

FORMULASI KOMPOSISI DAN BIAYA OPTIMAL BAHAN PAKAN AYAM BROILER

Ronny Allan Nababan¹, Yunifa Ririarti Nur², Windy Wijayanti³,
Manaor Silitonga⁴, Josua Alexander Gultom⁵

^{1,2,3,4,5}Akademi Teknik Deli Serdang

Email: nababanronny79@gmail.com

ABSTRAK

Pakan merupakan faktor utama yang menentukan performa pertumbuhan ayam broiler, sehingga formulasi pakan harus disusun berdasarkan pemenuhan kebutuhan nutrisi yang tepat dengan biaya yang optimal. (NRC, 1994). Nutrisi diantaranya terbagi atas protein, lemak, serat, air, kalsium dan posfor. Menurut Anggorodi (1995), formulasi pakan merupakan proses penyusunan ransum dari berbagai bahan pakan dalam proporsi tertentu untuk memenuhi kebutuhan nutrisi ternak secara tepat dan ekonomis. Leeson dan Summers (2001) menyatakan bahwa biaya pakan merupakan komponen biaya terbesar dalam produksi unggas, sehingga formulasi pakan harus diarahkan untuk meminimalkan biaya ransum sambil tetap memenuhi kebutuhan nutrisi standar. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan formulasi pakan ayam broiler menggunakan metode pemrograman linear dengan bantuan aplikasi POM QM *for Windows* yang mempertimbangkan kebutuhan nutrisi untuk menentukan kombinasi bahan pakan berbiaya terendah dan tetap memenuhi standar nutrisi ayam broiler (pedaging) yang di lihat menggunakan *excel solver*. Hasil penelitian memberikan solusi optimal untuk kombinasi bahan pakan dan biaya dengan tetap memenuhi standar nutrisi ayam broiler (pedaging). Selain itu, model ini juga memberikan fleksibilitas dalam substitusi bahan pakan pada kondisi fluktuasi harga pasar dan kondisi persediaan. Penelitian ini memberikan manfaat finansial yang ekonomis dalam menekan biaya pakan tanpa mengurangi pemenuhan kebutuhan nutrisi ayam broiler serta mempermudah pelaku usaha dalam mengkombinasikan bahan pakan alternative akibat persediaan terbatas. Total biaya diperoleh sebesar Rp. 4.729 per kg untuk komposisi bahan pakan (dedak sebesar 0,302 kg; tepung ikan sebesar 0,153 kg; dan bungkil kacang kedelai sebesar 0,198 kg) yang dimana terbukti efisien dengan masih terpenuhinya standar nutrisi untuk ayam broiler (pedaging) yaitu untuk kadar protein 0,2 (standar $\geq 20\%$); kadar air 0,065 (standar $\leq 13\%$); kadar lemak 0,05 (standar $\geq 5\%$); kadar serat 0,047 (standar $\leq 7\%$); kadar kalsium 0,009 (standar $\geq 0.9\%$); kadar posfor 0,007 (standar $\geq 0.45\%$).

Kata Kunci: Ayam Broiler, Formulasi, Pemrograman Linear, Nutrisi, Komposisi Bahan, Biaya Pakan, POM QM *For Windows*, *Excel Solver*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri pakan ternak tidak lepas dari perkembangan peternakan, karena hasil produksi dari aktivitas industri pakan ternak digunakan sebagai masukan dalam kegiatan peternakan. Pakan merupakan faktor utama yang menentukan performa pertumbuhan ayam broiler, sehingga formulasi pakan harus disusun berdasarkan pemenuhan kebutuhan nutrisi yang tepat dengan biaya yang optimal. (NRC, 1994). Sementara menurut Leeson dan Summers (2001) menyatakan bahwa biaya pakan merupakan komponen biaya terbesar dalam produksi unggas, sehingga formulasi pakan

harus diarahkan untuk meminimalkan biaya ransum sambil tetap memenuhi kebutuhan nutrisi standar. Biaya pakan menyumbang sekitar 60–70% dari total biaya produksi ayam broiler. (Anggorodi, 1995). Oleh karena itu, efisiensi formulasi pakan menjadi faktor krusial untuk meningkatkan keuntungan dalam keberlanjutan usaha. Sebaliknya, fluktuasi harga pada bahan pakan yang merupakan komponen utama biaya produksi menjadi salah satu masalah yang dihadapi sektor ini.

