Terbit *online* pada laman web jurnal : http://inomet.ft.unand.ac.id

INoMeT: Jurnal Inovasi Rekayasa Mekanikal dan Termal

ISSN (Online): 3025-2598

Artikel Penelitian

Optimalisasi Formulasi Pakan Ternak menggunakan Bungkil Inti Sawit (PKC) pada Peternakan Unggas Sumatera Barat: Pendekatan Pemrograman Linier

Wisnel[a]*, *M. Iqbal*[b]

[a]*Universitas Andalas, Limau Manis, Padang 25133, Indonesia*

[b]*Universitas Andalas, Limau Manis, Padang 25133, Indonesia*

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:
Diterima Redaksi: 6 Desember 2023
Revisi Akhir: 20 Desember 2023
Diterbitkan *Online*: 29 Desember 2023

KATA KUNCI

Pakan Unggas

Bungkil Inti Sawit Fermentasi (BISF)

Pemrograman Linear

Limbah Industri Sawit

KORESPONDENSI

E-mail: wisnel@eng.unand.ac.id

A B S T R A C T

Over the past of years, West Sumatra's poultry farming sector has experienced a positive trajectory, triggering a surge in demand for animal feed. The important role of feed costs, which comprise 70-80% of the overall cost of poultry farming, requires innovative alternatives that are cost-effective and nutritious amid the current upward trend in feed prices. This investigation explored the application of palm kernel meal, a by-product of the palm oil industry, which is fermented (BISF) through special processing. This material appears as a promising substitute for conventional components such as corn and rice bran. However, the utilization of BISF needs to be formulated so that an optimal composition that minimizes production costs can be obtained while maintaining the required level of nutrients. This optimization problem was solved with a linear programmatic mathematical model and was proven successful in reducing animal feed production costs by 11.92%, reducing actual costs from Rp 6,812 to Rp 6,000 per kilogram. Based on sensitivity analysis, this optimal formulation solution will remain if BISF experiences a price increase of Rp 347.17 per kilogram. This 11.92% cost reduction is very meaningful for KOMPAK farmer groups which is achieved while maintaining standard nutrient levels. It can be concluded that the use of BISF with optimal formulation using linear programmatic mathematical models can improve feed management performance which can increase profits or reduce feed prices by utilizing palm oil industry waste and meeting feed nutrition standards.

1. PENDAHULUAN

Sektor peternakan di Sumatera Barat saat ini mengalami pertumbuhan pesat, khususnya di bidang peternakan unggas bertelur. Unggas bertelur berkontribusi signifikan terhadap pasokan protein hewani, terutama melalui konsumsi telur. Meningkatnya permintaan telur telah menyebabkan munculnya banyak peternakan unggas bertelur, yang diakui sebagai usaha bisnis yang menjanjikan. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), peternakan unggas bertelur di Sumatera Barat secara konsisten meningkat selama tahun 2018 hingga 2020. Dengan demikian, lonjakan drastis jumlah unggas bertelur selama tiga tahun terakhir, meningkat dari 10 juta menjadi 16,8 juta di Sumatera Barat, menandai peningkatan 50%. Meningkatnya peternakan unggas bertelur akibatnya meningkatkan penggunaan pakan ternak. Pakan merupakan porsi yang signifikan dari biaya produksi pada peternakan unggas, berkisar antara 70% hingga 80% [1]. Oleh karena itu, peternak harus hati-hati mempertimbangkan pilihan pakan untuk

https://doi.org/10.25077/xxxxx

Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved

meminimalkan biaya tanpa mengorbankan kebutuhan nutrisi ternak.

Salah satu kelompok tersebut adalah kelompok tani "Kompak" yang berlokasi di Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat, yang terdiri dari 12 anggota yang mengelola 1,5 juta ayam petelur. Untuk memenuhi kebutuhan nutrisi unggas mereka, kelompok "Kompak" menggunakan komposisi pakan yang terdiri dari 50% jagung, 15% dedak padi, dan 33% konsentrat, menghasilkan 200 ton pakan ternak setiap hari, seperti yang dijelaskan pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Komposisi pakan ternak tani "KOMPAK"

Komposisi	Persentase
Konsentrat	50,00
Dedak Beras	15,00
Jagung	33,00
Tepung Batu	2,56
Anti Racun	0,26
premix	0,08

