PENGEMBANGAN MODEL OPTIMASI RANTAI PASOK DAGING AYAM UNTUK MAKSIMASI PROFIT DAN REDUKSI EMISI KARBON DENGAN MILP

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Nama : Satrio Yunandaru
No. Mahasiswa : 21522100

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 8 September, 2025



(Satrio Yunandaru)
21522100

SURAT BUKTI PENELITIAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Gedung KH. Mas Mansur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext. 4100, 4101
F. (0274) 895007
E. fti@uii.ac.id
W. fti.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor: 10/Ka.Lab.Datmin/70/Lab.Datmin/VIII/2025

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Kami yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa mahasiswa dengan keterangan sebagai berikut :

Nama	:	Satrio Yunandaru
No. Mhs	:	21522100
Dosen Pembimbing	:	Dr. Ir. Agus Mansur, S. T., M. Eng. Sc., IPU

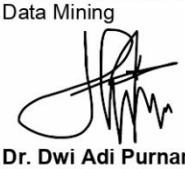
Telah selesai melaksanakan penelitian yang berjudul "Pengembangan Model Optimasi Rantai Pasok Daging Ayam untuk Maksimasi Profit dan Reduksi Emisi Karbon dengan MILP" di Laboratorium Data Mining, Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia tercatat mulai tanggal 01 Juni sampai dengan tanggal 01 Juli 2025.

Demikian surat keterangan kami keluarkan, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta 26 Agustus 2025

Kepala Laboratorium
Data Mining



Dr. Dwi Adi Purnama, S.T.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PENGEMBANGAN MODEL OPTIMASI RANTAI PASOK DAGING AYAM UNTUK MAKSIMASI PROFIT DAN REDUKSI EMISI KARBON DENGAN MILP

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Satrio Yunandaru
No. Mahasiswa : 21522100

Yogyakarta, 25 September 2025

Dosen Pembimbing

(Dr. Agus Mansur, S.T, M.Eng.Sc)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PENGEMBANGAN MODEL OPTIMASI RANTAI PASOK DAGING AYAM UNTUK MAKSIMASI PROFIT DAN REDUKSI EMISI KARBON DENGAN MILP

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :
Nama : Satrio Yunandaru
No. Mahasiswa : 21522100

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Tekonologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 26 September 2025

Tim Penguji

Dr. Agus Mansur, S.T, M.Eng.Sc	
Ketua	
Ir. Ali Parkhan, M.T.	
Anggota I	
Wahyudhi Sutrisno, S.T., M.M., M.T	
Anggota II	

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph. D., IPM
NIK. 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdullilahirabbil'alamin

Dengan penuh rasa syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk diri saya sendiri, keluarga, dan sahabat-sahabat seperjuangan. Saya ucapkan terima kasih kepada keluarga dan sahabat seperjuangan yang selalu mendukung saya dalam penulisan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih juga kepada Bapak Dr. Agus Mansur, S.T, M.Eng.Sc selaku dosen pembimbing, Bapak Dr. Ivan Darma Wangsa, S.T., M.T., CPLM selaku pembimbing dalam pembuatan model matematis, dan teman-teman satu kelompok bimbingan.

MOTTO

"Sometimes you have to fall before you can fly"
(Avenged Sevenfold)

"Hidup adalah pilihan, jangan pernah takut untuk melangkah"
(Slank)

