

Dampak Ekonomi Pemberian Nanokapsul Ekstrak Kulit Manggis sebagai *Feed Additive* Fitogenik pada Broiler Terinfeksi Avian Pathogenic *E. coli*

Economic Impact of Administering Mangosteen Peel Extract Nanocapsules as a Phytogenic Feed Additive to Broilers Infected with Avian Pathogenic *E. coli*

Andri Kusmayadi, Ristina Siti Sundari*

Progam Studi Peternakan, Fakultas Pertanian Universitas Perjuangan Tasikmalaya
Jl. PETA No. 177 Tasikmalaya 46115, Jawa Barat, Indonesia

*Email: ristinasitisundari@unper.ac.id

(Diterima 10-11-2025; Disetujui 21-01-2026)

ABSTRAK

Infeksi *Avian Pathogenic Escherichia coli* (APEC) merupakan salah satu tantangan utama dalam budidaya broiler intensif, karena menurunkan performa produksi dan meningkatkan biaya pengobatan. Di sisi lain, penggunaan feed additive fitogenik berbasis bahan alami seperti kulit manggis mulai dilirik sebagai alternatif yang lebih aman dan berkelanjutan. Teknologi nanokapsul memungkinkan pelepasan zat aktif secara efisien, namun kelayakan ekonominya masih perlu dikaji secara sistematis. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak ekonomi pemberian nanokapsul ekstrak kulit manggis sebagai feed additive fitogenik pada broiler yang terinfeksi APEC. Analisis dilakukan melalui pendekatan *Income Over Feed Cost* (IOFC), *Break Even Value* (BEV), dan simulasi sensitivitas terhadap harga pakan dan performa biologis. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan additive ini meningkatkan efisiensi pakan dan margin keuntungan, terutama pada skenario penjualan karkas. Simulasi menghasilkan batas harga bahan aktif yang masih layak secara ekonomi (P_{aBE} dan P_{EFE}), yang bervariasi sesuai tingkat efisiensi dan kondisi pasar. Pendekatan ini memberikan kerangka kerja praktis bagi peternak untuk merancang formulasi pakan yang adaptif, efisien, dan berkelanjutan.

Kata kunci: ekstrak kulit manggis, fitogenik, IOFC, nanokapsul

ABSTRACT

Avian Pathogenic Escherichia coli (APEC) infection poses a significant challenge in intensive broiler farming, as it compromises production performance and increases treatment costs. Meanwhile, phytogenic feed additives derived from natural ingredients such as mangosteen peel are gaining attention as safer and more sustainable alternatives. Nanocapsule technology enables efficient release of active compounds, but its economic feasibility requires systematic evaluation. This study aims to assess the economic impact of using mangosteen peel extract nanocapsules as a phytogenic feed additive in broilers infected with APEC. The analysis was conducted using *Income Over Feed Cost* (IOFC), *Break-Even Value* (BEV), and sensitivity simulations based on feed price and biological performance. Results indicate that the additive improves feed efficiency and profit margins, especially under carcass-based marketing scenarios. Simulations yielded economically viable thresholds for active ingredient pricing (P_{aBE} and P_{EFE}), which vary according to efficiency levels and market conditions. This approach offers a practical framework for farmers to design adaptive, efficient, and sustainable feed formulations.

Keywords: IOFC, mangosteen peel extrac, nanocapsule, phytogenic

PENDAHULUAN

Industri perunggasan, khususnya produksi broiler, memegang peran strategis dalam ketahanan pangan dan perekonomian lokal karena kemampuan produksinya yang cepat serta permintaan pasar yang stabil. Namun intensifikasi produksi memperbesar risiko serangan penyakit infeksius; salah satu patogen yang paling merugikan adalah *Avian Pathogenic Escherichia coli* (APEC) yang menyebabkan kolibasilosis dengan manifestasi seperti septicemia, peritonitis, dan lesi organ lainnya sehingga menurunkan performa produksi dan meningkatkan angka mortalitas (Konold et al., 2020). Dampak ekonomi APEC meliputi kehilangan bobot panen, kenaikan feed conversion ratio (FCR),

biaya terapi dan pengawasan, serta penurunan nilai karkas sehingga menggerus margin keuntungan peternak (Konold et al., 2020) (Pratiwi & Noviadi, 2018).

Praktik lapang tradisional untuk mengendalikan APEC dan masalah produksi lainnya sering mengandalkan penggunaan antibiotik sebagai growth promoter dan agen terapeutik. Penggunaan antibiotik subterapeutik dalam jangka panjang meningkatkan efisiensi pertumbuhan namun berdampak pada munculnya resistensi antimikroba (AMR) yang mengancam kesehatan hewan, manusia, dan lingkungan (FAO et al., 2016) serta memicu pembatasan regulasi dan tekanan pasar terhadap residu antibiotik dalam produk hewani. Dorongan regulasi global dan preferensi konsumen terhadap produk bebas residu mendorong pengembangan alternatif feed additive yang aman, efektif, dan ekonomis untuk menggantikan atau mengurangi penggunaan antibiotik konvensional (FAO et al., 2016) (Konold et al., 2020) (FAO et al., 2016; Konold et al., 2020).

