X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 18.50X_{13} \geq 0$$
- g. Persamaan Minimum dan Maksimum *Available Phosphorus (Avail_P)*:

$$0.09X_1 + 0.20X_2 + 5.90X_3 + 0.21X_4 + 0.12X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 18.50X_{13} \geq 380$$

$$0.09X_1 + 0.20X_2 + 5.90X_3 + 0.21X_4 + 0.12X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 18.50X_{13} \leq 2000$$
- h. Persamaan Minimum dan Maksimum *Sodium (Na)*:

$$0.02X_1 + 0.04X_2 + 0.60X_3 + 0.07X_4 + 0.06X_5 + 0.05X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \geq 1500$$

$$0.02X_1 + 0.04X_2 + 0.60X_3 + 0.07X_4 + 0.06X_5 + 0.05X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \leq 2000$$
- i. Persamaan Minimum dan Maksimum *Chloride (Cl)*:

$$0.04X_1 + 0.02X_2 + 0.70X_3 + 0.07X_4 + 0.07X_5 + 0.03X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \geq 150$$

$$0.04X_1 + 0.02X_2 + 0.70X_3 + 0.07X_4 + 0.07X_5 + 0.03X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \leq 2000$$
- j. Persamaan Minimum dan Maksimum *Choline*:

$$1.10X_1 + 2.74X_2 + 1.98X_3 + 1.14X_4 + 0.78X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 607.50X_{10} + 88.00X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \geq 350$$

$$1.10X_1 + 2.74X_2 + 1.98X_3 + 1.14X_4 + 0.78X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 607.50X_{10} + 88.00X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \leq 3000$$
- k. Persamaan Minimum dan Maksimum *dLysine (dLYS)*:

$$0.20X_1 + 2.41X_2 + 1.52X_3 + 0.44X_4 + 0.34X_5 + 0X_6 + 78.00X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \geq 930$$

$$0.20X_1 + 2.41X_2 + 1.52X_3 + 0.44X_4 + 0.34X_5 + 0X_6 + 78.00X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \leq 3000$$
- l. Persamaan Minimum dan Maksimum *dMethionine (dMET)*:

$$0.17X_1 + 0.58X_2 + 0.38X_3 + 0.15X_4 + 0.23X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 99.00X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \geq 380$$

$$0.17X_1 + 0.58X_2 + 0.38X_3 + 0.15X_4 + 0.23X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 99.00X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \leq 2000$$

m. Persamaan Minimum dan Maksimum *DTSAA*:

$$0.32X_1 + 1.45X_2 + 0.49X_3 + 0.22X_4 + 0.50X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 99.00X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \geq 720$$

$$0.32X_1 + 1.45X_2 + 0.49X_3 + 0.22X_4 + 0.50X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 99.00X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \leq 2000$$

n. Persamaan Minimum dan Maksimum *dThreonine (dTHR)*:

$$0.24X_1 + 1.40X_2 + 0.98X_3 + 0.33X_4 + 0.30X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \geq 630$$

$$0.24X_1 + 1.40X_2 + 0.98X_3 + 0.33X_4 + 0.30X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \leq 2000$$

o. Persamaan Minimum dan Maksimum *dTryptophan (dTRP)*:

$$0.06X_1 + 0.51X_2 + 0.10X_3 + 0.12X_4 + 0.15X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \geq 170$$

$$0.06X_1 + 0.51X_2 + 0.10X_3 + 0.12X_4 + 0.15X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \leq 2000$$

p. Persamaan Minimum dan Maksimum *dArginine (dARG)*:

$$0.36X_1 + 3.06X_2 + 2.08X_3 + 0.77X_4 + 0.51X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \geq 100$$

$$0.36X_1 + 3.06X_2 + 2.08X_3 + 0.77X_4 + 0.51X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \leq 3000$$

q. Persamaan Minimum dan Maksimum *dValine (dVAL)*:

$$0.37X_1 + 2.08X_2 + 1.68X_3 + 0.56X_4 + 0.62X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \geq 710$$

$$0.37X_1 + 2.08X_2 + 1.68X_3 + 0.56X_4 + 0.62X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 0X_8 + 0X_9 + 0X_{10} + 0X_{11} + 0X_{12} + 0X_{13} \leq 3000$$