"Success is falling nine times and getting up ten"
(Bon Jovi)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdullilahirabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Pengembangan Model Optimasi Rantai Pasok Daging Ayam untuk Maksimasi Profit dan Reduksi Emisi Karbon dengan MILP". Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan Tugas Akhir ini Tentu tidak terlepas dari dukungan, doa, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU, ASEAN.Eng, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng. Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM, selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Agus Mansur, S.T, M.Eng.Sc, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir penulis yang berkenan untuk membimbing, mengarahkan, memberikan saran, serta motivasi kepada penulis.
5. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama masa perkuliahan.
6. Bapak Dr. Ivan Darma Wangsa, S.T., M.T., CPLM, selaku pembimbing dalam pembuatan model matematis
7. Bapak Azhar Anas Ragawi selaku pemilik peternakan Ragawi *Farm* yang telah mengizinkan penulis melakukan pengambilan data untuk penelitian di peternakan.
8. Teman-teman kelompok bimbingan yaitu Muhammad Luthfi Nashih, Muhammad Faeda Rafi, dan Muhammad Alghifari Setiawan, yang selalu sedia membantu penulis saat penulisan Tugas Akhir.
9. Sahabat-sahabat yang telah menemani penulis dari semester awal hingga saat ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat, baik secara akademis maupun praktis, serta menjadi tambahan pengetahuan bagi pembaca.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta,8 September, 2025



(Satrio Yunandaru)
21522100

ABSTRAK

Peternakan ayam merupakan sektor yang berperan terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia karena permintaan yang terus meningkat. Industri peternakan berperan penting dalam menyediakan sumber protein hewani yang terjangkau bagi masyarakat. Namun, aktivitas produksi dan distribusinya juga menimbulkan dampak lingkungan berupa emisi karbon. Produksi ayam yang diperkirakan meningkat dari sekitar 4,1 juta ton pada 2023 menjadi sekitar 4,9 juta ton pada 2028, dengan laju pertumbuhan tahunan rata-rata sekitar 2,8 %. Sementara itu, permintaan domestik juga menunjukkan tren meningkat, meskipun lebih moderat, diperkirakan tumbuh rata-rata 0,65 % per tahun, dengan konsumsi per kapita mencapai 8,13 kg pada 2024, dan diproyeksikan mencapai 8,3 kg pada 2028. Adanya konflik atau trade-off antara *income* dan dampak lingkungan yang dihasilkan dari emisi karbon. Model optimasi rantai pasok yang berkelanjutan harus mampu menangani *trade-off* profit dan emisi karbon. Penelitian ini dilakukan di salah satu peternakan ayam KUB (Kampung Unggul Balitbangtan) yang berlokasi di Sleman, Yogyakarta yaitu peternakan Ragawi *Farm*. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model optimasi pada rantai pasok daging ayam menggunakan pendekatan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) dengan dua fungsi tujuan, yaitu memaksimalkan profit dan meminimalkan emisi karbon. Data penelitian diperoleh melalui observasi secara langsung, wawancara, serta studi literatur dari peneliti sebelumnya. Model matematis yang dibangun dijalankan dengan menggunakan *software OpenSolver* pada Microsoft Excel. Hasil optimasi memperlihatkan adanya peningkatan total profit sebesar 1,16% dari Rp 78.893.021 menjadi Rp 79.820.965, serta penurunan total emisi karbon sebesar 82,03% dari 39,23 lt.CO2-eq menjadi 7,05 lt.CO2-eq. Analisis sensitivitas dengan berbagai skenario (perubahan *demand*, kapasitas produksi, harga jual, biaya pemotongan dan pengemasan, biaya penyimpanan, biaya emisi, dan tingkat emisi) menunjukkan bahwa model mampu beradaptasi terhadap variasi parameter dan tetap menghasilkan solusi optimal.