Perubahan harga pakan secara langsung berdampak pada efisiensi produksi dan keuntungan. Harga pakan sangat tergantung pada kebijakan perdagangan, nilai tukar mata uang, kenaikan harga komoditas di pasar global dan ketergantungan ini (Haryono et al., 2021). Berikut daftar harga bahan baku pakan selama tiga tahun terakhir.

Tabel 1. Rekapitulasi Perubahan Harga Beberapa Bahan Baku Pakan

Bahan Baku Pakan	Satuan	Tahun			Catatan Kondisi
		2023	2024	2025	
Jagung Pipil Kering	Kg	Rp. 4.500,- s/d Rp. 5.500,-	Rp. 5.500,- s/d Rp. 7.000,-	Rp. 5.500,- s/d Rp. 6.200,-	HPP naik Rp. 5.500,- (Feb 2025)
Bungkil Kedelai	Kg	Rp. 8.500 - s/d Rp. 9.500,-	Rp. 9.000,- s/d Rp. 10.500,-	Rp. 10.000,-	Tren naik (Impor)
Dedak Halus	Kg	Rp. 3.500,- s/d Rp. 4.500,-	Rp. 4.000 - s/d Rp. 5.000,-	Rp. 4.500,- s/d Rp. 5.500,-	Mengikuti harga beras

Sumber: Data Badan Pangan Nasional (Bapanas)

Berdasarkan rekapitulasi harga beberapa bahan baku pakan diatas, dapat dilihat bahwa bahan baku pakan mengalami kenaikan harga setiap tahunnya baik pada bungkil kedelai dan dedak halus sementara untuk jagung mengalami kenaikan di tahun 2023 ke 2024 dan pada tahun 2025 harga masih sama yaitu di harga Rp. 5.500,-. Selle dan Ravindran (2017) menyatakan bahwa meningkatnya harga bahan baku pakan menuntut strategi manajemen nutrisi yang efisien, karena biaya pakan yang tinggi dapat menekan profitabilitas usaha peternakan unggas.

Menurut NRC (1994), formulasi pakan ayam pedaging secara konvensional umumnya didasarkan pada tabel kebutuhan nutrisi dan komposisi bahan pakan yang telah distandarkan. Sementara menurut Roush dan Cravener (1997) menyatakan bahwa penerapan teknologi optimasi dalam formulasi pakan unggas mampu meningkatkan efisiensi produksi dan akurasi perhitungan nutrisi. Oleh karena itu, sangat penting untuk menghitung komposisi bahan pakan yang optimal dengan memperhatikan keseimbangan nutrisi dan efisiensi biaya. PT.XYZ adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri pakan ternak ayam yang berlokasi di Jl. Rumah Potong Hewan Mabar Kecamatan Medan Deli. Perusahaan menghasilkan pakan ternak ayam, diantaranya untuk ayam ras pedaging (broiler).

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas formulasi pakan ayam pedaging dengan pendekatan konvensional maupun berbasis teknologi, seperti penggunaan tabel komposisi bahan pakan, metode *trial and error*, hingga pemodelan matematis. Pendekatan konvensional umumnya mengandalkan pengalaman praktis dan referensi standar, namun sering kali kurang efisien dalam mengakomodasi variasi harga bahan baku dan kebutuhan nutrisi yang dinamis. Oleh karena itu, perkembangan teknologi komputasi mendorong penerapan metode optimasi dan pemodelan matematis untuk menghasilkan formulasi pakan yang lebih efisien, akurat, dan ekonomis tanpa mengabaikan kebutuhan nutrisi ayam pedaging.

POM QM adalah sebuah *software* yang dirancang untuk melakukan perhitungan

yang diperlukan pihak manajemen untuk pengambilan keputusan di berbagai bidang (Suparjo, 2021). Karena software ini dalam permodelan lebih cepat dan mudah. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mempermudah formulasi dalam kombinasi bahan pakan ayam pedaging (broiler) dan menghitung biaya bahan pakan dengan lebih efisien menggunakan metode pemrograman linear pada POM QM For Windows. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis dalam penyusunan formulasi pakan yang lebih ekonomis dan adaptif terhadap fluktuasi harga dan persediaan bahan, sekaligus memperkuat penerapan metode optimasi matematis dalam bidang peternakan unggas.