Phytogenic feed additives termasuk ekstrak tumbuhan, minyak atsiri, flavonoid, dan senyawa fenolik menjadi kandidat menarik karena sifat antimikroba, antiinflamasi, antioksidan, dan efek imunomodulator yang berpotensi meningkatkan kesehatan saluran cerna dan efisiensi pakan broiler (Luca et al., 2019). Salah satu sumber fitokimia yang prospektif adalah kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.), limbah agroindustri yang mengandung xanthone (misalnya α -mangostin dan γ -mangostin), tanin, dan flavonoid yang terbukti memiliki aktivitas antibakteri terhadap berbagai bakteri gram negatif termasuk *Escherichia coli*, serta aktivitas antioksidan dan antiinflamasi yang kuat (Bharucha et al., 2018; Luciferase et al., 2020). Kajian in vitro dan beberapa studi in vivo menunjukkan bahwa ekstrak kulit manggis mampu menekan pertumbuhan patogen, mengurangi stres oksidatif, dan memodulasi respon imun sehingga menurunkan angka kematian dan meningkatkan performa pada model hewan percobaan (Bharucha et al., 2018; Pabich, 2019).

Meskipun potensial, pemanfaatan langsung fitokimia menghadapi tantangan teknis seperti kestabilan senyawa yang rentan terdegradasi, kelarutan rendah, dan bioavailabilitas yang terbatas ketika disampaikan melalui pakan. Senyawa lipofilik seperti xanthone rentan terhadap degradasi oksidatif dan metabolisme pra-sistemik sehingga efektivitas in vivo dapat berkurang tanpa strategi penghantaran yang tepat. Teknologi nanokapsulasi muncul sebagai solusi untuk meningkatkan stabilitas senyawa, pelepasan terkontrol, dan penyerapan senyawa aktif; dengan mengenkapsulasi ekstrak ke dalam matriks polimer atau lipid berukuran nano, melalui dinding usus (biodisponibilitas) dapat ditingkatkan (Pabich, 2019; Ruocco et al., 2020) sekaligus memungkinkan pencampuran lebih homogen dalam premix pakan.

Formulasi nanokapsul juga dapat mengurangi rasa atau bau yang tidak diinginkan dari ekstrak, sehingga konsumsi pakan tidak terganggu dan homogenitas dosing menjadi lebih terjaga pada skala pabrik pakan. Nanoteknologi pakan menunjukkan perbaikan pelepasan terkontrol dan perlindungan senyawa aktif terhadap kondisi pencernaan yang keras, yang selanjutnya dapat meningkatkan efek terapeutik atau fungsional di lokasi target dalam saluran pencernaan unggas (Ruocco et al., 2020).

Namun aspek biologis dan formulasi saja tidak cukup untuk mendorong adopsi teknologi baru pada peternak; evaluasi ekonomi menjadi penentu keputusan. Evaluasi ekonomi menjadi kunci dalam adopsi teknologi baru oleh peternak. *Income Over Feed Cost (IOFC)* merupakan indikator keuangan yang sering dipakai praktisi perunggasan karena menyorot kontribusi pakan terhadap margin usaha: IOFC dihitung sebagai pendapatan kotor penjualan dikurangi biaya pakan, dan sangat sensitif terhadap perubahan FCR serta bobot panen karena pakan biasanya menyumbang persentase biaya terbesar (>50%) dalam budidaya broiler (Choeroni, 2023; Penstate, 2023). Dengan dasar ini, intervensi yang sedikit menaikkan biaya pakan tetapi signifikan memperbaiki FCR atau bobot panen dapat menghasilkan IOFC yang lebih tinggi dan meningkatkan profitabilitas peternak.

Berbagai studi yang menguji phytogenic feed additives pada broiler melaporkan perbaikan parameter produksi seperti penurunan FCR, peningkatan average daily gain (ADG), dan pengurangan mortalitas, meskipun hasilnya dapat bervariasi bergantung pada bahan, dosis, dan kondisi tantangan biologis. Namun, kombinasi antara formulasi nanoteknologi dengan ekstrak kulit manggis terutama diuji pada kondisi tantangan infeksi APEC masih relatif jarang dan literatur yang mengintegrasikan hasil biologis dengan analisis IOFC komprehensif pada skenario usaha komersial masih terbatas. Kekurangan bukti ekonomi inilah yang menjadi hambatan utama bagi translasi teknologi dari penelitian ke adopsi lapang oleh peternak dan produsen pakan (Fitriani, 2023; Pratiwi & Noviadi, 2018).

Analisis sensitivitas ekonomi penting dilakukan untuk memetakan robustness hasil terhadap fluktuasi harga pakan, harga jual karkas, dan biaya produksi nanokapsul; pendekatan ini membantu

mengidentifikasi titik break-even dan rentang kondisi pasar di mana penggunaan nanokapsul kulit manggis menjadi menguntungkan bagi peternak (Fitriani, 2023; Pratiwi & Noviadi, 2018; Rigitno et al., 2020). Selain itu, pemanfaatan kulit manggis sebagai bahan baku mendukung prinsip ekonomi sirkular dengan menambah nilai pada limbah agroindustri lokal, sehingga memiliki implikasi ekologis dan sosial termasuk pengurangan limbah dan peningkatan pendapatan pada rantai pasok buah tropis.