Kata Kunci: Rantai Pasok, Daging Ayam, MILP, Optimasi, Emisi Karbon.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ii
SURAT BUKTI PENELITIAN iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI v
HALAMAN PERSEMBAHAN vi
MOTTO vii
KATA PENGANTAR viii
ABSTRAK ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Penelitian 5
BAB II PENDAHULUAN 6
2.1 Kajian Literatur 6
2.2 Landasan Teori 12
2.2.1 *Food Supply Chain Management* (FSCM) 12
2.2.2 Kondisi Industri Peternakan Ayam KUB di Indonesia 14
2.2.3 Konsumsi Ayam KUB di Indonesia 15
2.2.4 Rantai Pasokan pada Industri Peternakan Ayam KUB 15
2.2.5 Perencanaan Distribusi pada Rantai Pasokan pada Ayam KUB 16
2.2.6 *Metode Mixed Integer Linear Programming* (MILP) 16
2.2.7 Emisi Karbon 19
2.2.8 Upaya Pengurangan Emisi Karbon 20
BAB III METODE PENELITIAN 22
3.1 Subjek Penelitian 22
3.2 Objek Penelitian 22
3.3 Data Penelitian 22
3.4 Metode Pengumpulan Data 23
3.5 Alur Penelitian 24
BAB IV PENGEMBANGAN MODEL DAN PENGUMPULAN DATA 27
4.1 Pengembangan Model Matematis 27
4.2 Pengumpulan Data 30
4.3 Validasi dan Hasil 32
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 43
5.1 Analisis Sensitivitas Model Optimasi 43
5.1.1 Uji Sensitivitas Pada *Demand* 43
5.1.2 Uji Sensitivitas Pada Kapasitas Produksi 45
5.1.3 Uji Sensitivitas Pada Harga Jual 47
5.1.4 Uji Sensitivitas Pada Biaya Pemotongan dan Pengemasan 48
5.1.5 Uji Sensitivitas Pada Biaya Penyimpanan Ayam Hidup 50
5.1.6 Uji Sensitivitas Pada Biaya Emisi Karbon Untuk Daging Ayam 52

5.1.7 Uji Sensitivitas Pada Tingkat Emisi 54
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 56
6.1 Kesimpulan 56
6.1 Saran 57
DAFTAR PUSTAKA 59
LAMPIRAN A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Keterangan *Index* 29
Tabel 4. 2 Ketereangan *Parameter* 29
Tabel 4. 3 Keterangan *Decision Variable* 30
Tabel 4. 4 Data Pada Peternakan 31
Tabel 4. 5 Data Pada Peternakan ke Konsumen 32
Tabel 4. 6 Perbandingan Data Awal dan Data Optimal 34
Tabel 5. 1 Uji Sensitivitas Pada *Demand* 43
Tabel 5. 3 Uji Sensitivitas Pada Kapasitas Produksi 45
Tabel 5. 5 Uji Sensitivitas Pada Harga Jual 47
Tabel 5. 7 Uji Sensitivitas Pada Biaya Pemotongan dan Pengemasan 48
Tabel 5. 9 Uji Sensitivitas Pada Biaya Penyimpanan Ayam Hidup 50
Tabel 5. 11 Uji Sensitivitas Pada biaya Emisi Karbon Untuk Daging Ayam 52
Tabel 5. 13 Uji Sensitivitas Pada Tingkat Emisi 54