2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari data sekunder berupa komposisi bahan nutrisi dan rata-rata harga pasar. Variabel penelitian meliputi bahan pakan yaitu: jagung, tepung ikan, bungkil kedelai, dedak, tepung batu dan DCP. Data kandungan nutrisi seperti : protein, lemak, serat, air, kalsium, dan posfor, diambil dari tabel standar komposisi bahan pakan. Sedangkan data harga diperoleh dari rata-rata harga pasar lokal selama periode penelitian. Permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana menentukan komposisi bahan pakan dengan biaya optimal untuk standar kebutuhan nutrisi masih dapat terpenuhi. Masalah ini diselesaikan dengan menggunakan metode linear programming dengan aplikasi POM QM *For Windows* untuk menentukan komposisi bahan optimal dan menggunakan *excel solver* untuk mengetahui kadar setelah komposisi.

Metode linear programming digunakan karena lebih efisien dan mampu menyelesaikan persoalan dengan jumlah tujuan yang yang jelas. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari :

- a. Menentukan variabel keputusan yaitu jumlah masing-masing bahan pakan yang akan diformulasikan.
- b. Menentukan fungsi tujuan yaitu meminimalkan total biaya pakan per kilogram ($Z_{min} = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$)
- c. Menentukan fungsi kendala berupa kebutuhan nutrisi ayam pedaging sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI), misalnya protein $\geq 20\%$, lemak $\geq 5\%$, serat $\leq 7\%$, air $\leq 13\%$, kalsium $\geq 0,9\%$, posfor $\geq 0,45\%$
- d. Menentukan komposisi bahan pakan dan kadar nutrisi dengan alat bantu aplikasi yaitu POM QM *For Windows* dan selanjutnya menggunakan *excel solver* untuk menentukan total biaya dan kadar nutrisi setelah komposisi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan formulasi pakan ayam pedaging menggunakan metode linear programming dengan tujuan meminimalkan biaya. Variabel keputusan berupa jumlah penggunaan jagung (X1), dedak (X2), tepung ikan (X3), bungkil kacang kedelai (X4), tepung batu (X5), dan DCP (X6). Fungsi Tujuan adalah meminimalkan biaya pakan per kg, sedangkan fungsi kendala berupa standar kebutuhan nutrisi ayam pedaging meliputi : kadar protein $\geq 20\%$; kadar air $\leq 13\%$; kadar lemak $\geq 5\%$; kadar serat $\leq 7\%$; kadar kalsium $\geq 0,9\%$; kadar posfor $\geq 0,45\%$. Berikut data pengamatan kandungan nutrisi beberapa bahan pakan untuk jenis ayam broiler :

Tabel 2. Data pengamatan kandungan nutrisi beberapa bahan pakan untuk jenis Ayam Broiler

Bahan Baku	Kadar Air (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Lemak (%)	Kadar Serat (%)	Kadar Kalsium (%)	Kadar Posfor (%)
Jagung	13	8,5	3,7	2,2	0,01	0,25
Dedak	10	10	11	10,5	0,06	1,3
Tepung Ikan	10	54	9	0,01	5,5	3,3
Bungkil Kacang Kedelai	10	44	1,5	7,5	0,2	0,6
Tepung Batu	1	-	-	-	37	-
DCP	3	-	-	-	29	18

Sumber: Data produksi PT. XYZ 5 Januari 2025

Sementara untuk harga bahan pakan sangat tergantung pada kebijakan perdagangan, nilai tukar mata uang, kenaikan harga komoditas di pasar global dan ketergantungan ini (Haryono et al., 2021). Harga bahan pakan yang digunakan pada penelitian ini adalah harga pasar rata-rata.

Tabel 3. Rekapitulasi Harga Bahan Pakan

Bahan Pakan	Harga (Rp/Kg)
Jagung	6000
Dedak	4000
Tepung Ikan	12000
Bungkil K Kedelai	8500
Tepung Batu	3500
DCP	16000

Sumber: Data Badan Pangan Nasional (Bapanas)

Perhitungan komposisi 100% formulasi berdasarkan standar nutrisi ayam broiler (daging) untuk menentukan total biaya optimal. Adapun penyelesaian dengan menggunakan metode linear programming pada aplikasi POM QM For Windows sebagai berikut :