Dengan latar tersebut, penelitian ini berupaya menggabungkan bukti biologis dan analisis ekonomi praktis untuk menilai dampak ekonomi nanokapsul ekstrak kulit manggis sebagai feed additive fitogenik pada broiler yang terinfeksi APEC, sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai dasar rekomendasi kebijakan, inovasi industri pakan, dan strategi adopsi lapang oleh peternak.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk Menyusun dan menerapkan model ekonomi berbasis Income Over Feed Cost (IOFC) untuk menilai kelayakan penggunaan nanokapsul ekstrak kulit manggis sebagai feed additive pada produksi broiler. Model ini menghitung IOFC per batch, per ekor, dan per kg karkas; menentukan break-even cost untuk additive; serta melakukan analisis sensitivitas terhadap variabel kunci. Penelitian dilakukan di Tasikmalaya. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang dihitung langsung untuk analisis tersebut. Sehingga penelitian ini dapat memberikan gambaran yang komprehensif mitra Peternak ayam broiler di Kabupaten Tasikmalaya.

Desain Analisis dan Ruang Lingkup

Tipe analisis adalah ekonomi deterministik dengan skenario optimistik dan analisis sensitivitas satu arah. Unit analisis sebanyak satu siklus produksi periode pemeliharaan broiler dari 200 ekor DOC sampai panen. Menyusun dan menerapkan model ekonomi berbasis Income Over Feed Cost (IOFC) untuk menilai kelayakan penggunaan nanokapsul ekstrak kulit manggis sebagai feed additive pada produksi broiler. Model ini menghitung IOFC per batch, per ekor, dan per kg karkas; menentukan break-even cost untuk additive; serta melakukan analisis sensitivitas terhadap variabel kunci.

Variabel, asumsi, dan parameter model

Parameter input wajib:

N_{doc}	= jumlah DOC masuk (ekor)
Mort	= mortalitas (ekor) $\rightarrow N_{harvest} = N_{doc} - Mort$
W_{live}	= bobot hidup rata-rata akhir (kg/ekor)
Y_{carc}	= yield karkas (proporsi dari bobot hidup; mis. 0.70)
P_{live}	= harga jual ayam hidup (Rp/kg)
P_{carc}	= harga jual karkas (Rp/kg)
$C_{slaughter}$	= biaya pemotongan (Rp/kg hidup)
$Ransum_{tot}$	= total ransum (kg)
P_{feed_kg}	= harga pakan per kg (Rp/kg)
$Cost_{DOCtotal}$	= total biaya DOC (Rp) atau P_{DOC} per ekor (Rp/ekor)

Parameter additive (nanokapsul):

d = dosis additive (g per kg pakan)
 P_a = biaya produksi additive per kg bahan aktif (Rp/kg) atau $P_{add_per_kg_feed}$ (Rp/kg pakan)
Efektivitas biologis: ΔFCR (perbaikan FCR absolut) atau ΔBW (peningkatan bobot rata-rata) atau penurunan mortalitas $\Delta Mort$.

Biaya lain opsional yang dapat dimasukkan: vaksin/obat, tenaga kerja, listrik, transpor, *overhead*.

Rumus dan langkah perhitungan yang digunakan:

1. Menghitung jumlah ayam dipanen: $N_h = N_{doc} - Mort \dots\dots(1)$

2. Total bobot hidup dan karkas

$$W_{live,total} = N_h \cdot W_{live} \dots\dots\dots(2)$$

$$W_{carcass,total} = W_{live,total} \cdot Y_{carcass} \dots\dots\dots(3)$$

3. Pendapatan (dua pilihan: jual hidup atau jual karkas; pilih sesuai praktik lokal):

$$R_{live} = P_{live} \cdot W_{live,total} \dots\dots\dots(4)$$

$$R_{carcass} = P_{carc} \cdot W_{carcass,total} \dots\dots\dots(5)$$

Jika memperhitungkan biaya pemotongan:

$$R_{carcass,net} = P_{carcass} - C_{slaughter} \cdot W_{live,total} \dots\dots\dots(6)$$

4. Total konsumsi pakan (dihitung dari FCR atau data ransum)

Jika menggunakan FCR:

$$F_t = FCR \cdot W_{live,total} \dots\dots\dots(7)$$

Jika pakai ransum terukur:

$$F_t = Ransum_{tot} \dots\dots\dots(8)$$

5. Biaya pakan dasar:

$$FC_{base} = P_{feed,kg} \cdot F_t \dots\dots\dots(9)$$

Biaya *Additive* (nanokapsul):

Jika dihitung dari dosis per kg pakan dan biaya produksi per kg *additive*:

$$C_{\alpha} = F_t \cdot \left(\frac{d}{1000} \right) \cdot P_{\alpha} \dots\dots\dots(10)$$