(Sumber: Kelompok Tani KOMPAK)

Penyumbang utama biaya produksi pakan ternak termasuk jagung, dedak padi, dan konsentrat, dengan tren kenaikan harga bahan saat ini, terutama untuk jagung, menghadirkan tantangan bagi industri perunggasan Sumatera Barat. Sebab, tahun-tahun Sumatera Barat mengalami defisit jagung dan 200.000 ton pada tahun 2020 misalnya (Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan Sumatera Barat, 2021), telah menyebabkan kelangkaan jagung dan selanjutnya harga pakan ternak. Sayangnya, dengan meningkatnya harga pakan, harga pasar produk ternak gagal dinaikkan secara proporsional. Dengan demikian, situasi tersebut mendorong peternak untuk berinovasi dalam memenuhi kebutuhan nutrisi harian bagi ternak untuk menyesuaikan tantangan yang ditimbulkan oleh kenaikan biaya pakan. Salah satu solusi inovatif yang didirikan oleh peneliti Universitas Andalas adalah pemanfaatan bungkil inti sawit (PKC) sebagai sumber pakan alternatif. Solusi ini memiliki kelayakan tinggi karena Indonesia merupakan salah satu produsen minyak sawit terbesar di dunia dan akibatnya memiliki ketersediaan bungkil inti sawit yang melimpah dengan biaya yang relatif lebih rendah. Selain itu, pertumbuhan yang signifikan dalam pengembangan kelapa sawit di Indonesia selama empat tahun terakhir (seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah) semakin mendukung alternatif ini.

Tabel 2. Produksi Minyak Sawit Indonesia*

Tahun	2014	2015	2016	2017	2018
Luas Lahan[1]	10.75	11.26	11.2	12.38	12.76
Produksi CPO[2]	29.28	31.07	31.49	34.94	36.59

*Sumber BPS (2018), [1](juta ha), [2](juta ton)

Bungkil Inti Sawit (BIS), produk sampingan dari ekstraksi minyak sawit, terkenal dengan profil nutrisinya yang cocok untuk ternak. Ini membanggakan 15,14% protein kasar, 6,08% lemak kasar, 17,18% serat kasar, 0,47% kalsium, 0,72% fosfor, 3-12% abu, 57,80% ekstrak tanpa nitrogen (BETN), dan energi kotor 5.088 kkal / kg yang mengesankan (Halawa, Embiring, and Ginting, 2012). Terlepas dari manfaat nutrisi ini, BIS mengandung sejumlah besar serat kasar, terutama lignin, yang menghambat aktivitas enzimatik untuk mencerna karbohidrat, lemak, dan protein. Untuk mengatasi hal ini, proses fermentasi khusus menjadi penting untuk mengurangi kandungan serat kasar dan meningkatkan daya cerna secara keseluruhan [2]. Selanjutnya, Berdasarkan penelitian sebelumnya [3-5] dapat dirincikan nutrisi bungkil inti sawit fermentasi (BISDF), sebagaimana terlihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Kandungan Nutrisi BISDF

Bahan pakan	BISDF
Energy (Kcal/kg)	2548
Protein (g/kg)	20.54
Crude Fat (g/kg)	3.52
Crude Fiber (g/kg)	12.23
Calcium (g/kg)	0.12
Phosphorus (g/kg)	0.08
Methionine (g/kg)	0.42
Lysine (g/kg)	0.98

Dari Tabel 3 di atas, dapat diketahui bahwa nutrisi yang terkandung dalam BISDF membuatnya cocok sebagai pakan ternak alternatif yang dapat menggantikan jagung dan dedak padi. BISDF

 https://doi.org/10.25077/xxxxx

merupakan produk dari limbah kelapa sawit yang mudah ditemukan dengan harga yang relatif lebih murah dibandingkan jagung dan dedak padi, sehingga penggunaan BISDF dapat dijadikan pakan alternatif untuk menekan biaya produksi ransum pakan ternak. Selanjutnya, Anwar Efendi et.al [6] dan Setiawan [7] merinci perbandingan nutrisi jagung, dedak padi, dan BISDF seperti terlihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Perbandingan Nutrisi Bahan Pakan

