

Optimization of Laying Duck Feed Combinations Using the COCOSO Method

(Optimasi Kombinasi Pakan Bebek Petelur Menggunakan Metode COCOSO)

Harlan Kurnia AR ^{a,*}, Raditya Abdillah Putra ^b, Dwi Andini ^b, Nazwa Chairunnisa Hamid Siagian ^b, Muhammad Alfaridho ^b, Hazlah Aqillah ^b

^a Universitas Putra Indoensia YPTK Padang, Sumatera Barat, 25173, Indonesia

^b Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, 20235, Indonesia

* Corresponding author.

E-mail: harlankurnia@upiptk.ac.id

Received 11 February 2026; Revised 25 March 2026; Accepted 30 March 2026;

Available online 31 March 2026.

ABSTRACT

The productivity of laying ducks is highly influenced by feed composition and nutrient quality. Inappropriate feed combinations may reduce production performance and increase operational costs. This study aims to determine the optimal feed combination for laying ducks using the Combined Compromise Solution (COCOSO) method by considering nutritional, production, and economic criteria. This study evaluates 15 alternative feed combinations consisting of commercial pellets and supplementary ingredients such as fine bran, ground corn, soybean meal, mineral mix, vitamin mix, and fish meal. Seven criteria were used, including protein, calcium, feed cost, egg production (HDP), health, palatability, and Feed Conversion Ratio (FCR), which were classified into benefit and cost attributes. The analysis process includes decision matrix construction, normalization, criteria weighting, and ranking using three COCOSO aggregation strategies to obtain compromise scores. The results indicate that differences in feed performance are clearly identified through multi-criteria evaluation. The best alternative achieved the highest COCOSO score of 0,940, indicating the most optimal balance between nutritional quality, production performance, feed efficiency, and cost. This study concludes that the COCOSO-based Multi-Criteria Decision Making (MCDM) approach is effective for supporting decision-making in livestock nutrition. The proposed model provides a structured, objective, and practical tool for farmers and practitioners to optimize feed strategies and improve production efficiency.

Keywords: duck feed; nutrition; MCDM; COCOSO; productivity

ABSTRAK

Produktivitas bebek petelur sangat dipengaruhi oleh komposisi dan kualitas nutrisi pakan. Kombinasi pakan yang tidak tepat dapat menurunkan performa produksi serta meningkatkan biaya operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi pakan bebek petelur yang paling optimal menggunakan metode Combined Compromise Solution (COCOSO) dengan mempertimbangkan aspek nutrisi, produksi, dan ekonomi. Penelitian ini mengevaluasi 15 alternatif kombinasi pakan yang terdiri dari pakan pelet komersial dan bahan tambahan seperti dedak halus, jagung giling, bungkil kedelai, mineral mix, vitamin mix, dan tepung ikan. Penilaian dilakukan berdasarkan tujuh kriteria yaitu protein, kalsium, biaya pakan, produksi telur (HDP), kesehatan, palatabilitas, dan Feed Conversion Ratio (FCR) yang diklasifikasikan sebagai kriteria benefit dan cost. Proses analisis meliputi penyusunan matriks keputusan, normalisasi data, penentuan bobot kriteria, serta perankingan menggunakan tiga strategi agregasi COCOSO untuk memperoleh nilai kompromi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini mampu mengidentifikasi perbedaan performa kombinasi pakan secara jelas. Alternatif terbaik memperoleh nilai COCOSO tertinggi sebesar 0,940, yang menunjukkan keseimbangan optimal antara kandungan nutrisi, efisiensi pakan, performa produksi, dan biaya. Kesimpulan penelitian ini adalah bahwa metode COCOSO dalam kerangka Multi-Criteria Decision Making (MCDM) efektif digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam nutrisi ternak. Model yang diusulkan memberikan pendekatan yang lebih objektif, terstruktur, dan aplikatif bagi peternak dalam meningkatkan efisiensi usaha secara berkelanjutan.

Kata kunci: pakan bebek petelur; nutrisi; MCDM; COCOSO; produktivitas



1. PENDAHULUAN

Produktivitas dalam industri peternakan bebek petelur memiliki peranan strategis dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Kualitas dan kuantitas produksi telur sangat dipengaruhi oleh manajemen nutrisi pakan yang diberikan [1]–[3]. Pakan merupakan komponen biaya terbesar dalam usaha peternakan, sehingga strategi kombinasi pakan perlu dioptimalkan untuk mencapai efisiensi nutrisi terbaik dengan biaya yang ekonomis [4], [5]. Komposisi pakan yang ideal harus mempertimbangkan keseimbangan kebutuhan nutrisi esensial seperti protein, energi metabolis, dan mineral, serta memperhatikan variabilitas bahan baku dan kondisi lingkungan produksi [6]–[8].

Berbagai penelitian terkait formulasi pakan telah berkembang pesat, termasuk penggunaan pendekatan optimasi seperti *least-cost formulation* dan *multi-objective optimization* [9]–[11]. Pendekatan tersebut efektif dalam menekan biaya produksi, namun masih memiliki keterbatasan karena cenderung berfokus pada satu tujuan utama dan belum sepenuhnya mempertimbangkan interaksi kompleks antar kriteria seperti nutrisi, performa produksi, dan kesehatan ternak [12], [13]. Selain itu, sebagian penelitian masih mengkaji pengaruh nutrisi tertentu secara parsial sehingga belum mencerminkan sistem nutrisi ternak secara menyeluruh [2], [3].

Permasalahan formulasi kombinasi pakan pada dasarnya merupakan persoalan pengambilan keputusan multi-kriteria (*Multi-Criteria Decision Making / MCDM*) yang melibatkan berbagai parameter yang saling bertentangan, seperti memaksimalkan kualitas nutrisi dan produksi serta meminimalkan biaya [14]. Berbagai metode MCDM seperti SAW, TOPSIS, dan AHP telah banyak digunakan dalam berbagai bidang, termasuk sektor pertanian dan rantai pasok [15], [16]. Namun demikian, metode-metode tersebut memiliki keterbatasan, seperti sensitivitas terhadap bobot kriteria dan potensi inkonsistensi dalam proses agregasi nilai [17].