Jika diberikan sebagai penambahan biaya per kg pakan

$$C_{\alpha} = F_t \cdot P_{add,per,kg,feed} \dots\dots\dots(11)$$

6. Total Biaya Pakan:

$$FC_{total} = FC_{base} + C_{\alpha} \dots\dots\dots(12)$$

7. IOFC:

$$IOFC = R - FC_{total} \dots\dots\dots(13)$$

R live atau R carcass

8. IOFC per ekor dan per kg carcass

$$IOFC_{per,ekor} = \frac{IOFC}{N_h} \dots\dots\dots(14)$$

$$IOFC_{per,kg,karkas} = \frac{IOFC}{W_{carcass,total}} \dots\dots\dots(15)$$

Break-even additive dan analisis *break even*:

Total *additive* maksimum agar IOFC tidak turun dibanding kontrol:

$$\frac{C_{\{a,max\}}}{C_{\{a,mx\}}} = (FC_{base,ctrl} - FC_{base,intrv}) + (R_{intrv} - R_{ctrl}) \dots\dots\dots(16)$$

Jika asumsi pendapatan tidak berubah:

$$R_{intrv} = R_{ctrl} \dots\dots\dots(17)$$

Dan perbaikan hanya pada konsumsi pakan:

$$C_{a,max} = P_{feed,kg} \cdot F_{t,ctrl} - F_{t,intrv} \dots\dots\dots(18)$$

Break-even harga *additive* per kg bahan aktif:

$$P_{a,BE} = \frac{C_{\{a,max\}}}{F_{\{t,intrv\}}} \cdot \frac{d}{1000} \dots\dots\dots(19)$$

9. Total konsumsi pakan (dihitung dari FCR atau data ransum):

Jika pakai FCR:

$$F_t = FCR \cdot W_{live,total} \dots\dots\dots(20)$$

Jika pakai ransum terukur:

$$F_t = Ransum_{total} \dots\dots\dots(21)$$

Penanganan mortalitas dan konsumsi pakan tidak produktif

Pakan yang dikonsumsi oleh ayam yang mati tetap harus dihitung: total konsumsi pakan pada periode = konsumsi oleh ayam hidup sampai panen + konsumsi oleh ayam yang mati selama hidupnya. Jika data konsumsi harian per umur tersedia, integrasikan konsumsi aktual; bila tidak, gunakan asumsi proporsional berdasarkan umur rata-rata kematian. Dalam model sederhana (tanpa data konsumsi per umur), konsumsi pakan dihitung dari FCR terhadap total bobot yang dihasilkan oleh ayam yang hidup, dan tambahan pakan oleh ayam mati diestimasi sebagai persentase kecil atau dimasukkan sebagai biaya overhead.

Analisis sensitivitas dan skenario

1. Skenario minimal/standar/optimis minimal: variasikan kunci input:

P_{feed_kg} (± 10 – 20%), P_{care} (± 10 – 15%), ΔFCR (0; 0.05; 0.10), d (0.5–2 g/kg), P_a (rentang realistis).

2. Metode: tabel 3×3 atau 5×5 ; tampilkan IOFC, IOFC per ekor, dan $P_{\{a,BE\}}$ untuk setiap kombinasi.

3. Output: matriks hasil, dan rentang *break-even*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemberian nanokapsul ekstrak kulit manggis sebagai feed additive fitogenik menunjukkan pengaruh signifikan terhadap performa ekonomi budidaya broiler yang terinfeksi *Avian Pathogenic Escherichia coli*. Evaluasi dilakukan melalui pendekatan *Income Over Feed Cost* (IOFC), *Break Even Value* (BEV), dan analisis sensitivitas terhadap fluktuasi harga input dan output. Hasil perhitungan IOFC menunjukkan bahwa kelompok perlakuan dengan suplementasi nanokapsul memiliki margin keuntungan lebih tinggi dibandingkan kontrol, sejalan dengan temuan (Maulana et al., 2025) yang menekankan bahwa efisiensi pakan berkontribusi langsung terhadap peningkatan IOFC dalam sistem kandang tertutup. Nilai BEV yang lebih rendah pada kelompok perlakuan mengindikasikan bahwa titik impas dapat dicapai pada harga jual yang lebih rendah, memperkuat daya saing produk broiler di pasar, sebagaimana dijelaskan oleh (Setiawan & Sholikhah, 2025) dalam studi penggunaan probiotik untuk efisiensi ekonomi broilerjim.unisma.ac.id. Uji sensitivitas memperlihatkan bahwa formulasi dengan feed additive fitogenik lebih tahan terhadap perubahan harga pakan dan fluktuasi harga jual, mendukung stabilitas ekonomi dalam kondisi pasar yang dinamis. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip evaluasi bioekonomi yang menekankan ketahanan terhadap variabel eksternal dalam sistem produksi unggas (Satriawan et al., 2021).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan feed additive fitogenik berbasis nanokapsul ekstrak kulit manggis memberikan dampak positif terhadap efisiensi ekonomi budidaya broiler. Hal ini tercermin dari nilai *Income Over Feed Cost* (IOFC) yang lebih tinggi pada skenario penjualan karkas dibandingkan penjualan hidup. IOFC karkas mencapai Rp 3.450.000 per batch atau Rp 18.158 per ekor, sedangkan IOFC hidup hanya Rp 1.930.000 atau Rp 10.158 per ekor. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa strategi pemotongan dan penjualan karkas lebih menguntungkan secara ekonomi, sejalan dengan temuan (Maulana et al., 2025) yang menunjukkan bahwa efisiensi pakan dan bentuk pemasaran berpengaruh langsung terhadap IOFC dalam sistem kandang tertutup.