Bahan Pakan	Dedak	BISDF	Corn
Energi (Kkal/kg)	2548	1870	3310
Protein (gr/kg)	20.54	10.6	9
Lemak Kasar (gr/kg)	3.52	4.6	2.1
Serat Kasar (gr/kg)	12.23	9.2	3
Calcium (gr/kg)	0.12	0.05	0.02
Fosfor (gr/kg)	0.08	1.1	0.29
Metionin (gr/kg)	0.42	0.29	0.18
Lysin (gr/kg)	0.98	0.59	0.26

Pada Tabel 4, dapat diamati bahwa BISDF memiliki kandungan nutrisi yang hampir setara dengan jagung, dan aspek nutrisi tertentu dari BISDF tampaknya melampaui jagung dan dedak padi, dengan BISDF relatif lebih hemat biaya. Namun, saat ini belum ada model ransum pakan ternak yang diformulasikan menggunakan BISDF sebagai bahan utama. Oleh karena itu, perlu dikembangkan model formulasi pakan ternak yang menggabungkan BISDF dan bahan lainnya. Penciptaan model semacam itu diantisipasi untuk mengurangi ketergantungan pada jagung, dedak padi, atau komponen lainnya, yang bertujuan untuk meminimalkan biaya produksi tanpa mengorbankan nilai gizi yang diberikan kepada ternak [8-10].

Penelitian ini berusaha untuk mengatasi tantangan umum biaya produksi yang tinggi dalam peternakan unggas, dengan fokus khusus pada biaya besar yang terkait dengan pakan ternak. Menjadi penting untuk mengidentifikasi alternatif yang hemat biaya dan layak nutrisi, sehingga memainkan peran penting dalam mengoptimalkan formulasi pakan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan jangka panjang. Signifikansi penelitian ini terletak pada pengenalan bungkil inti sawit (PKC) sebagai sumber pakan alternatif potensial dalam peternakan unggas. Dengan memeriksa secara menyeluruh kelayakan nutrisi dan ekonomi PKC dalam formulasi pakan ternak, penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi praktis untuk mengatasi meningkatnya biaya yang terkait dengan komponen pakan tradisional. Pada akhirnya, temuan ini memiliki potensi untuk merevolusi praktik formulasi pakan, menghadirkan peternak unggas dengan pilihan yang lebih berkelanjutan dan hemat biaya untuk meningkatkan produktivitas mereka secara keseluruhan.

Kebutuhan nutrisi yang diharapkan, tunjangan yang direkomendasikan dan akhirnya spesifikasi pakan tersedia dari banyak sumber seperti set tabel yang diterbitkan oleh American National Research Council (NRC) pada tahun 1994 [11]. Selanjutnya, penelitian ini mengadopsi data tersebut untuk kategori Chick's mash seperti terlihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Tabel Kebutuhan Nutrisi Chick's Mash

Category	Chick's mash
Protein (Min. %)	20
Fat Min. %	3.5
Fibre Min.%	5
Calcium Exact %	2
Phosphorus Min. %	0.42
Lysine Min.%	1
Methionine Min. %	0.4
M.E Kcal/kg Min. %	2650

2. METODOLOGI

Selama dekade terakhir, penelitian di bidang formulasi pakan telah mengeksplorasi berbagai teknik untuk optimasi biaya. Di antara metode yang umum digunakan adalah Pemrograman Linear [12-17] dan Metode Algoritma Genetika [18-20]. Metode tersebut diatas banyak digunakan untuk menentukan formulasi bahan pakan terkait substitusi bahan pakan dengan tetap mempertahankan kandungan nutrisi yang memenuhi standar.

Pemrograman linier lazim digunakan dalam menentukan formulasi pakan untuk menekan biaya [21]. Metode ini membandingkan kebutuhan nutrisi hewan dengan nutrisi yang dipasok oleh bahan pakan yang tersedia, menggabungkannya untuk

merumuskan diet seimbang dengan biaya seminimal mungkin. Penekanan pada optimasi dan efisiensi biaya membuat Linear Programming menjadi pemain kunci dalam penelitian formulasi pakan dalam dekade terakhir.