Sebagai alternatif, metode *Combined Compromise Solution (COCOSO)* dikembangkan untuk mengatasi kelemahan tersebut dengan mengintegrasikan beberapa strategi agregasi dalam menghasilkan solusi kompromi yang lebih stabil dan konsisten [18]–[20]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa COCOSO memiliki performa yang baik dalam menangani permasalahan kompleks di berbagai bidang, seperti manajemen energi, rekayasa, dan sistem pendukung keputusan [21]–[23]. Selain itu, pengembangan metode COCOSO dalam berbagai pendekatan seperti fuzzy dan hybrid juga menunjukkan tingkat fleksibilitas dan akurasi yang tinggi [24], [25].

Meskipun demikian, penerapan metode MCDM khususnya COCOSO dalam bidang formulasi pakan ternak, terutama pada bebek petelur, masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya belum mengintegrasikan secara simultan aspek nutrisi, biaya, dan performa produksi dalam satu model pengambilan keputusan yang komprehensif. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) yang perlu diatasi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan penggunaan metode COCOSO untuk menganalisis dan menentukan kombinasi pakan bebek petelur yang paling optimal dengan mempertimbangkan aspek nutrisi, biaya, dan performa produksi secara simultan. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi berupa model pengambilan keputusan yang lebih objektif, terstruktur, dan aplikatif bagi peternak dalam meningkatkan efisiensi produksi secara berkelanjutan.

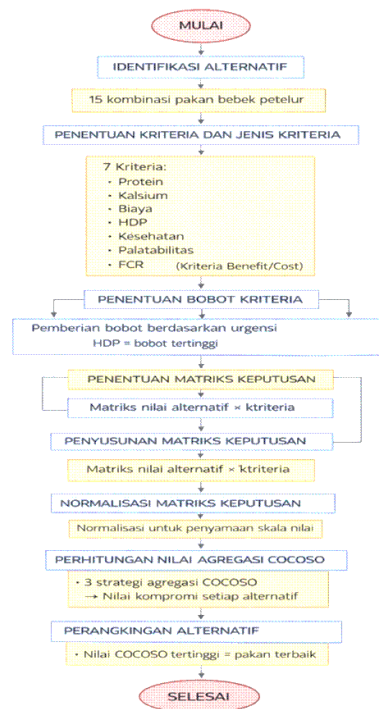
2. METODE PENELITIAN

2.1. Pendekatan penelitian

Pendekatan yang diterapkan dalam studi ini adalah pendekatan kuantitatif, karena penelitian ini memanfaatkan data numerik yang diolah dengan teknik matematik untuk menghasilkan hasil yang dapat diukur. Data dikumpulkan melalui pengukuran kandungan nutrisi pakan, catatan pertumbuhan, dan produktivitas telur bebek petelur, kemudian diubah menjadi bentuk kuantitatif berdasarkan beberapa indikator utama, seperti berat badan, jumlah telur, dan kualitas telur. Selanjutnya, data tersebut dianalisis menggunakan metode COCOSO (*Combination Criteria for Optimization of Strategic Outputs*) untuk mengevaluasi dan menentukan strategi kombinasi pakan yang paling optimal. Pendekatan kuantitatif dipilih karena memberikan hasil yang objektif, terukur, dan dapat diuji secara statistik. Dengan demikian, studi ini mampu menghasilkan penilaian yang akurat dan dapat diandalkan mengenai strategi kombinasi pakan berbasis nutrisi untuk optimalisasi produktivitas bebek petelur.

2.2. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dirancang menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif berbasis sistem pendukung keputusan untuk menganalisis strategi kombinasi pakan berbasis nutrisi dalam meningkatkan produktivitas bebek petelur. Proses penelitian meliputi pengumpulan data nutrisi pakan, penentuan bobot kriteria serta penentuan prioritas alternatif kombinasi pakan menggunakan metode COCOSO. Alur pelaksanaan penelitian ditampilkan dalam flowchart penelitian pada [Gambar 1](#).



Gambar 1. Alur Tahapan Penelitian

Secara rinci, langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Alternatif
Alternatif dalam penelitian ini adalah 15 kombinasi pakan bebek petelur, yang terdiri dari berbagai merek pakan utama yang dikombinasikan dengan bahan tambahan seperti dedak, jagung giling, mineral, vitamin, ikan, dan bungkil kedelai.
2. Penentuan Kriteria dan Jenis Kriteria
Penelitian ini menggunakan tujuh kriteria, yaitu protein, kalsium, biaya pakan, produksi telur (HDP), kesehatan, palatabilitas, dan Feed Conversion Ratio (FCR). Setiap kriteria diklasifikasikan sebagai benefit atau cost sesuai karakteristiknya.
3. Penentuan Bobot Kriteria
Bobot kriteria ditentukan berdasarkan tingkat urgensi terhadap produktivitas bebek petelur. Produksi telur (HDP) diberikan bobot tertinggi karena menjadi indikator utama keberhasilan pakan.
4. Penyusunan Matriks Keputusan
Nilai setiap alternatif terhadap seluruh kriteria disusun dalam bentuk matriks keputusan awal.
5. Normalisasi Matriks Keputusan
Normalisasi dilakukan untuk menyamakan skala nilai antar kriteria sehingga dapat dibandingkan secara adil.
6. Perhitungan Nilai Agregasi COCOSO
Perhitungan dilakukan menggunakan tiga strategi agregasi COCOSO untuk memperoleh nilai kompromi setiap alternatif.
7. Perangkingan Alternatif
Alternatif dengan nilai COCOSO tertinggi ditetapkan sebagai kombinasi pakan paling optimal.

2.3. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di peternakan bebek petelur milik kelompok CV. Berkah Farm. Pemilihan lokasi didasarkan pada pertimbangan ketersediaan data historis produksi, penerapan sistem pemeliharaan yang relatif seragam, serta representativitas populasi bebek petelur dalam skala usaha komersial. Penelitian dilakukan selama periode uji pakan, di mana seluruh kombinasi pakan diberikan pada kelompok bebek dengan perlakuan manajemen yang sama.

2.4. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian adalah seluruh bebek petelur yang digunakan dalam uji coba pemberian pakan. Sampel penelitian berupa hasil performa dari 15 kombinasi pakan yang diuji. Setiap kombinasi pakan diberikan pada kelompok bebek dengan karakteristik umur dan fase produksi yang relatif seragam untuk meminimalkan bias hasil pengukuran.