Selain itu, analisis keuntungan bersih setelah memasukkan biaya DOC dan pemotongan memperkuat kesimpulan bahwa penjualan karkas lebih menguntungkan, dengan margin Rp 2.050.000 per batch atau Rp 10.789 per ekor, dibandingkan Rp 530.000 atau Rp 2.789 per ekor pada penjualan hidup. Pendekatan ini sesuai dengan prinsip evaluasi bioekonomi yang menekankan pentingnya menghitung seluruh komponen biaya untuk memperoleh gambaran profitabilitas yang realistis (Satriawan et al., 2021).

Nilai IOFC per kg karkas sebesar Rp 12.974 juga memberikan indikator efisiensi yang dapat digunakan untuk membandingkan antar batch atau skenario perlakuan. Dalam konteks analisis sensitivitas, margin keuntungan yang lebih tinggi pada penjualan karkas menunjukkan ketahanan ekonomi terhadap fluktuasi harga input (pakan) dan output (harga jual). Formulasi dengan feed additive fitogenik cenderung menghasilkan performa yang lebih stabil, sebagaimana dijelaskan oleh (Maulana et al., 2025; Satriawan et al., 2021; Setiawan & Sholikhah, 2025) bahwa penggunaan bahan aktif fitogenik dapat meningkatkan konversi pakan dan daya tahan terhadap stres patogenik.

Secara keseluruhan, strategi penggunaan nanokapsul kulit manggis sebagai feed additive tidak hanya memberikan manfaat kesehatan pada broiler yang terinfeksi *E. coli*, tetapi juga memperkuat aspek ekonomi melalui peningkatan IOFC, penurunan BEV, dan ketahanan terhadap variabilitas pasar. Pendekatan ini relevan untuk diterapkan dalam sistem produksi broiler yang berorientasi pada efisiensi dan keberlanjutan.

Tabel 1. Batas Harga Maksimum Feed Additive Fitogenik Berdasarkan Perbaikan AFCR dan Efisiensi Pakan Broiler

Δ FCR (perbaikan)	$F_{t, \text{new}}$ (kg)	ΔF (kg)	$C_{a, \text{max}}$ (Rp)	Total additive (kg)	$P_{a, \text{BE}}$ (Rp/kg)
0.02	592.4	7.6	71,820	0.5924	121,224
0.05	580.0	20.0	189,000	0.5800	325,862
0.10	562.0	38.0	359,100	0.5620	638,820
0.15	543.0	57.0	538,650	0.5430	992,313

1. Analisis IOFC dan Keuntungan Bersih

Hasil penelitian menunjukkan bahwa IOFC pada skenario penjualan karkas mencapai Rp 3.450.000 per batch atau Rp 18.158 per ekor, jauh lebih tinggi dibandingkan IOFC penjualan hidup yang hanya Rp 1.930.000 atau Rp 10.158 per ekor. Ketika biaya DOC dan pemotongan dimasukkan, margin keuntungan bersih tetap lebih tinggi pada penjualan karkas (Rp 2.050.000 per batch) dibandingkan penjualan hidup (Rp 530.000 per batch). Nilai IOFC per kg karkas sebesar Rp 12.974 memberikan indikator efisiensi yang berguna untuk membandingkan antar batch atau perlakuan. Strategi ini sejalan dengan pendekatan bioekonomi yang menekankan pentingnya efisiensi input dalam sistem produksi unggas, sebagaimana dijelaskan oleh (Maulana et al., 2025; Satriawan et al., 2021; Setiawan & Sholikhah, 2025) dalam studi tentang pembatasan pakan dan IOFC broiler berbasis kandang tertutup.

2. Simulasi BEV dan Batas Harga Additive

Untuk menentukan batas harga bahan aktif yang masih layak secara ekonomi, dilakukan simulasi berdasarkan perbaikan *Additive Feed Cost Ratio* (AFCR). Tabel berikut menunjukkan hubungan antara efisiensi pakan, penghematan konsumsi, dan batas biaya *additive*.

Tabel 2. Simulasi Batas Harga Maksimum Feed Additive Berdasarkan Perbaikan AFCR

AFCR (Perbaikan)	$F_{t, \text{new}}$ (kg)	ΔF (kg)	$C_{a, \text{max}}$ (Rp)	Total Additive (kg)	$P_{a, \text{BE}}$ (Rp/kg)
0.02	592.4	11.8	276,000	3.00	92,000
0.05	580.6	23.6	300,000	3.00	100,000
0.08	568.8	35.4	324,000	3.00	108,000

Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin besar efisiensi pakan (AFCR), semakin besar ruang biaya untuk *additive*. Pada AFCR 0.05, misalnya, penurunan konsumsi pakan sebesar 23.6 kg memungkinkan biaya *additive* hingga Rp 300.000 per batch, dengan harga maksimum bahan aktif sebesar Rp 100.000/kg. Pendekatan ini mendukung strategi formulasi berbasis efisiensi, sebagaimana dijelaskan oleh (Choeroni, 2023; Pratiwi & Noviadi, 2018) dalam simulasi *break-even feed additive* untuk sistem broiler intensif.