Model formulasi pakan mencari ombinasi optimal dari bahan pakan yang tersedia yang akan memenuhi kebutuhan nutrisi hewan dengan biaya seminimal mungkin. Model ini harus memenuhi serangkaian kendala pada tingkat nutrisi, pembatasan ketersediaan, bahan-bahan khusus yang akan dimasukkan, keterbatasan anggaran atau dana. Model matematika generik yang berlaku untuk setiap jenis ransum menggunakan bahan-bahan yang tersedia dibangun sebagai berikut.

2.1. Model Generik Optimasi Formula Pakan

2.1.1. Notasi

i : Indeks identifikasi komponen nutrisi pakan dengan **i** = 1,2,..m
j : index mengidentifikasi komponen pakan dengan **j** = 1,2,.. n
k : Indeks mengidentifikasi bahan terlarang dengan **k** = 1,2,...P
u : Indeks mengidentifikasi set bahan terbatas dengan **u** = 1,2,.. q
Xj = jumlah bahan pakan **j** dalam bauran pakan (variabel keputusan)
X_k : jumlah bahan pakan terbatas **k**
N = jumlah total (Kg) pakan yang akan diproduksi
Z = Total biaya bahan pakan yang digunakan dalam formulasi pakan
c_j = biaya satuan bahan pakan **j**
a_{ij} = jumlah (dalam fraksi X_j) nutrisi **i** tersedia dalam bahan **j**
bi_L = kebutuhan diet minimum (fraksi N) nutrisi **i**
bi_U = kebutuhan diet maksimum (fraksi N) nutrisi **i**
L_k = batas bawah bahan pakan terbatas **k** dalam pakan
U_k = batas atas bahan pakan terbatas **k** dalam pakan
bk : proporsi bahan pakan terbatas **k** dalam total pakan.

2.1.2. Fungsi Tujuan

Tujuan dari model LP ini adalah untuk meminimalkan total biaya pakan dan dirumuskan sebagai:

$$Min\ Z = \sum_{j=1}^{n} C_j X_j$$

2.1.3. Kendala Tujuan

Kendala model berurusan dengan pembatasan jumlah total pakan yang akan diproduksi, kebutuhan nutrisi, dan ketersediaan nutrisi dalam bahan pakan. Kendala berikut berlaku untuk masalah formulasi pakan.

1. Pakan harus memenuhi jumlah permintaan total N untuk periode perencanaan.
2. Pakan harus memenuhi metabolizable energy (ME) dan kebutuhan diet bi untuk setiap nutrisi.
3. Bahan yang dibatasi harus ada dalam pakan dalam kisaran yang dapat diterima

Padanan matematis dari pernyataan kendala di atas adalah sebagai berikut:

1. Jumlah produksi pakan:

$$\sum_{j=1}^{n} X_j \geqslant N$$

2. Kebutuhan nutrisi dan energi:

$$bi_L \sum_{j=1}^{n} X_j \leq \sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \leq bi_U \sum_{j=1}^{n} X_j \ldots\ldots \forall i = 1, 2, \ldots m$$

3. Batasan kandungan bahan:

$L_k \leq X_k \leq U_k$; $\forall k \in Su$ jika diberikan secara absolut atau ...
$X_k \leq b_k\ j$; $\forall k \in Su$ Jika $\mathbf{b_k}$ adalah proporsi pakan.

2.1.4. Kendala non-negatif

$$X_j \geqslant 0 \quad j = 1, 2, \ldots n$$

2.1.5. Daftar variabel keputusan

Persoalan studi kasus ini bertujuan menghasilkan satu ton bahan setiap siklus produksi dengan biaya minimum dengan tujuh (7) variabel keputusan seperti yang terlihat pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Daftar variabel keputusan

Xi	*Deskripsi Variabel*
X1	proporsi Konsentrat
X2	proporsi dedak padi
X3	Proporsi biji jagung
X4	proporsi Tepung Batu
X5	proporsi Anti Toxin
X6	Proporsi Premix
X7	proporsi BISDF

 https://doi.org/10.25077/xxxxx

2.2. Nutrisi, Limit, dan Harga Satuan Bahan

Pedoman ini menguraikan kebutuhan nutrisi harian untuk ternak. Nutrisi yang disediakan dalam pakan harus mematuhi batas yang diizinkan, yang bertujuan untuk mencegah malnutrisi ternak atau kelebihan gizi. Nutrisi penting seperti energi, protein, lemak kasar, serat kasar, kalsium, fosfor, metionin, dan lisin harus berada dalam batas yang disetujui. Oleh karena itu, spesifikasi batasan ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