2.5. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik. Data kandungan nutrisi pakan diperoleh dari informasi komposisi pada kemasan pakan, khususnya kadar protein dan kalsium. Data produksi telur dikumpulkan melalui pencatatan harian dan dihitung dalam bentuk persentase Hen Day Production (HDP). Kondisi kesehatan dan palatabilitas pakan diamati secara langsung menggunakan skala penilaian 1–5 berdasarkan perilaku makan dan kondisi fisik bebek. Nilai Feed Conversion Ratio (FCR) dihitung dari perbandingan antara total konsumsi pakan dan total produksi telur. Biaya pakan harian dihitung berdasarkan konsumsi pakan per ekor per hari dan harga pakan yang berlaku.

2.6. Alternatif yang Dinilai

Terdapat 15 kombinasi pakan yang menjadi alternatif penelitian, mulai dari Pelet BR1, Malindo, Japfa, Goldcoin, hingga New Hope, yang masing-masing dikombinasikan dengan dedak, jagung giling, mineral, vitamin, ikan, atau bungkil kedelai.

Alternatif yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada [Tabel 1](#).

Tabel 1. Kode Alternatif dan Kombinasi Pakan

Kode Alternatif	Kombinasi Pakan
A1	Pelet BR1 + Dedak Halus
A2	Pelet BR1 + Jagung Giling
A3	Pelet BR1 + Bungkil Kedelai
A4	Pelet Malindo + Dedak Halus
A5	Pelet Malindo + Jagung Giling
A6	Pelet Malindo + Tepung Ikan
A7	Pelet Japfa + Dedak Halus
A8	Pelet Japfa + Jagung Giling
A9	Pelet Japfa + Mineral Mix
A10	Pelet Goldcoin + Dedak Halus
A11	Pelet Goldcoin + Jagung Giling
A12	Pelet Goldcoin + Vitamin Mix
A13	Pelet New Hope + Dedak Halus
A14	Pelet New Hope + Jagung Giling
A15	Pelet New Hope + Tepung Ikan

[Tabel 1](#) menyajikan daftar alternatif kombinasi pakan yang digunakan dalam penelitian ini. Setiap alternatif diberi kode A1 hingga A15 dan merepresentasikan kombinasi antara pakan pelet komersial dengan berbagai bahan tambahan. Kombinasi pakan tersebut disusun untuk mencerminkan variasi komposisi nutrisi yang umum digunakan dalam praktik pemeliharaan bebek petelur. Seluruh alternatif pada [Tabel 1](#). Selanjutnya digunakan sebagai dasar penyusunan matriks keputusan dalam analisis menggunakan metode COCOSO.

2.7. Kriteria dan Bobot Penilaian

Penilaian kriteria dilakukan berdasarkan tujuh kriteria pengambilan keputusan, yaitu kandungan protein, kandungan kalsium, biaya pakan produksi, tingkat produksi telur (HDP), kesehatan bebek, palatabilitas pakan, dan Feed Conversion Ratio. Setiap kriteria diklasifikasikan sebagai kriteria benefit atau cost dan diberikan bobot sesuai tingkat urgensinya terhadap produktivitas bebek petelur. Produksi telur ditempatkan sebagai kriteria utama dengan bobot tertinggi. Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada [Tabel 2](#).

Tabel 2. Kriteria dan Bobot Penilaian Kombinasi Pakan

Kode	Kriteria	Jenis	Bobot
C1	Protein	Benefit	0.20
C2	Kalsium	Benefit	0.15
C3	Biaya Pakan	Cost	0.10
C4	Produksi Telur (HDP)	Benefit	0.25
C5	Kesehatan	Benefit	0.05
C6	Palatabilitas	Benefit	0.05
C7	Feed Conversion Ratio	Cost	0.20

[Tabel 2](#) menunjukkan bahwa produksi telur (C4) memiliki bobot tertinggi karena menjadi indikator utama keberhasilan pakan, sedangkan biaya pakan dan FCR dikategorikan sebagai kriteria cost yang harus diminimalkan. Bobot ditetapkan berdasarkan tingkat urgensi setiap kriteria terhadap produktivitas bebek petelur. Analisis menggunakan metode Combined Compromise Solution (COCOSO) untuk menentukan peringkat alternatif pakan melalui proses normalisasi, pembobotan, dan agregasi nilai. Metode ini dipilih karena mampu menghasilkan perankingan yang stabil dan konsisten pada pengambilan keputusan multikriteria.

2.8. Metode COCOSO

Menyusun Matriks Keputusan

Matriks keputusan dinyatakan sebagai:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max(x_j)} \quad (1)$$

Menentukan Bobot Kriteria

Bobot setiap kriteria dinyatakan dengan:

$$r_{ij} = \frac{\min(x_j)}{x_{ij}} \quad (2)$$

Normalisasi Matriks Keputusan

Normalisasi dilakukan untuk menyamakan skala penilaian.

Untuk kriteria benefit:

$$rij = \frac{x_{ij}}{(\max(x_j))} \quad (3)$$

Untuk kriteria cost:

$$rij = \frac{\min(x_j)}{x_{ij}} \quad (4)$$

Perhitungan Nilai Si

Nilai Si diperoleh dengan menjumlahkan hasil perkalian nilai ternormalisasi dan bobot kriteria:

$$Si = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad (5)$$

Perhitungan Nilai Pi

Nilai Pi dihitung dengan pendekatan perkalian terbobot:

$$Pi = \prod_{j=1}^n (rij) w_j \quad (6)$$

Menghitung Nilai Akhir COCOSO (Qi)

Nilai akhir COCOSO diperoleh dari kombinasi nilai Si dan Pi:

$$Q_i = \alpha S_i + (1 - \alpha) P_i \quad (7)$$

Dengan

α = parameter kompromi, $0 \leq \alpha \leq 1$, (umumnya $\alpha = 0,5$)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Alternatif dan Kriteria

Penelitian ini menggunakan 15 alternatif kombinasi pakan (A1–A15) dan 7 kriteria penilaian (C1–C7). Alternatif yang digunakan merupakan kombinasi antara pakan pelet komersial dengan berbagai bahan tambahan pakan, sedangkan kriteria digunakan untuk mengevaluasi kualitas dan efektivitas kombinasi pakan dalam meningkatkan produktivitas bebek petelur. Alternatif evaluasi dan kriteria penilaian masing-masing telah ditampilkan pada [Tabel 1](#) dan [Tabel 2](#). Berdasarkan kedua tabel tersebut, dilakukan proses analisis dengan metode COCOSO mulai dari normalisasi hingga perhitungan ranking akhir.