Langkah 3: Menentukan Fungsi Objektif

Fungsi kedua dari tujuan perhitungan ini adalah untuk membuat komposisi bahan makanan dengan harga total paling murah atau dengan kata lain fungsi dari program optimasi pakan ayam ini adalah untuk meminimalisir harga. Oleh karena itu diperlukannya persamaan untuk menentukan komposisi bahan makanan mana yang memiliki harga yang paling minimum.

$$\text{Minimize } Z = 7128X_1 + 17617.5X_2 + 16200X_3 + 5062.5X_4 + 6000X_5 + 6480X_6 + 109350X_7 + 194400X_8 + 332910X_9 + 90720X_{10} + 145800X_{11} + 42930X_{12} + 38880X_{13}$$

Langkah 4: Membuat Non-negativity Constraints:

Non-negativity Constraints digunakan untuk membuat fungsi persamaan dimana jumlah bahan makanan tidak boleh bernilai negatif atau harus lebih besar daripada 0.

- $X_1 \geq 0$
- $X_2 \geq 0$
- $X_3 \geq 0$
- $X_4 \geq 0$
- $X_5 \geq 0$
- $X_6 \geq 0$
- $X_7 \geq 0$
- $X_8 \geq 0$
- $X_9 \geq 0$
- $X_{10} \geq 0$
- $X_{11} \geq 0$
- $X_{12} \geq 0$
- $X_{13} \geq 0$

Langkah 5: Menentukan hasil

Dari langkah-langkah diatas, komposisi bahan makanan yang memenuhi semua parameter minimum nutrisi dengan harga yang paling murah adalah:

a. Total biaya:

$$\text{Total Biaya} = (7128 \times 8000) + (38880 \times 22) + (194400 \times 5.02) + (109350 \times 4.12) + (16200 \times 2.38) + (42930 \times 1.65) + (5062.5 \times 2.1) + (17617.5 \times 2.24)$$

$$\text{Total Biaya} = 57024000 + 855360 + 976848 + 451092 + 38556 + 708694 + 106300 + 394556.5$$

$$\text{Total Biaya} = \text{Rp. } 10,548,753.00$$

b. Total *Metabolizable Energy (M.E.)*:

$$\text{Total Metabolizable Energy} = (3.37 \times 128.33) + (2.38 \times 26.43) + (5.02 \times 0.26) + (2.38 \times 26.43) + (2.1 \times 450) + (3.17 \times 835.55) + (2.24 \times 146.38)$$

$$\text{Total Metabolizable Energy} = 3988.67$$

c. Total *Crude Protein*:

$$\text{Total Crude Protein} = (7.5 \times 128.33) + (45 \times 26.43) + (58.1 \times 0.26) + (45 \times 26.43) + (12.9 \times 450) + (13.50 \times 835.55) + (44 \times 146.38)$$

$$\text{Total Crude Protein} = 24795.79$$

d. Total True Protein:

$$\text{Total True Protein} = (38.66 \times 26.43) + (38.86 \times 146.38) + (11.7 \times 450) + (11.86 \times 835.55)$$

$$\text{Total True Protein} = 9416.08$$

e. Total E.E. (Ether Extract):

$$\text{Total E.E.} = (8.5 \times 26.43) + (3.5 \times 128.33) + (0.5 \times 146.38) + (13 \times 450) + (1.9 \times 128.33) + (3.00 \times 835.55)$$

$$\text{Total E.E.} = 7735.41$$

f. Total C.F. (Crude Fiber):