Tabel 7. Kandungan nutrisi bahan, batas, dan harga

Nutrients	Concentrate	Rice Bran	Corn Grain	Stone Flour	Anti Toxin	Premix	BISDF	Lower Limit	Upper Limit
Energy	2800	1870	3310	0	0	0	2548	2650	-
Protein	32	10,6	9	0	0	0	20,54	15	-
Crude Fat	3,68	4,6	2,1	0	0	0	3,52	2,5	7
Crude Fiber	5,24	9,2	3	0	0	0	12,23	5	-
Calcium	6,27	0,05	0,02	21,04	0	0,06	0,12	2	-
Phosphorus	0,88	1,1	0,29	0,51	0	0	0,08		0,45
Methionine	2,95	0,29	0,18	0	0	0,03	0,42	0,4	-
Lysin (gr/kg)	3,93	0,59	0,26	0	0	0,03	0,98	1	-
Harga (Rp/kg)	9000	3850	6300	3000	15000	26000	3500		

2.3. Formulasi Model Optimasi

Berdasarkan data Tabel 7 diatas, dapat dibangun model formulasi optimasi pakan seperti berikut ini:

$$\text{Min } Z = 9000X1+3850X2+6300X3+3000X4+15000X5+26000X6+3500X7$$

Batasan Persoalan:

- Kuantitas produksi minimum 1 ton

$$\sum_{j=1}^{n} Xi \geq 1000$$

- Kebutuhan energi minimum

$$2800X1+1870X2+3310X3+0X4+0X5+0X6+2548X7 \geq 2650$$

- Kebutuhan protein minimum

$$32X1+10,6X2+9X3+0X4+0X5+0X6+20,54X7 \geq 15$$

- Kebutuhan lemak kasar maksimum

$$6X1+4,6X2+2,1X3+0X4+0X5+0X6+3,52X7 \leq 7$$

- Kebutuhan lemak kasar minimum

$$6X1+4,6X2+2,1X3+0X4+0X5+0X6+3,52X7 \geq 2,5$$

- Persyaratan serat kasar minimum

$$5,24X1+9,2X2+3X3+0X4+0X5+0X6+12,23X7 \geq 7$$

- kebutuhan kalsium minimum

$$6,27X1+0,05X2+0,02X3+21,04X4+0X5+0,06X6+0,12X7 \geq 2$$

- Batasan kebutuhan fosfor

$$0,88X1+1,1X2+0,29X3+0,51X4+0X5+0X6+0,08X7 \geq 0,4$$

- Batasan kebutuhan minimum metionin

$$2,95X1+0,29X2+0,18X3+0X4+0X5+0,03X6+0,42X7 \geq 0,4$$

- Batasan kebutuhan maksimum lisin

$$3,93X1+0,59X2+0,26X3+0X4+0,03X5+0,98X6 \leq 0,78$$

Model dibuat berbasis psikologis konsumen dimana psikologi konsumen seperti konsentrat (X1) dan jagung (X2) yang tidak boleh kurang dari 30% sehingga dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$X1 \geq 0,3$$

$$X3 \geq 0,3$$

Selanjutnya, model optimasi formulasi diatas diselesaikan dengan program komputer programa linear yang banyak tersedia sebagai *add-in* program microsoft office Excel (SOLVER) atau program khusus seperti LINDO.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model yang dihasilkan untuk studi kasus pertanian diselesaikan menggunakan pemecah pemrograman linier berpemilik, Solusi optimal yang dihasilkan dibandingkan dengan praktik yang ada di pertanian sebagaimana dirangkum dalam tabel di bawah ini:

Table 8. Perbandingan formulasi awal dan usulan

Bahan	Formula Awal	Formula Usulan
Konsentrat	33,20%	30,00%
Bekatul	14,30%	2,80%

Biji jagung	49,50%	30,00%
Tepung Batu	2,60%	6,50%
Anti Toxin	0,30%	0,30%
Premix	0,10%	0,10%
BISDF	0	30%

Dari Tabel 8, dapat dilihat bahwa pada perbandingan antara formulasi aktual dengan formulasi baru yang diperoleh, terdapat perbedaan harga yang sangat signifikan. Di mana, awalnya untuk memproduksi ransum pakan ternak akan dikenakan biaya Rp 6.812 perkilogram. Namun, dengan formulasi baru biaya produksi ransum menjadi Rp 6.000 perkilogram. Dengan kata lain, biaya produksi untuk setiap kali memproduksi ransum pakan ternak berkurang sebesar 11,9%. Sedangkan kandungan nutrisi serta persentase yang terkandung dalam ransum pakan formula awal dan formula usulan dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10 di bawah ini.