- a. Pilih modul
Penggunaan metode linear programming
- b. Pengaturan parameter
Number of variable : 6
Number of constraints : 6
Objective : Minimize
- c. Input fungsi tujuan :
 $\text{Min } Z = 6000X_1 + 4000X_2 + 12000X_3 + 8500X_4 + 3500X_5 + 16000X_6$
- d. Input fungsi kendala
Protein $\geq 20\%$
 $8,5 X_1 + 10 X_2 + 54 X_3 + 44 X_4 \geq 20\%$
Kadar air $\leq 13\%$
 $13 X_1 + 10 X_2 + 10 X_3 + 10 X_4 + X_5 + 3 X_6 \leq 13\%$
Kadar lemak $\geq 5\%$
 $3,7 X_1 + 11 X_2 + 9 X_3 + 1,5 X_4 \geq 5\%$

Kadar serat $\leq 7\%$
 $2,2 X_1 + 10,5 X_2 + 0,01 X_3 + 7,5 X_4 \leq 7\%$
 Kadar kalsium $\geq 0,9\%$
 $0,01 X_1 + 0,06 X_2 + 5,5 X_3 + 0,2 X_4 + 37 X_5 + 29 X_6 \geq 0.9\%$
 Kadar posfor $\geq 0,45\%$
 $0,25 X_1 + 1,3 X_2 + 3,3 X_3 + 0.6 X_4 + 18 X_6 \geq 0.45\%$

e. Jalankan *solver*

Komposisi Bahan Nutrisi									
	Jagung	Dedak	T. Ikan	BKK	T. Batu	DCP		RHS	Equation form
Minimize	6000	4000	12000	8500	3500	16000			Min 6000Jagung + 4000Dedak +
Protein	8.5	10	54	44	0	0	>=	.2	8.5Jagung + 10Dedak + 54T.
Air	13	10	10	10	1	3	<=	.13	13Jagung + 10Dedak + 10T.
Lemak	3.7	11	9	1.5	0	0	>=	.05	3.7Jagung + 11Dedak + 9T.
Serat	2.2	10.5	.01	7.5	0	0	<=	.07	2.2Jagung + 10.5Dedak + .01T.
Kalsium	.01	.06	5.5	.2	37	0	>=	.009	.01Jagung + .06Dedak + 5.5T.
Posfor	.25	1.3	3.3	.6	0	18	>=	0.0045	.25Jagung + 1.3Dedak + 3.3T.

Gambar 1. Data Input Pada Aplikasi POM QM For Windows

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat data input seperti fungsi tujuan, fungsi kendala dan standar nutrisi ayam broiler (pedaging) pada aplikasi POM QM For Windows. Adapun hasil proses menggunakan metode pemrograman linear maka diperoleh data dengan komposisi sebagai berikut:

Komposisi Bahan Nutrisi Solution									
	Jagung	Dedak	T. Ikan	BKK	T. Batu	DCP		RHS	Shadow Price
Minimize	6000	4000	12000	8500	3500	16000			
Protein	8.5	10	54	44	0	0	>=	.2	-186.4135
Air	13	10	10	10	1	3	<=	.13	0
Lemak	3.7	11	9	1.5	0	0	>=	.05	-193.9833
Serat	2.2	10.5	.01	7.5	0	0	<=	.07	0
Kalsium	.01	.06	5.5	.2	37	0	>=	.009	-34.1491
Posfor	.25	1.3	3.3	.6	0	18	>=	.0045	0
Solution->	0	.003	.0015	.002	0	0		47.2892	

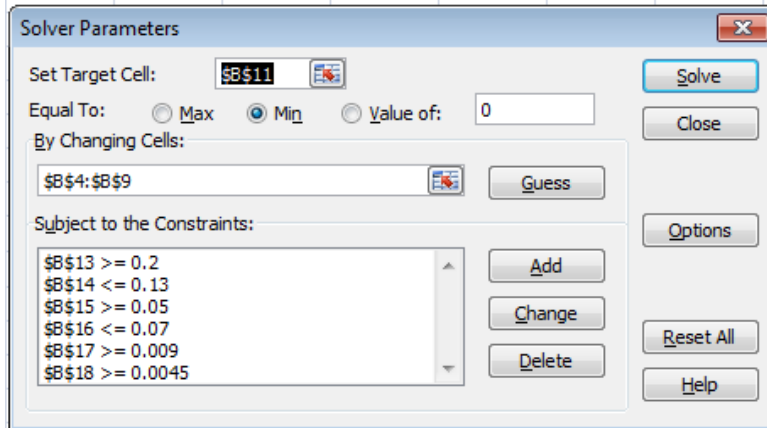
Gambar 2. Komposisi Bahan Pakan Pada Formulasi Menggunakan POM QM For Windows