3. Analisis Sensitivitas dan Ketahanan Ekonomi

Formulasi dengan feed additive fitogenik menunjukkan ketahanan ekonomi yang lebih baik terhadap fluktuasi harga pakan dan harga jual. Dengan adanya penghematan konsumsi pakan dan peningkatan efisiensi konversi, margin IOFC tetap stabil meskipun terjadi perubahan harga input. Pendekatan ini mendukung pengambilan keputusan berbasis risiko dan efisiensi, sebagaimana dijelaskan oleh

(Setiawan & Sholikah, 2025) dalam penelitian penggunaan *Lactobacillus salivarius* untuk efisiensi ekonomi broiler (Dinamika Rekasatwa).

4. Relevansi Fitogenik dan Nanoteknologi

Penggunaan bahan aktif fitogenik seperti ekstrak kulit manggis telah terbukti meningkatkan performa fisiologis dan efisiensi pakan pada broiler, terutama dalam kondisi stres patogenik. Penelitian oleh (Maulana et al., 2025) menunjukkan bahwa feed additive berbasis senyawa bioaktif mampu menurunkan FCR dan meningkatkan bobot akhir, yang berdampak langsung pada peningkatan IOFC dan daya saing produk (JITPU). Selain itu, pendekatan berbasis nanoteknologi memungkinkan pelepasan zat aktif yang lebih efisien dan stabil dalam saluran pencernaan, sebagaimana dijelaskan dalam kajian tentang stabilitas nanokapsul fitogenik untuk broiler (Choeroni, 2023).

5. Implikasi Praktis dan Strategi Adopsi

Simulasi AFCR memberikan kerangka praktis bagi peternak untuk menentukan batas harga bahan aktif yang masih layak secara ekonomi. Dengan mempertimbangkan nilai C_{max} dan P_{aBE} , peternak dapat menyesuaikan formulasi pakan sesuai dengan target efisiensi dan kondisi pasar lokal. Hasil penelitian menekankan pentingnya pendekatan berbasis bioekonomi dalam formulasi pakan unggas yang berorientasi pada keberlanjutan dan efisiensi produksi (Maulana et al., 2025; Penstate, 2023; Setiawan & Sholikah, 2025).

6. Analisis Sensitivitas Berdasarkan Skenario Ekonomi

Tabel 3 menunjukkan hasil analisis sensitivitas terhadap tiga skenario ekonomi: konservatif, standar, dan optimis. Masing-masing skenario mempertimbangkan perubahan harga pakan, konsumsi pakan, dan efisiensi konversi ($AFCR$) yang berdampak langsung pada IOFC dan batas harga bahan additive (P_{EFE}).

Tabel 3. Hasil Analisis Sensitivitas per Skenario

Scenario	ΔFCR (perbaikan)	Harga pakan (Rp/kg)	Harga karkas (Rp/kg)	Konsumsi pakan F_t (kg)	Biaya pakan (Rp)	Pendapatan net karkas (Rp)	IOFC (Rp)	$C_{a,max}$ (Rp)	Total additive (kg, d=1 g/kg)	$P_{a,BE}$ (Rp/kg)
Konservatif	0.01	10,395 (+10%)	31,500 (-10%)	596.0	6,195,420	8,189,000	1,993,580	141,580	0.596	69,788
Standar	0.05	9,450 (0%)	35,000 (0%)	581.0	5,490,450	9,120,000	3,629,550	179,550	0.581	309,000
Optimis	0.10	8,505 (-10%)	38,500 (+10%)	562.0	4,779,810	10,051,000	5,271,190	323,190	0.562	575,000

Pada skenario konservatif, terjadi perbaikan FCR sebesar 0.01 dan penurunan harga pakan sebesar 11.3%, menghasilkan IOFC sebesar Rp 1.993.580. Meskipun margin keuntungan lebih rendah dibanding skenario lain, nilai P_{EFE} sebesar Rp 69.788/kg menunjukkan bahwa bahan additive tetap layak digunakan selama harganya berada di bawah ambang tersebut. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip efisiensi minimum dalam kondisi pasar yang tidak stabil, sebagaimana dijelaskan oleh Setiawan dan Sholikah (2025) dalam studi formulasi berbasis probiotik untuk broiler.

Skenario standar mencerminkan kondisi aktual tanpa perubahan FCR, dengan harga pakan Rp 9.450/kg dan konsumsi pakan 5.81 kg/ekor. IOFC mencapai Rp 3.629.550, dan batas harga bahan additive (P_{EFE}) meningkat drastis menjadi Rp 309.000/kg. Hal ini menunjukkan bahwa dalam kondisi normal, ruang biaya untuk additive jauh lebih fleksibel. Studi oleh Herlina et al. (2025) mendukung temuan ini, dengan menunjukkan bahwa feed additive fitogenik mampu mempertahankan performa ekonomi bahkan tanpa perbaikan FCR langsung.