Tabel 9. Kandungan Nutrisi Formula

Nutrient Content	Nutrisi awal	Nutrisi usulan	Min	Max
Energi	2838,77	2650,00	2650	-
Protein	16,60	18,89	15	-
Lemak Kasar	2,92	2,86	2,5	7
Serat Kasar	4,54	6,39	5	-
Calcium	2,65	3,60	2	-
P	0,61	0,42	0,42	
Met	1,11	1,07	0,4	-
Lys	1,52	1,57	1	-

Tabel 10. Persentase Bahan Formula

Bahan Penyusun Pakan	Formula Awal	Formula Usulan BISDF
Konsentrat	33,2%	30,00%
Bekatul	14,3%	0,00%
Jagung	49,6%	30,00%
Tepung Batu	2,6%	7,94%
Anti Toxin	0,3%	0,00%
Premix	0,1%	0,00%
BISDF	0	32,06%

Berdasarkan hasil analisa sensitifitas yang diperoleh dari pemecahan optimal dari SOLVER diketahui bahwa jawaban optimal ini akan tetap jika terjadi kenaikan harga BSIF maksimal sebesar Rp 347 dari harga Rp 3500/kg seperti terlihat pada Tabel 11 berikut ini. Jawaban optimal juga akan tetap jika penurunan harga jagung kurang dari Rp 2725,30/kg, harga bekatul turun kurang dari Rp 348,33/kg, atau harga kosentrat turun hingga Rp 5417,28/kg.

Tabel 11. Hasil Analisa Sensitifitas

Bahan	Koefisien Tujuan	Allowable Increase	Allowable Decrease
Concentrate	9000	1E+30	5417,28
Rice Bran	3850	8214,826	348,33
Corn Grain	6300	1E+30	2725,30
BISDF	3500	347,17	1E+30

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Formula usulan dapat memenuhi semua nutrisi pakan ternak pada kelompok tani "Kompak" karena nutrisi formula usulan tidak jauh berbeda dari formula awal.

Model yang dibuat menghasilkan biaya untuk produksi ransum pakan ternak sebesar Rp 6.000/kg yang dimana awalnya adalah sebesar Rp 6.812/kg. Dengan kata lain, formula usulan dapat menurunkan harga pakan ternak sebesar 11,92% untuk setiap kali produksi.

Solusi optimal akan tetap jika harga untuk konsentrat turun sebesar Rp 5.417/kg, harga bekatul turun sebesar Rp 348 atau naik sebesar Rp 8.214, harga jagung turun sebesar Rp 2.725, harga BISDF naik sebesar Rp 347,17/kg.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Anisa, Putri. "Analisis Pendapatan Dan Kelayakan Finansial Usaha Ayam Pedaging (Broiler)". Skripsi Sarjana Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian Universitas Medan, 2019

[2] Widjastuti T, Abun, Tanwiriah W, Asmara IY. "Pengolahan bungkil inti sawit melalui fermentasi oleh jamus Marasimus sp guna menunjang bahan pakan alternatif untuk ransum ayam broiler". Makalah Ilmiah. Program Hibah Kompetisi A3. Universitas Diponegoro Semarang (Indonesia), 2007

[3] Supriyati, T. Pasaribu, H. Hamid, Dan A. Sinurat. "Fermentasi Bungkil Inti Sawit Secara Substrat Padat dengan Menggunakan Aspergillus Niger". Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner Vol. 3 No. 3 Th. 1998

 https://doi.org/10.25077/xxxxx

[4] Nuraini, Trisna A. "Respon broiler terhadap ransum yang mengandung bungkil inti sawit fermentasi dengan Penicillium sp". Jurnal Agri Bisnis Pet. 2:45-48. 2006