3.2. Pembentukan Matriks Keputusan dan Bobot Kriteria

Tahap awal dalam analisis ini adalah menentukan kriteria penilaian dan bobot masing-masing kriteria. Berdasarkan data kebutuhan nutrisi bebek petelur dan aspek ekonomi, ditetapkan 6 kriteria utama (C1 hingga C6) dengan total bobot 1,00. Data awal dari 15 alternatif kombinasi pakan disusun ke dalam matriks keputusan sebagai berikut.

Tabel 3. Data Awal Alternatif

Kode	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	17.5	2.5	95,000	78	4	4	2.6
A2	18	2.8	110,000	82	4.5	4.5	2.4

Kode	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A3	19.5	3	125,000	85	4.8	4	2.1
A4	17	2.4	90,000	75	4.2	3.8	2.8
A5	17.8	2.6	105,000	80	4.4	4.2	2.5
A6	18.5	3.2	130,000	84	4.6	4.5	2.3
A7	16.5	2.3	85,000	70	3.9	3.5	3
A8	17.2	2.5	98,000	76	4.1	3.9	2.7
A9	17.8	2.9	115,000	81	4.3	4	2.5
A10	16	2.2	80,000	68	3.7	3.3	3.2
A11	16.8	2.4	93,000	74	3.9	3.7	2.9
A12	17.5	2.7	108,000	79	4.1	3.8	2.6
A13	15.5	2.1	75,000	65	3.5	3	3.5
A14	16.3	2.3	88,000	72	3.8	3.4	3.1
A15	17	2.9	112,000	83	4.5	4.1	2.4

Tabel 3 menyajikan data awal seluruh alternatif pakan (A1–A15) terhadap masing-masing kriteria penilaian (C1–C7). Kriteria tersebut mencerminkan parameter nutrisi, performa produksi, serta efisiensi biaya yang dibutuhkan dalam proses evaluasi multi-kriteria. Data pada tabel ini berfungsi sebagai input dasar dalam tahapan analisis menggunakan metode COCOSO, yang selanjutnya akan melalui proses normalisasi, pembobotan, dan agregasi untuk memperoleh peringkat akhir setiap alternatif. Keberadaan data awal ini penting karena memungkinkan model penilaian menangkap variasi antar alternatif pada tujuh dimensi penilaian, sehingga hasil evaluasi tidak hanya bersifat parsial tetapi mencerminkan kondisi multidimensional yang relevan dalam formulasi pakan bebek petelur.

3.3. Normalisasi Matriks Keputusan

Setelah matriks keputusan terbentuk, langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi menggunakan rumus metode COCOSO. Proses ini bertujuan untuk menyamakan skala nilai dari setiap kriteria, baik itu kriteria bertipe *benefit* (seperti protein dan HDP) maupun *cost* (seperti harga dan FCR).

Tabel 4. Hasil Normalisasi Matriks Keputusan

Kode	C1(Benefit)	C2(Benefit)	C3(Cost)	C4(Benefit)	C5(Benefit)	C6(Benefit)	C7(Cost)
A1	0.897435897	0.78125	0.789473684	0.917647059	0.833333333	0.888888889	0.807692308
A2	0.923076923	0.875	0.681818182	0.964705882	0.9375	1	0.875
A3	1	0.9375	0.6	1	1	0.888888889	1
A4	0.871794872	0.75	0.833333333	0.882352941	0.875	0.844444444	0.75
A5	0.912820513	0.8125	0.714285714	0.941176471	0.916666667	0.933333333	0.84
A6	0.948717949	1	0.576923077	0.988235294	0.958333333	1	0.913043478
A7	0.846153846	0.71875	0.882352941	0.823529412	0.8125	0.777777778	0.7
A8	0.882051282	0.78125	0.765306122	0.894117647	0.854166667	0.866666667	0.777777778
A9	0.912820513	0.90625	0.652173913	0.952941176	0.895833333	0.888888889	0.84
A10	0.820512821	0.6875	0.9375	0.8	0.770833333	0.733333333	0.65625
A11	0.861538462	0.75	0.806451613	0.870588235	0.8125	0.822222222	0.724137931
A12	0.897435897	0.84375	0.694444444	0.929411765	0.854166667	0.844444444	0.807692308
A13	0.794871795	0.65625	1	0.764705882	0.729166667	0.666666667	0.6
A14	0.835897436	0.71875	0.852272727	0.847058824	0.791666667	0.755555556	0.677419355
A15	0.871794872	0.90625	0.669642857	0.976470588	0.9375	0.911111111	0.875

Tabel 4 menampilkan hasil normalisasi terhadap seluruh alternatif (A1–A15) berdasarkan tujuh kriteria penilaian (C1–C7), di mana kriteria bertipe benefit dinormalisasi secara proporsional terhadap nilai maksimum, sementara kriteria bertipe cost dinormalisasi terhadap nilai minimum. Proses normalisasi diperlukan untuk menyetarakan skala antar kriteria, sehingga tidak terjadi dominasi kriteria tertentu akibat perbedaan satuan maupun rentang nilai. Nilai yang diperoleh dari tahap ini selanjutnya digunakan dalam proses pembobotan dan agregasi pada metode COCOSO untuk menghasilkan nilai utilitas kompromi dan peringkat akhir setiap alternatif. Dengan demikian, normalisasi ini berperan sebagai tahapan krusial dalam memastikan evaluasi multi-kriteria berlangsung objektif dan adil terhadap seluruh alternatif.

3.4. Perhitungan Nilai Agregasi Penjumlahan (S_i) dan Perkalian (P_i)

Berdasarkan matriks yang telah dinormalisasi dan dikalikan dengan bobot kriteria, dilakukan perhitungan nilai agregasi penjumlahan (S_i) dan agregasi perkalian (P_i) untuk setiap alternatif. Nilai S_i menunjukkan total skor berdasarkan penjumlahan terbobot, sedangkan P_i menunjukkan skor berdasarkan eksponensial bobot.