$$\text{Total C.F.} = (2.5 \times 26.43) + (1.9 \times 128.33) + (7 \times 146.38) + (11.4 \times 450) + (3.00 \times 835.55)$$

$$\text{Total C.F.} = 8727.38$$

g. Total Ca (Kalsium):

$$\text{Total Ca} = (11 \times 26.43) + (0.01 \times 128.33) + (0.25 \times 146.38) + (38 \times 450) + (0.05 \times 835.55) + (22 \times 26.43) + (38 \times 128.33) + (0.23 \times 146.38)$$

$$\text{Total Ca} = 760$$

h. Total Total P (Total Phosphorus):

$$\text{Total Total P} = (5.9 \times 26.43) + (0.09 \times 128.33) + (0.2 \times 146.38) + (5.9 \times 450) + (0.21 \times 835.55) + (18.5 \times 26.43) + (18.5 \times 128.33) + (0.6 \times 146.38)$$

$$\text{Total Total P} = 1261.36$$

i. Total Avail. P (Available Phosphorus):

$$\text{Total Avail. P} = (5.9 \times 26.43) + (0.09 \times 128.33) + (0.2 \times 146.38) + (5.9 \times 450) + (0.21 \times 835.55) + (18.5 \times 26.43) + (18.5 \times 128.33) + (0.6 \times 146.38)$$

$$\text{Total Avail. P} = 1261.36$$

j. Total Na (Sodium):

$$\text{Total Na} = (0.06 \times 26.43) + (0.02 \times 128.33) + (0.04 \times 146.38) + (0.07 \times 450) + (0.06 \times 835.55) + (0.07 \times 26.43) + (0.02 \times 128.33) + (0.04 \times 146.38)$$

$$\text{Total Na} = 1331.21$$

k. Total Cl (Chloride):

$$\text{Total Cl} = (0.01 \times 26.43) + (0.04 \times 128.33) + (0.02 \times 146.38) + (0.12 \times 450) + (0.07 \times 835.55) + (0.01 \times 26.43) + (0.04 \times 128.33) + (0.02 \times 146.38)$$

$$\text{Total Cl} = 2000$$

l. Total *Choline Folate*:

$$\text{Total Choline Folate} = (607.5 \times 0.25) + (88 \times 26.43) + (1618.14 \times 0.70)$$

$$\text{Total Choline Folate} = 1578.72$$

m. Total *dLYS*:

$$\text{Total dLYS} = (78 \times 146.38) + (99 \times 26.43) + (0.12 \times 450) + (0.55 \times 835.55) + (0.78 \times 26.43) \\ + (0.43 \times 450) + (0.44 \times 450) + (0.99 \times 26.43)$$

$$\text{Total dLYS} = 930$$

n. Total *dMET*:

$$\text{Total dMET} = (99 \times 26.43) + (0.38 \times 450) + (0.45 \times 146.38)$$

$$\text{Total dMET} = 380$$

o. Total *dTSAA*:

$$\text{Total dTSAA} = (0.17 \times 128.33) + (1.45 \times 146.38) + (0.58 \times 26.43) + (0.58 \times 450) + (0.23 \times \\ 835.55) + (0.49 \times 26.43) + (0.38 \times 450) + (0.24 \times 450) + (0.47 \times 146.38)$$

$$\text{Total dTSAA} = 767.36$$

p. Total *dTHR*:

$$\text{Total dTHR} = (0.32 \times 128.33) + (1.45 \times 146.38) + (0.49 \times 26.43) + (0.33 \times 450) + (0.30 \times \\ 835.55) + (0.70 \times 26.43) + (630.00 \times 26.43)$$

$$\text{Total dTHR} = 630$$

q. Total *dTRP*:

$$\text{Total dTRP} = (0.06 \times 128.33) + (1.40 \times 146.38) + (0.98 \times 26.43) + (0.12 \times 450) + (0.15 \times \\ 835.55) + (0.51 \times 26.43) + (170.00 \times 26.43)$$

$$\text{Total dTRP} = 256.63$$

Jika dicocokkan dengan hasil output program optimasi pakan ayam, hasil total nutrisinya sebagai berikut:

Tabel 5.14. Tabel hasil optimasi pakan ayam percobaan ketiga

Tabel minimal nutrisi yang harus dipenuhi oleh komposisi pakan dari program optimasi dan nutrisi yang telah terpenuhi

Parameter	Minimal nutrisi yang harus dipenuhi	Nutrisi yang telah terpenuhi
<i>ME</i>	3200	3988.67
<i>Crude_Protein</i>	18000	18000

<i>EE</i>	0	7735.41
<i>CF</i>	0	8935.64
<i>Ca</i>	1000	1986.15
<i>Total_P</i>	0	8727.38
<i>Avail_P</i>	760	760
<i>Na</i>	0	1261.36
<i>Cl</i>	380	380
<i>Choline</i>	150	1331.21
<i>dLYS</i>	150	2000
<i>dMET</i>	350	1618.14
<i>dTSAA</i>	930	930
<i>dTHR</i>	380	380
<i>dTRP</i>	720	767.36
<i>dARG</i>	630	630
<i>dVAL</i>	170	256.63

Tabel diatas merupakan hasil total nutrisi yang dikeluarkan oleh program optimasi pakan ayam. Hasil perhitungan secara sistematis yang dilakukan sesuai dengan langkah-langkah diatas sama dengan hasil nutrisi yang dikeluarkan oleh program optimasi.

Kesimpulan dari pengujian ini adalah total harga makanan yang dihasilkan oleh komposisi bahan makanan oleh kandang X lebih mahal daripada komposisi makanan yang dihasilkan oleh program optimasi pakan ayam. Selain itu, jumlah kandungan nutrisi yang ada dalam komposisi bahan makanan dari kandang X tidak sepenuhnya memenuhi kriteria nutrisi dari jenis pakan ayam yang diujikan. Hal ini bisa dilihat dari tabel dibawah ini:

Tabel 5.15. Tabel perbandingan nutrisi kandang X dengan nutrisi lainnya

Tabel perbandingan antara nutrisi 3 jenis pakan ayam dengan dengan nutrisi yang dihasilkan komposisi bahan makanan oleh kandang X

Parameter	<i>HY-LINE W-36 Starter</i>	<i>Broiler Starter</i>	<i>Cobb Broiler Finisher</i>	Nutrisi oleh kandang X
<i>ME</i>	2977	3100	3200	3999.72
<i>Crude_Protein</i>	20000	21500	18000	26167.65
<i>EE</i>	0	0	0	5693.25

<i>CF</i>	0	0	0	5490.9
<i>Ca</i>	1000	1000	760	3865.47
<i>Total_P</i>	0	0	0	1993.65
<i>Avail_P</i>	500	500	380	1584.14
<i>Na</i>	180	180	150	116.7
<i>Cl</i>	280	280	150	125.76
<i>Choline</i>	110	110	350	2107.86
<i>dLYS</i>	1050	1050	930	1121.75
<i>dMET</i>	470	470	380	377.93
<i>dTSAA</i>	740	740	720	787.82
<i>dTHR</i>	690	690	630	774.19
<i>dTRP</i>	180	180	170	231.62
<i>dARG</i>	1120	1120	1000	1556.21
<i>dVAL</i>	760	760	710	1194.81

Dari tabel perbandingan diatas, kandungan nutrisi milik kandang X memiliki 3 kriteria nutrisi yang belum terpenuhi, yaitu *Na (natrium)*, *Choline*, dan *dMET*. Efek kekurangan nutrisi ini bisa berdampak kecil hingga besar, dan jika semua parameter nutrisi di setiap umur ayam terpenuhi, maka kualitas dan kesehatan ayam akan lebih bagus serta produksi dan kualitas telur akan membaik juga.