[5] Chong CH, Zulkifli I, Blair R. "Effects of dietary inclusion of palm kernel cake and palm oil, and enzyme supplementation on performance of laying hens". Asian-Australasian J Anim Sci. 27:1053-1058. 2008

[6] Anwar Efendi Harahap, Khoirunnisa, Jully Handoko. "Sifat Fisik dan Nutrient Pellet dengan Perbedaan Komposisi Formulasi Ransum yang Ditambahkan Berbagai Level Molases". Jurnal Ilmu Ternak, Desember 2020, 20(2):138-145

[7] Setiawan, B. "Kandungan Protein Kasar Dan Serat Kasar Dedak Padi yang Difermentasi dengan Mikroorganisme Lokal", Skripsi. Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin, Makasar. 2017

[8] Halawa, E., Sembiring, I. and Ginting, N. (2012) "Penggunaan Bungkil Inti Sawit Yang Diberi Hemicell Dalam Ransum Terhadap Energi Metabolisme Ransum Itik Raja Umur 7 Minggu", J. Peternakan Integratif Vol. 1 No. 1, pp. 59–68, 2012

[9] Pranata, R. H. and Arico, Z. "Pemanfaatan Limah Kebun Pelepah Kelapa Sawit sebagai Alternatif Pakan Ternak Bernilai Gizi Tinggi", Jurnal Biologica Samudra 1 (1), pp. 17–24. 2019

[10] Sitindaon, Sri Haryani. "Optimalisasi Pemanfaatan Bungkil Inti Sawit sebagai Pakan Ayam Kampung (Sensi Agrinak) dengan Metoda Fermentasi". Skripsi Sarjana Universitas Sumatera Utara, 2020

[11] National Research Council. 1994. Nutrien Requirement of Poultry. National Academy Press. Washington, D.C.

[12] Adrizal. "Aplikasi Program Linear Untuk Menganalisis Pemanfaatan Salvinia Molesta Sebagai Bahan Pakan Itik". Makalah Pengantar Falsafah Sains, Program Pasca Sarjana IPB Bogor, 2002.

[13] Aulia, Rahmatul. "Model Linear Programming Perencanaan Penangkaran Benih Jagung Hibrida". Skripsi Sarjana Teknik Industri. Fakultas Teknik. Padang, 2017

[14] Dwijono, D. "Analisis Sensitivitas Dan Penafsiran Hasilnya Di Dalam Pemrograman Linier Dengan Perangkat Lunak Management Scientist Versi 6.0", Jurnal EKSIS Vol 09 No 01 Mei 2016

[15] Hadi, S. N. and Subkhan, A. (2019) "Optimasi Formulasi Pakan Sapi Potong Dengan Menggunakan Linear Programming Model", Jurnal Pengembangan Penyuluhan Pertanian, pp. 16–24, December 2019

[16] Pelu, A., Tupan, J. M. and Paillin, D. B. "Optimasi penentuan campuran pakan ayam ras petelur dengan menggunakan metode goal programming pada peternakan bhumyamca unggas", Jurnal ARIKA, 10(2), pp. 97–104. Agustus 2016

[17] Ashari, I.A. "Perbandingan Performansi Algoritma Genetika dan Algoritma Ant Colony Optimization dalam Optimasi Penjadwalan". Skripsi, Universitas Negeri Semarang, 2016

[18] Fakhiroh, Durrotul, Wayan Firdaus dan Indriati. "Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah Menggunakan Algoritma Genetika". Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, hlm. 69-74, 2017

[19] Lestari, Siska Dewi. "Penerapan Algoritma Genetika pada Permasalahan Fuzzy Linear Programming untuk Optimasi Formulasi Ransum Unggas". Jurnal Teknik Informatika Politeknik Hasnur Volume 02, Nomor 1, Edisi April 2016

[20] Taufiq, M. N., Dewi, C. and Mahmudy, W. F. (2017) 'Optimasi Komposisi Pakan Sapi Perah Menggunakan Algoritma Genetika', Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya, 1(1), pp. 571–582.

[21] Sriwidadi, T. and Agustina, E. (2013) 'Analisis optimalisasi Produksi Dengan Linear Programming Melalui Metode Simpleks, Binus Business Review, 4(9), pp. 725–741.