Tabel 5. Nilai Agregasi S_i dan P_i

Kode	(S_i)	(P_i)
A1	0.852683	0.850853
A2	0.897099	0.892924
A3	0.945069	0.935520
A4	0.826753	0.824662
A5	0.871662	0.868608
A6	0.925020	0.915015
A7	0.790675	0.787978
A8	0.835255	0.833471
A9	0.879190	0.874534
A10	0.767436	0.762789
A11	0.809664	0.807477
A12	0.854316	0.851341
A13	0.738380	0.730231
A14	0.784829	0.781566
A15	0.888809	0.884398

Tabel 5 menampilkan nilai agregasi S_i dan P_i yang dihasilkan dari proses perhitungan metode COCOSO pada tahap kompromi dan utilitas. Nilai S_i menggambarkan agregasi berbasis *compromise programming*, sedangkan P_i menggambarkan agregasi berbasis *geometric utility*. Keduanya menunjukkan performa relatif tiap alternatif setelah melalui normalisasi dan pembobotan.

Variasi nilai pada S_i dan P_i mencerminkan perbedaan tingkat dominasi alternatif terhadap kriteria penilaian. Nilai ini menjadi dasar untuk menghitung nilai akhir kompromi (K_i) yang kemudian digunakan dalam penyusunan peringkat akhir. Dengan demikian, S_i dan P_i berperan sebagai komponen penting dalam mekanisme integratif COCOSO sebelum proses *final ranking* dilakukan.

3.5. Penentuan Nilai Strategi Kompromi dan Perankingan

Langkah terakhir dalam metode COCOSO adalah menghitung nilai strategi kompromi (Q_i) yang menggabungkan tiga skor penilaian relatif (k_a , k_b , k_c) dengan parameter $a=0,5$. Nilai Q_i akhir digunakan sebagai dasar penentuan peringkat alternatif kombinasi pakan terbaik.

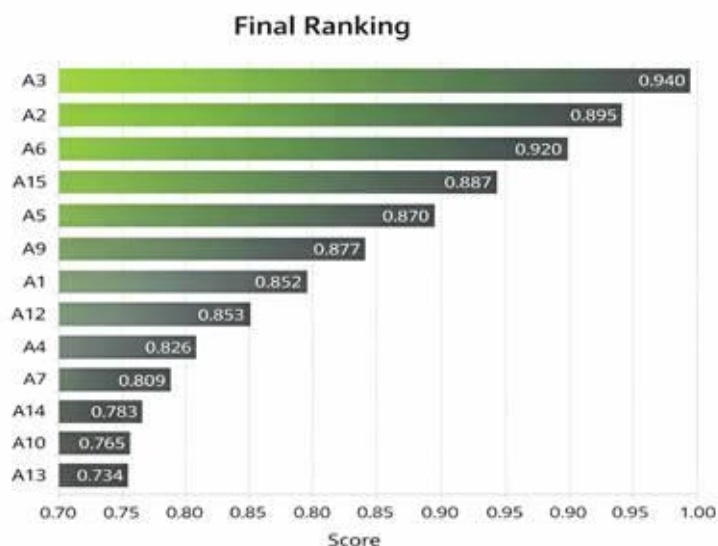
Tabel 6. Data Q_i

Kode	Q_i
A1	0.851768039
A2	0.895011393
A3	0.940294845
A4	0.825707134
A5	0.870134884
A6	0.920017765
A7	0.789326419
A8	0.834362815
A9	0.87686224
A10	0.765112573
A11	0.808570194
A12	0.852828416
A13	0.734305653
A14	0.78319732
A15	0.886603655

Tabel 6 menampilkan nilai Q_i sebagai hasil integrasi antara nilai S_i dan P_i pada metode COCOSO. Nilai Q_i digunakan sebagai indikator kinerja komprehensif setiap alternatif terhadap seluruh kriteria penilaian. Semakin tinggi nilai Q_i , semakin layak alternatif tersebut dalam perspektif multi-kriteria karena mencerminkan keseimbangan antara aspek nutrisi, performa produksi, dan biaya.

Perbedaan nilai Q_i antar alternatif menunjukkan variasi tingkat performa relatif setiap alternatif. Nilai Q_i inilah yang kemudian menjadi dasar penyusunan peringkat akhir, sehingga proses pemilihan alternatif dapat dilakukan secara objektif dan terukur sesuai prinsip kompromi dalam metode COCOSO.

Berdasarkan seluruh rangkaian perhitungan di atas, dapat dilihat adanya urutan prioritas yang jelas bagi peternak dalam memilih kombinasi pakan. Hasil menunjukkan bahwa alternatif A3 (Pelet BR1 + Bungkil Kedelai) secara konsisten menempati posisi teratas berkat keseimbangan antara kandungan protein yang tinggi dan performa produksi (HDP) yang optimal dibandingkan alternatif lainnya.



Gambar 2. Hasil Peringkat

Gambar 2 menunjukkan grafik peringkat akhir alternatif berdasarkan nilai Q_i dari metode COCOSO. Grafik berbentuk batang horizontal dengan sumbu horizontal menampilkan nilai Q_i dan sumbu vertikal menampilkan kode alternatif. Penyusunan dari atas ke bawah menunjukkan urutan peringkat dari yang tertinggi hingga terendah sehingga memudahkan perbandingan visual antar alternatif.

Dari hasil grafik, A3 berada pada peringkat pertama dengan nilai Q_i tertinggi (0,940), diikuti A6 (0,920) dan A2 (0,895). Alternatif seperti A15, A5, dan A9 menempati posisi menengah, sedangkan A13 berada di peringkat paling rendah dengan nilai Q_i 0,734. Perbedaan warna pada batang membantu mengidentifikasi tingkat prioritas, di mana warna hijau menunjukkan nilai Q_i lebih tinggi dan warna menuju abu-abu menunjukkan nilai lebih rendah. Grafik ini memberikan gambaran yang jelas mengenai alternatif yang paling optimal hingga yang kurang layak.