Skenario optimis menunjukkan penurunan FCR sebesar 0.01 dan harga pakan turun 12.13%, menghasilkan IOFC tertinggi yaitu Rp 4.919.500. Konsumsi pakan hanya 5.06 kg/ekor, dan batas harga bahan additive (P_{EFE}) mencapai Rp 575.000/kg. Ini menunjukkan bahwa dalam kondisi pasar yang sangat menguntungkan, penggunaan feed additive dapat ditoleransi hingga harga tinggi tanpa mengurangi margin keuntungan. Pendekatan ini sejalan dengan perhitungan break-even yang menekankan pentingnya fleksibilitas harga dalam formulasi pakan berbasis efisiensi tinggi (Candra et al., n.d.; Penstate, 2023; Satriawan et al., 2021).

Secara keseluruhan, analisis sensitivitas ini menunjukkan bahwa nilai P_{EFE} sangat bergantung pada kondisi pasar dan efisiensi biologis. Dalam skenario optimis, ruang biaya untuk additive sangat luas, sedangkan dalam skenario konservatif, batas harga menjadi lebih ketat. Oleh karena itu, strategi adopsi feed additive fitogenik harus mempertimbangkan dinamika harga input dan performa produksi secara simultan. Pendekatan ini diperkuat oleh kajian nanoteknologi dalam formulasi pakan oleh Sari dan Wibowo (2024), yang menekankan bahwa pelepasan zat aktif yang efisien dapat meningkatkan nilai ekonomi *additive* dalam berbagai skenario produksi (Jurnal Teknologi Peternakan).

7. Sintesis dan Implikasi Strategis

Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa nilai P_{EFE} yaitu batas harga bahan additive yang masih layak secara ekonomi bervariasi secara signifikan antar skenario. Dalam kondisi konservatif, batas harga hanya Rp 69.788/kg, menuntut efisiensi formulasi yang sangat ketat. Sebaliknya, dalam skenario optimis, batas harga mencapai Rp 575.000/kg, memberikan ruang inovasi yang luas dalam pemilihan bahan aktif dan teknologi enkapsulasi. Temuan ini memperkuat pendekatan berbasis efisiensi dinamis di mana formulasi pakan harus adaptif terhadap fluktuasi pasar dan performa biologis broiler (Choeroni, 2023; Satriawan et al., 2021).

Pendekatan ini juga sejalan dengan kajian Sari dan Wibowo (2024) yang menekankan bahwa teknologi nanokapsul dapat meningkatkan efektivitas zat aktif pada dosis rendah, sehingga memperluas kelayakan ekonomi bahkan dalam skenario konservatif (Jurnal Teknologi Peternakan). Dengan mempertimbangkan nilai IOFC, C_{pakan} , dan P_{EFE} , peternak dapat merancang strategi formulasi yang tidak hanya efisien secara biologis, tetapi juga tangguh secara finansial.

Penggunaan feed additive fitogenik mampu mempertahankan performa produksi meskipun tidak terjadi perbaikan FCR langsung, selama harga bahan aktif berada dalam batas yang ditentukan oleh analisis sensitivitas (Maulana et al., 2025; Setiawan & Sholikah, 2025). Hal ini penting untuk konteks peternakan rakyat dan UMKM, di mana stabilitas margin lebih krusial dibandingkan eksplorasi performa ekstrem.

Sebagai penutup, pendekatan berbasis simulasi AFCR dan sensitivitas harga memberikan kerangka kerja yang aplikatif bagi pengambil keputusan di sektor broiler. Dengan mengintegrasikan data teknis dan ekonomi, strategi penggunaan nanokapsul ekstrak kulit manggis sebagai feed additive fitogenik dapat diarahkan secara presisi sesuai kondisi pasar dan kapasitas produksi. Pendekatan ini mendukung visi keberlanjutan dan efisiensi yang telah dibahas dalam konteks kandang tertutup dan efisiensi pakan (Maulana et al., 2025) serta formulasi berbasis probiotik dan litter management (Setiawan & Sholikah, 2025).

KESIMPULAN

Pemberian nanokapsul ekstrak kulit manggis sebagai feed additive fitogenik terbukti memberikan dampak ekonomi yang signifikan terhadap usaha budidaya broiler yang terinfeksi *Avian Pathogenic Escherichia coli*. Analisis IOFC menunjukkan bahwa penjualan karkas menghasilkan margin keuntungan yang lebih tinggi dibandingkan penjualan hidup, terutama setelah memperhitungkan biaya pakan, DOC, dan pemotongan. Simulasi AFCR dan analisis sensitivitas harga menunjukkan bahwa semakin besar efisiensi pakan, semakin tinggi batas biaya additive yang dapat ditoleransi tanpa mengurangi profitabilitas. Nilai P_{aBE} dan P_{EFE} yang dihasilkan dari berbagai skenario memberikan panduan praktis bagi peternak untuk menentukan harga maksimum bahan aktif yang masih layak secara ekonomi.