Dari gambar 2 diatas, dapat dilihat komposisi variabel bahan pakan dalam 1 kg sebagai berikut :

- Jagung (X1) = 0
- Dedak (X2) = 0,302 kg
- Tepung ikan (X3) = 0,153 kg
- Bungkil k kedelai (X4) = 0,198 = 0,2 kg
- Tepung batu (X5) = 0
- DCP (X6) = 0

Untuk mengetahui kadar nutrisi total biaya berdasarkan hasil komposisi bahan pakan hasil formulasi menggunakan POM QM For Windows maka akan dilanjutkan dengan *excel solver*. *Excel Solver* adalah *add-in* pada *Microsoft Excel* yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi, yaitu mencari nilai terbaik (maksimum atau minimum) dari suatu fungsi tujuan dengan memperhatikan kendala (*constraints*) tertentu

(Winston, 2007). Dalam hal ini akan digunakan melihat total biaya dan kadar nutrisi hasil formulasi komposisi bahan pakan yang sudah ditentukan.



Gambar 3. Solver Parameter

Dilihat dari gambar 3, merupakan bentuk model *solver* parameter yang terdiri dari *set target cell* sebagai total biaya, *by changing cell* untuk variabel bahan pakan dan *subject to the constraints* sebagai fungsi kendala serta fungsi tujuan “Min”. Kemudian dengan *set option* untuk *assume linear model* dan *assume non-negative*.

Sehingga berdasarkan *solver parameter* tersebut dapat dilihat hasil sebagai berikut :

Nutrisi	Kadar (%)	Kadar SNI (%)
Protein	0.2	≥20%
Air	0.065330515	≤13%
Lemak	0.05	≥5%
Serat	0.046595321	≤7%
Kalsium	0.009	≥0.9%
Fosfor	0.006634056	≥0,45%

Gambar 4. Kadar Nutrisi Setelah Formulasi Komposisi Bahan Pakan

Berdasarkan gambar 6, dimana hasil komposisi bahan pakan yang diperoleh masih memenuhi standar kadar nutrisi ayam broiler (pedaging)

Bahan Pakan	Berat (Kg)	Harga per Kg
Jagung (X1)	0	6000
Dedak (X2)	0.302260346	4000
Tepung Ikan (X3)	0.153142532	12000
Bungkil K Kedelai (X4)	0.197902268	8500
Tepung Batu (Y1)	0	3500
DCP (Y2)	0	16000
Biaya Total	4728.92105	

Gambar 5. Biaya Total dari Komposisi Bahan Pakan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi pakan ayam broiler (pedaging) dengan pendekatan metode linear programming menggunakan POM QM *For Windows* dan *Excel Solver* menghasilkan total biaya sebesar Rp. 4.729 per kg untuk komposisi bahan pakan (dedak sebesar 0,302 kg; tepung ikan sebesar 0,153 kg; dan bungkil kacang kedelai sebesar 0,198 kg) yang dimana terbukti efisien dengan masih terpenuhinya standar nutrisi untuk ayam broiler (pedaging) yaitu untuk kadar protein 0,2 (standar $\geq 20\%$); kadar air 0,065 (standar $\leq 13\%$); kadar lemak 0,05 (standar $\geq 5\%$); kadar serat 0,047 (standar $\leq 7\%$); kadar kalsium 0,009 (standar $\geq 0.9\%$); kadar posfor 0,007 (standar $\geq 0.45\%$). Temuan ilmiah yang diperoleh dari hasil ini adalah bahwa pemrograman linier mampu mengidentifikasi kombinasi bahan pakan dengan komposisi yang lebih efisien secara ekonomi tanpa mengurangi kualitas nutrisi.

Fenomena ini dapat dijelaskan dari sifat dasar pemrograman linear yaitu kemampuan untuk mengalokasikan sumber daya terbatas (bahan pakan) dengan mempertimbangkan kendala nutrisi. Formulasi komposisi menunjukkan kecenderungan model memilih bahan dengan harga relatif murah maupun substitusi bahan akibat kondisi persediaan bahan dalam keadaan terbatas digudang tetapi masih mencukupi standar nutrisi yang dibutuhkan. Hal ini konsisten dengan penelitian Sharma et.al 2020, yang menunjukkan bahwa substitusi bahan pakan berbiaya rendah tidak menurunkan kualitas ransum jika proporsinya diatur secara matematis.