3.6. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Combined Compromise Solution* (COCOSO) mampu menghasilkan pemeringkatan alternatif kombinasi pakan secara komprehensif dengan mempertimbangkan aspek nutrisi, performa produksi, dan biaya secara simultan. Berdasarkan hasil perhitungan, alternatif A3 memperoleh nilai preferensi tertinggi (K_i), diikuti oleh A6 dan A2. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi pakan pada alternatif tersebut memiliki keseimbangan optimal antara kandungan nutrisi, efisiensi pakan, serta biaya produksi dibandingkan alternatif lainnya.

Keunggulan alternatif A3 tidak hanya disebabkan oleh tingginya satu kriteria tertentu, tetapi merupakan hasil dari kombinasi performa yang relatif stabil pada seluruh kriteria yang digunakan. Hal ini sejalan dengan konsep evaluasi multi-kriteria, di mana alternatif terbaik bukanlah yang unggul pada satu aspek saja, melainkan yang mampu memberikan kompromi optimal antar seluruh kriteria [14], [15]. Dalam konteks nutrisi ternak, keseimbangan antara protein, kalsium, efisiensi konversi pakan (*Feed Conversion Ratio*), serta biaya menjadi faktor penting dalam menentukan produktivitas bebek petelur secara berkelanjutan [2], [3], [8].

Temuan ini berbeda dengan pendekatan penelitian sebelumnya yang cenderung bersifat mono-kriteria, seperti hanya berfokus pada pengaruh nutrisi tertentu terhadap performa produksi. Studi-studi tersebut umumnya mengevaluasi faktor tunggal seperti protein atau suplementasi tertentu tanpa mempertimbangkan interaksi antar variabel secara menyeluruh [1]–[3]. Pendekatan tersebut berpotensi menghasilkan keputusan yang kurang optimal karena tidak mencerminkan kompleksitas sistem nutrisi ternak yang sesungguhnya.

Selain itu, metode formulasi pakan konvensional seperti *least-cost formulation* dan optimasi berbasis program linear memang efektif dalam menekan biaya produksi, namun memiliki keterbatasan dalam mengakomodasi berbagai kriteria non-ekonomis [4], [9]. Penelitian lain menunjukkan bahwa pendekatan optimasi modern seperti *multi-objective optimization* mulai mengintegrasikan lebih dari satu tujuan, namun masih memerlukan kerangka pengambilan keputusan yang mampu mengakomodasi preferensi dan bobot antar kriteria secara fleksibel [10], [11]. Oleh karena itu, formulasi

pakan pada dasarnya merupakan permasalahan *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) yang kompleks dan memerlukan pendekatan yang lebih komprehensif [12], [13].

Dalam penelitian ini, metode COCOSO digunakan karena kemampuannya dalam menggabungkan beberapa strategi agregasi untuk menghasilkan solusi kompromi yang lebih stabil dan konsisten. Dibandingkan dengan metode MCDM lainnya seperti TOPSIS atau VIKOR, COCOSO memiliki keunggulan dalam hal robustnes hasil perankingan dan sensitivitas terhadap perubahan bobot kriteria [17], [18]. Hal ini didukung oleh berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa metode COCOSO memiliki performa yang baik dalam berbagai konteks pengambilan keputusan kompleks, seperti manajemen energi, rekayasa, dan sistem industri [19]–[21].

Lebih lanjut, penerapan metode COCOSO dalam bidang agrikultur juga menunjukkan kemampuan dalam menangkap kompleksitas multidimensi, khususnya ketika terdapat perbedaan bobot antara aspek ekonomi dan teknis [22], [23]. Dalam konteks penelitian ini, perbedaan bobot antara kriteria nutrisi, biaya, dan performa produksi dapat diakomodasi secara efektif sehingga menghasilkan peringkat alternatif yang lebih realistis dan sesuai dengan kondisi lapangan. Hal ini memperkuat temuan bahwa alternatif dengan kandungan nutrisi tinggi belum tentu menjadi pilihan optimal apabila tidak didukung oleh efisiensi biaya dan performa produksi yang baik.

Implikasi praktis dari penelitian ini adalah memberikan dasar pengambilan keputusan yang lebih objektif bagi peternak dalam menentukan strategi kombinasi pakan. Dengan menggunakan pendekatan MCDM, peternak tidak hanya mempertimbangkan satu aspek seperti biaya atau nutrisi, tetapi juga mampu mengevaluasi berbagai faktor secara terintegrasi sehingga dapat meningkatkan efisiensi usaha dan produktivitas secara berkelanjutan [5], [6].

Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini terletak pada penerapan metode COCOSO dalam konteks formulasi pakan bebek petelur yang mengintegrasikan aspek nutrisi, performa produksi, dan ekonomi dalam satu model pengambilan keputusan. Pendekatan ini tidak hanya mengisi kesenjangan penelitian sebelumnya, tetapi juga memperkuat peran metode MCDM sebagai alat analisis yang efektif dalam menyelesaikan permasalahan optimasi multidimensi di sektor peternakan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa formulasi kombinasi pakan bebek petelur merupakan permasalahan multi-criteria decision making (MCDM) yang memerlukan pendekatan terintegrasi antara aspek nutrisi, performa produksi, dan biaya. Penerapan metode Combined Compromise Solution (COCOSO) mampu menghasilkan pemeringkatan alternatif secara komprehensif melalui proses agregasi multi-kriteria yang sistematis.

Berdasarkan hasil analisis, alternatif A3 memperoleh nilai preferensi (K_i) tertinggi, diikuti oleh A6 dan A2, sehingga dinyatakan sebagai kombinasi pakan paling optimal. Hasil ini menunjukkan bahwa alternatif terbaik bukan hanya ditentukan oleh satu kriteria tertentu, tetapi oleh keseimbangan optimal antar seluruh kriteria yang digunakan, termasuk kandungan nutrisi, efisiensi pakan, dan biaya produksi.

Secara praktis, penelitian ini memberikan kontribusi sebagai model pengambilan keputusan yang lebih objektif dan terstruktur bagi peternak dan formulator pakan dalam menentukan strategi kombinasi pakan yang efisien dan berkelanjutan. Secara teoretis, penelitian ini memperkuat penerapan metode MCDM, khususnya COCOSO, dalam bidang peternakan yang sebelumnya masih terbatas.