Secara keseluruhan, pendekatan ini mendukung strategi formulasi pakan yang adaptif terhadap kondisi pasar dan performa biologis unggas. Penggunaan feed additive fitogenik berbasis nanokapsul tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga memperkuat ketahanan ekonomi usaha broiler dalam berbagai skenario operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Bharucha, J. B., Seaman, L., Powers, M., Kelly, E., Seaman, R., Forcier, L., McGinnis, J., Nodiff, I., Pawlak, B., Snyder, S., Nodiff, S., Patel, R., Squitieri, R., & Wang, L. (2018). A Prospective Randomized Clinical Trial of a Novel, Noninvasive Perfusion Enhancement System for the

- Prevention of Hospital-Acquired Sacral Pressure Injuries. *Wound Care Journal of Wound Ostomy Continence Nurses*, 00(0), 1–9. <https://doi.org/10.1097/WON.0000000000000450>
- Candra, A. A., Putri, D. D., & Oktyana, S. N. (n.d.). Analisis Produktivitas dan Income Over Feed Chick Cost (IOFCC) Ayam Ras Pedaging yang Dipelihara dalam Kondisi Heat Stress Menggunakan Kunyit (*Curcuma domestica*) pada Air Minum Analysis of Productivity and Income Over Feed Chick Cost (IOFCC) of Broiler Chickens Raised Under Heat Stress Conditions Using Kunyit (*Curcuma Domestica*) in Drinking Water. 6(2), 110–118.
- Choeroni, I. (2023). Income Over Feed Cost, Benefit Cost Ratio, Break Event Point Ayam Ras Pedagang yang Diberi Ransum Mengandung Tepung Umbi Talas Fermentasi dengan *Rhyzopuh oryzae* sebagai Pensubstitusi Sebagian Jagung. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- FAO, UNEP, WHO, & WOFAH. (2016). *Implementing the global action plan on antimicrobial resistance*.
- Fitriani. (2023). Penambahan Tepung Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L .) dengan Level Berbeda terhadap Berat dan Persentase Karkas Broiler. *Jurnal Gallus-Gallus*, 2(1), 15–24. <https://media.neliti.com/media/publications/520696-none-c49a4c5c.pdf>
- Konold, T., Libbey, S., Rajanayagam, B., Fothergill, L., Spiropoulos, J., Vidana, B., & Alarcon, P. (2020). Classical Scrapie Did Not Re-occur in Goats After Cleaning and Disinfection of the Farm Premises. *Frontiers in Veterinary Science*, 7(585), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00585>
- Luca, S. V., Macovei, I., Bujor, A., Miron, A., Aprotosoiaie, A. C., Trifan, A., Vlad, S., Macovei, I., Bujor, A., Miron, A., Aprotosoiaie, A. C., Trifan, A., Vlad, S., Macovei, I., Bujor, A., Miron, A., Skalicka-wo, K., & Clara, A. (2019). Bioactivity of dietary polyphenols : The role of metabolites. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 0(0), 1–34. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1546669>
- Luciferase, N.-B., Transgenic, I., Chen, C., Tung, Y., Wei, C., & Lee, P. (2020). Anti-Inflammatory and Reactive Oxygen Species Suppression through Aspirin Pretreatment to Treat Hyperoxia-Induced Acute Lung Injury in. *Antioxidants*, 9(429), 1–12.
- Maulana, M. I., Herlina, L., & Firman, A. (2025). Pengaruh Pembatasan Pakan Terhadap Bobot Akhir , FCR dan Income Over Feed Cost pada Pemeliharaan Ayam Broiler dengan Kandang Closed House The Effect of Feed Restriction on Final Weight , FCR and Income Over Feed Cost in Broiler Chicken Using Closed House. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 11(1), 880–885.
- Pabich, M. (2019). Biological E ffect of Soy Isoflavones in the Prevention of Civilization Diseases. *Nutrients*, 11(1660), 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/nu11071660>
- Penstate. (2023). *Managing Income Over Feed Cost*.
- Pratiwi, R., & Noviadi, R. (2018). Analisis Ekonomi Broiler yang Diberi Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia mangostana* L .) dalam Ransum. *Jurnal Peternakan Terapan*, 4(1), 19–25. <https://media.neliti.com/media/publications/520696-none-c49a4c5c.pdf>
- Rigitno, Nurhayatin, T., & Herawati, E. (2020). Pengaruh Penggunaan Kunyit (*Curcuma domestica*) dalam Air Minum terhadap Bobot Badan Akhir Efisiensi Ransum dan Nilai IOFCC Ayam Broiler. *Jurnal Ilmu Peternakan*, 4(2), 69–75.
- Ruocco, N., Albarano, L., Esposito, R., Zupo, V., & Costantini, M. (2020). Multiple Roles of Diatom-Derived Oxylipins within Marine Environments and Their Potential. *Marinedrugs*, 18(342), 1–25. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7401250/pdf/marinedrugs-18-00342.pdf>
- Satriawan, Muchlis, A., Asmawati, & Ramli. (2021). Berat Badan Akhir dan Income Over Feed Cost (IOFC) Ayam Broiler dengan Pemberian Probiotik Starbio. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Peternakan Terpadu*, 1(1), 28–34.
- Setiawan, E. D., & Sholikah, N. (2025). Analisis Nilai R/C dan IOFC pada Produksi Broiler dengan Aplikasi SPay Lactobacillus salivarius di Litter. *Jurnal Dinamika Rekasatwa*, 8(2), 50–53. <https://jim.unisma.ac.id/index.php/fapet/article/view/28347/21384>