Temuan lain adalah bahwa optimasi tidak hanya menghasilkan biaya minimum tetapi juga meningkatkan fleksibilitas formulasi ketika terjadi fluktuasi harga. Model yang dibangun dapat dengan mudah disesuaikan dengan perubahan harga pasar untuk mencari kembali kombinasi bahan yang paling efisien. Hal ini membedakan penelitian ini dengan formulasi konvensional yang bersifat statis dan kurang responsif terhadap dinamika harga. Secara konseptual, hasil penelitian ini sesuai dengan teori nutrisi unggas yang menekankan pentingnya keseimbangan protein, air, lemak, serat, kalsium, dan fosfor ((NRC, 2019). Semua formulasi yang dihasilkan tetap memenuhi batas minimal kebutuhan nutrisi ayam pedaging, yang berarti produktivitas tidak akan menurun meskipun biaya ditekan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa penerapan metode pemrograman linier terbukti efektif dalam menyusun formulasi pakan ayam petelur dengan biaya yang lebih efisien. Penggunaan metode linear programming pada POM QM *For Windows* mempermudah formulasi komposisi bahan pakan optimal dengan penyesuaian nutrisi yang memenuhi standar SNI, menggunakan excel solver untuk mendapatkan biaya yang optimal. Total biaya sebesar Rp. 4.729 per kg untuk komposisi bahan pakan (dedak sebesar 0,302 kg; tepung ikan sebesar 0,153 kg; dan bungkil kacang kedelai sebesar 0,198 kg) yang dimana terbukti efisien dengan masih terpenuhinya standar nutrisi untuk ayam broiler (pedaging) yaitu untuk kadar protein 0,2 (standar $\geq 20\%$); kadar air 0,065 (standar $\leq 13\%$); kadar lemak 0,05 (standar $\geq 5\%$); kadar serat 0,047 (standar $\leq 7\%$); kadar kalsium 0,009 (standar $\geq 0.9\%$); kadar posfor 0,007 (standar $\geq 0.45\%$).

Pendekatan matematis mampu memberikan solusi nyata terhadap permasalahan tingginya biaya pakan yang selama ini menjadi beban utama dalam industri peternakan unggas terutama pada fluktuasi harga maupun kondisi persediaan yang terbatas. Selain itu, penelitian ini juga membuktikan bahwa model optimasi berbasis pemrograman linier tidak hanya menghasilkan formulasi berbiaya rendah, tetapi juga menjaga terpenuhinya kebutuhan nutrisi esensial ayam. Penelitian ini menegaskan bahwa penggunaan metode

optimasi matematis dapat menjadi strategi yang aplikatif, ekonomis, dan berkelanjutan untuk mendukung pengembangan industri peternakan unggas di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggorodi. (1995). *Ilmu Makanan Ternak Umum*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Haryono, D., Saptana, S., & Ariani, M. (2021). *Dampak fluktuasi harga bahan baku pakan terhadap efisiensi usaha peternakan unggas di Indonesia*. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 14(2), 85–97.
- [3] Haryono, T., Syamsul, M., & Putra, A. (2021). Efek penggunaan pakan fermentasi terhadap produktivitas ayam broiler. *Journal of Agricultural Sciences*, 10(2), 150-160.
- [4] Leeson, S., & Summers, J. D. (2001). *Nutrition of the chicken* (4th ed.). Guelph, Ontario: University Books.
- [5] National Research Council. (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*. Washington, DC: National Academy Press.
- [6] Roush, W. B. dan Cravener, T. L. 1997. *Computerized Formulation of Poultry Feeds*. Wallingford: CAB International.
- [7] Sharma, N. K., Singh, R., & Kumar, A. (2020). *Optimization of least-cost feed formulation using linear programming techniques without compromising nutritional quality*. *Journal of Animal Nutrition and Feed Technology*, 20(2), 185–194. 2022.
- [8] Selle, P. H. dan Ravindran, V. 2017. *Poultry Nutrition and Feed Formulation*. Wallingford: CAB International.
- [9] Suparjo. (2021). *Riset operasi dan aplikasinya dengan POM-QM for Windows*. Jakarta: Penerbit Mitra Wacana Media.
- [10] Winston, W. L. (2007). *Microsoft Excel 2007: Data Analysis and Business Modeling*. Microsoft Press. (Pemanfaatan Excel & Solver untuk model bisnis).