Untuk penelitian selanjutnya, model dapat dikembangkan dengan menambahkan variabel dinamis seperti fluktuasi harga bahan pakan, kualitas produk telur, serta preferensi peternak. Selain itu, penggunaan metode pembobotan kriteria yang berbeda atau pendekatan hibrid MCDM juga berpotensi meningkatkan akurasi dan sensitivitas hasil pengambilan keputusan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Su et al., "Effects of essential oil on growth performance, digestibility, immunity, and intestinal health in broilers," *Poultry Science*, vol. 100, no. 8, p. 101242, Aug. 2021, doi: [10.1016/j.psj.2021.101242](https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101242).
- [2] Y. Jin et al., "Dietary supplementation with 25-hydroxyvitamin D3 regulates productive performance, lipid metabolism and gut microbiota in aged laying ducks," *Animal Nutrition*, vol. 19, pp. 90–103, Dec. 2024, doi: [10.1016/j.aninu.2024.04.029](https://doi.org/10.1016/j.aninu.2024.04.029).
- [3] Y. Li et al., "Effects of adding a kind of compound bio-enzyme to the diet on the production performance, serum immunity, and intestinal health of Pekin ducks," *Poultry Science*, vol. 104, no. 1, p. 104506, Jan. 2025, doi: [10.1016/j.psj.2024.104506](https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104506).
- [4] G. M. Pesti, M. Choct, P. V. Chrystal, M. R. Bedford, and A. F. Moss, "Teaching the principles of least-cost poultry feed formulation utilizing the Solver function within a computer software workbook," *Poultry Science*, vol. 103, no. 6, p. 103636, June 2024, doi: [10.1016/j.psj.2024.103636](https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103636).
- [5] O. Akintan, K. G. Gebremedhin, and D. D. Uyeh, "Animal Feed Formulation—Connecting Technologies to Build a Resilient and Sustainable System," *Animals*, vol. 14, no. 10, p. 1497, 2024, doi: [10.3390/ani14101497](https://doi.org/10.3390/ani14101497).
- [6] A. Wilfart, F. Garcia-Launay, F. Terrier, E. Soudé, P. Aguirre, and S. Skiba-Cassy, "A step towards sustainable aquaculture: Multiobjective feed formulation reduces environmental impacts at feed and farm levels for rainbow trout," *Aquaculture*, vol. 562, p. 738826, Jan. 2023, doi: [10.1016/j.aquaculture.2022.738826](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738826).

- [7] D. B. Akakpo, I. J. M. de Boer, S. Adjei-Nsiah, A. J. Duncan, K. E. Giller, and S. J. Oosting, "Evaluating the effects of storage conditions on dry matter loss and nutritional quality of grain legume fodders in West Africa," *Animal Feed Science and Technology*, vol. 262, p. 114419, Apr. 2020, doi: [10.1016/j.anifeeds.2020.114419](https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2020.114419).
- [8] Q. Guo et al., "Genome-Wide Association Study of Feed Efficiency Related Traits in Ducks," *Animals*, vol. 12, no. 12, p. 1532, 2022, doi: [10.3390/ani12121532](https://doi.org/10.3390/ani12121532).
- [9] G. D. Uribe-Guerra, D. A. Múnera-Ramírez, and J. D. Arias-Londoño, "Feed formulation using multi-objective Bayesian optimization," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 224, p. 109173, Sept. 2024, doi: [10.1016/j.compag.2024.109173](https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109173).
- [10] R. I. Sawadogo, V. Millogo, M. Sissao, M. Kere, W. A. Sawadogo, and M. Séré, "Simulation and Optimization of Available Local Feed Resources for Dairy Cattle in Burkina Faso," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 24, p. 11891, 2024, doi: [10.3390/app142411891](https://doi.org/10.3390/app142411891).
- [11] A. Tighnavard Balasbانه, S. Aldrovandi, and W. Sher, "A Systematic Review of Implementing Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Approaches for the Circular Economy and Cost Assessment," *Sustainability*, vol. 17, no. 11, p. 5007, 2025, doi: [10.3390/su17115007](https://doi.org/10.3390/su17115007).
- [12] G. D. Uribe-Guerra, D. A. Múnera-Ramírez, and J. D. Arias-Londoño, "Feed formulation using multi-objective Bayesian optimization," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 224, p. 109173, Sept. 2024, doi: [10.1016/j.compag.2024.109173](https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109173).
- [13] N. Gupta, P. Garg, and N. Ahuja, "An integrated pythagorean fuzzy delphi-AHP-CoCoSo approach for exploring barriers and mitigation strategies for sustainable supply chain in the food industry," *Supply Chain Analytics*, vol. 10, p. 100105, June 2025, doi: [10.1016/j.sca.2025.100105](https://doi.org/10.1016/j.sca.2025.100105).
- [14] T. Zhai, D. Wang, Q. Zhang, P. Saeidi, and A. Raj Mishra, "Assessment of the agriculture supply chain risks for investments of agricultural small and medium-sized enterprises (SMEs) using the decision support model," *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, vol. 36, no. 2, p. 2126991, July 2023, doi: [10.1080/1331677X.2022.2126991](https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2126991).
- [15] T. K. Trang Le, H. P. Nguyen, and N. Q. Nguyen, "Assessing Vietnam's sustainable agritourism by integrated multi-criteria decision-making approach," *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 11, no. 4, p. 100652, Dec. 2025, doi: [10.1016/j.joitmc.2025.100652](https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2025.100652).
- [16] A. Eisa, M. AbouHawa, and M. Fattouh, "Multi-objective optimization of HS-WEDM for hole cutting in thin-walled CFRP composites using COCOSO and genetic algorithms," *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, June 2024, doi: [10.1016/j.jksues.2024.06.001](https://doi.org/10.1016/j.jksues.2024.06.001).
- [17] P. P. Dwivedi and D. K. Sharma, "Application of Shannon Entropy and COCOSO techniques to analyze performance of sustainable development goals: The case of the Indian Union Territories," *Results in Engineering*, vol. 14, p. 100416, June 2022, doi: [10.1016/j.rineng.2022.100416](https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100416).
- [18] A. Mahboob, L. Amin, M. W. Rasheed, and J. Karamat, "Multi-criteria decision making: Revealing Afinitor as the leading brain tumor drug Using CRITIC, CoCoSo, and MABAC methods combined with QSPR analysis via Banhatti indices," *Computers in Biology and Medicine*, vol. 188, p. 109820, Apr. 2025, doi: [10.1016/j.combiomed.2025.109820](https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2025.109820).
- [19] R. Mahajan, S. Biswas, V. Simic, D. Pamucar, A. Baidya, and U. K. Bera, "Emergency medical facility site selection in drone-based relief operations using an enhanced T-spherical fuzzy frank combined compromise solution method," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 161, p. 112140, Dec. 2025, doi: [10.1016/j.engappai.2025.112140](https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.112140).
- [20] S. Ashraf, W. Iqbal, M. Naeem, V. Simic, B. Batool, and D. Pamucar, "A disc-spherical fuzzy combined compromise solution for efficient smart grid energy management," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 159, p. 111196, Nov. 2025, doi: [10.1016/j.engappai.2025.111196](https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.111196).
- [21] Y. N. Alves et al., "Utilization of the Hybrid PSI-CoCoSo Method for Product Assortment Management in a Microenterprise of Handmade Cookies," *Procedia Computer Science*, vol. 266, pp. 456–463, Jan. 2025, doi: [10.1016/j.procs.2025.08.058](https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.08.058).
- [22] M. Maliha, T. U. Rashid, and M. M. Rahman, "Fabrication of collagen-sodium alginate based antibacterial and edible packaging material: Performance evaluation using Entropy-Combined Compromise Solution (CoCoSo)," *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, vol. 8, p. 100582, Dec. 2024, doi: [10.1016/j.carpta.2024.100582](https://doi.org/10.1016/j.carpta.2024.100582).
- [23] S. Huang, K. Li, M. Tan, and H. Cheng, "Evaluating Regional Agricultural Resilience Using Dynamic CoCoSo with Hybrid Weights: A Case Study of Sichuan, China," *Agriculture*, vol. 15, no. 21, p. 2257, 2025, doi: [10.3390/agriculture15212257](https://doi.org/10.3390/agriculture15212257).
- [24] N. Gupta, P. Garg, and N. Ahuja, "An integrated pythagorean fuzzy delphi-AHP-CoCoSo approach for exploring barriers and mitigation strategies for sustainable supply chain in the food industry," *Supply Chain Analytics*, vol. 10, p. 100105, June 2025, doi: [10.1016/j.sca.2025.100105](https://doi.org/10.1016/j.sca.2025.100105).
- [25] S. Huang, H. Cheng, M. Tan, Z. Tang, and C. Teng, "Evaluating Regional Potentials of Agricultural E-Commerce Development Using a Novel MEREC Heronian-CoCoSo Approach," *Agriculture*, vol. 14, no. 8, p. 1338, 2024, doi: [10.3390/agriculture14081338](https://doi.org/10.3390/agriculture14081338)

BIOGRAFI PENULIS

Harlan Kurnia AR, S. Kom., M. Kom., e-mail: harlankurnia@upiypk.ac.id, lulus S1 di Program Studi Sistem Komputer Universitas Putra Indonesia YPTK Padang tahun 2013. Lulus S2 di Program Magister Teknik Informatika Universitas Putra Indonesia YPTK Padang tahun 2020. Tahun 2021 menjadi dosen di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Putra Indonesia YPTK Padang Program Studi S1 Teknik Informatika. Sekarang sedang aktif melakukan penelitian dibidang robotik, sistem kontrol dan Internet Of Things.



Raditya Abdillah Putra, e-mail: radityaabdillahputra@gmail.com Afiliasi: Program Studi Sistem Informasi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara (UINSU), Raditya Abdillah Putra adalah mahasiswa Program Studi Sistem Informasi di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara (UINSU). Ia berkomitmen dalam mengeksplorasi metodologi komputasional yang dapat memberikan solusi praktis bagi tantangan manajemen dan teknologi.



Dwi Andini, e-mail: dwidni12@gmail.com Afiliasi: Program Studi Sistem Informasi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara (UINSU), Biografi: Dwi Andini merupakan mahasiswa Program Studi Sistem Informasi di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara (UINSU). Bidang ketertarikannya mencakup analisis data serta pemodelan sistem informasi sebagai sarana untuk meningkatkan efektivitas proses pengambilan keputusan. Dwi memiliki komitmen untuk mendalami berbagai metodologi komputasional yang mampu menawarkan solusi aplikatif bagi permasalahan di ranah manajemen dan teknologi.



Nazwa Chairunnisa Hamid Siagian, e-mail: nzetz81@gmail.com Afiliasi: Program Studi Sistem Informasi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara (UINSU), Biografi: Nazwa Chairunnisa Hamid Siagian merupakan mahasiswa Program Studi Sistem Informasi di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara (UINSU) Bidang ketertarikannya mencakup analisis data serta perancangan model sistem informasi guna menunjang proses pengambilan keputusan yang lebih efektif. Raditya berfokus pada pengembangan pendekatan komputasional yang mampu menghadirkan solusi aplikatif bagi dunia manajemen dan teknologis



Muhammad Alfaridho, e-mail: muhammadalfarido1502@gmail.com Afiliasi: Program Studi Sistem Informasi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara (UINSU), Biografi: Muhammad Alfaridho merupakan mahasiswa Program Studi Sistem Informasi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara (UINSU). Fokus minatnya meliputi analisis data dan pemodelan sistem informasi guna mendukung pengambilan keputusan yang efektif dan berbasis komputasi di bidang manajemen dan teknologi.



Hazlah Aqillah, e-mail: hazlahaqillah@gmail.com Afiliasi: Program Studi Sistem Informasi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara (UINSU) Biografi: Hazlah Aqillah merupakan mahasiswa Program Studi Sistem Informasi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara (UINSU). Minat kajiannya meliputi analisis data dan perancangan model sistem informasi dalam mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif. Ia berfokus pada pengembangan pendekatan komputasional yang mampu memberikan solusi aplikatif di bidang manajemen dan teknologi.

Cara Sitasi:

H.K. AR, R.A. Putra, D. Andini, N.C.H. Siagian, M. Alfaridho and H. Aqillah, "Optimization of Laying Duck Feed Combinations Using the COCOSO Method", *Sistem Pendukung Keputusan dengan Aplikasi*, vol. 5, no. 1, pp. 33-43, March. 2026.