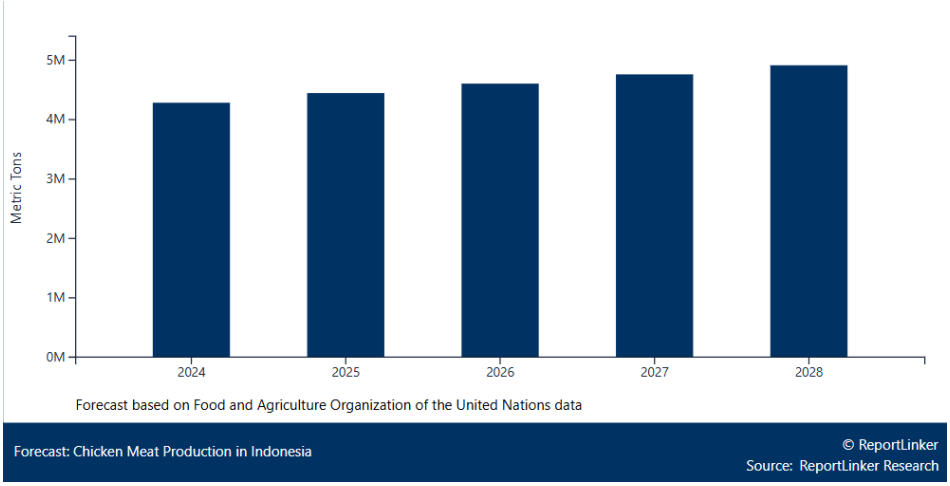
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Proyeksi Permintaan dan Produksi Daging Ayam di Indonesia 1
Gambar 1. 2 Data Total Emisi Karbon 2
Gambar 2. 1 FSCM 13
Gambar 3. 1 Alur Penelitian 24
Gambar 4. 1 Komponen Variabel Keputusan, Batasan, dan Fungsi Tujuan Model 27
Gambar 4. 2 Alur Rantai Pasok Ragawi *Farm* 31
Gambar 4. 3 *Solver* Pada Microsoft Excel 33
Gambar 4. 4 Model menemukan Hasil Optimal 33
Gambar 4. 5 Jumlah Daging Ayam yang Dijual ke Konsumen 38
Gambar 4. 6 Jumlah Daging Ayam 0,9 Kg yang Dijual ke Konsumen 39
Gambar 4. 7 Jumlah Daging Ayam 0,8 Kg yang Dijual ke Konsumen 39
Gambar 4. 8 Jumlah Daging Ayam 0,7 Kg yang Dijual ke Konsumen 40
Gambar 4. 9 Jumlah Ayam yang Dipanen 40
Gambar 4. 10 Jumlah Ayam yang Diproduksi 41
Gambar 4. 11 Jumlah Stok Ayam Hidup 42
Gambar 5. 1 Grafik Total Profit Uji Sensitivitas Pada *Demand* 44
Gambar 5. 2 Grafik Total Emisi Uji Sensitivitas Pada *Demand* 45
Gambar 5. 3 Grafik Uji Sensitivitas Total Profit Pada Kapasitas Produksi 46
Gambar 5. 4 Grafik Uji Sensitivitas Total Emisi Pada Kapasitas Produksi 46
Gambar 5. 5 Grafik Uji Sensitivitas Total Profit Pada Harga Jual 47
Gambar 5. 6 Grafik Uji Sensitivitas Total Emisi Pada Harga Jual 48
Gambar 5. 7 Grafik Uji Sensitivitas Total Profit Pada Biaya Produksi 49
Gambar 5. 8 Grafik Uji Sensitivitas Total Emisi Pada Biaya Produksi 50
Gambar 5. 9 Grafik Uji Sensitivitas Total Profit Pada Biaya Penyimpanan Ayam 51
Gambar 5. 10 Grafik Uji Sensitivitas Total Emisi Pada Biaya Penyimpanan Ayam 52
Gambar 5. 11 Grafik Uji Sensitivitas Total Profit Pada Biaya Emisi 53
Gambar 5. 12 Grafik Uji Sensitivitas Total Emisi Pada Biaya Emisi 53
Gambar 5. 13 Grafik Uji Sensitivitas Total Profit Pada Tingkat Emisi 55
Gambar 5. 14 Grafik Uji Sensitivitas Total Emisi Pada Tingkat Emisi 55

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peternakan adalah jenis usaha yang memelihara dan mengembangkan hewan ternak (Aisyah, 2023). Peternakan ayam merupakan sektor yang berperan terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia karena permintaan yang terus meningkat (Trinaldi, 2022). Usaha peternakan ayam memiliki prospek yang menjanjikan, tidak hanya diminati oleh pengusaha besar tetapi juga menarik minat pelaku usaha menengah dan kecil, seiring dengan tingginya permintaan pasar terhadap daging ayam sebagai bahan makanan langsung maupun bahan baku industri makanan (Caesar et al., 2023). Pada Gambar 1.1 yang bersumber dari ReportLinker (2024) memperlihatkan grafik produksi ayam yang diperkirakan meningkat dari sekitar 4,1 juta ton pada 2023 menjadi sekitar 4,9 juta ton pada 2028, dengan laju pertumbuhan tahunan rata-rata sekitar 2,8 %. Sementara itu, permintaan domestik juga menunjukkan tren meningkat, meskipun lebih moderat, diperkirakan tumbuh rata-rata 0,65 % per tahun, dengan konsumsi per kapita mencapai 8,13 kg pada 2024, dan diproyeksikan mencapai 8,3 kg pada 2028.

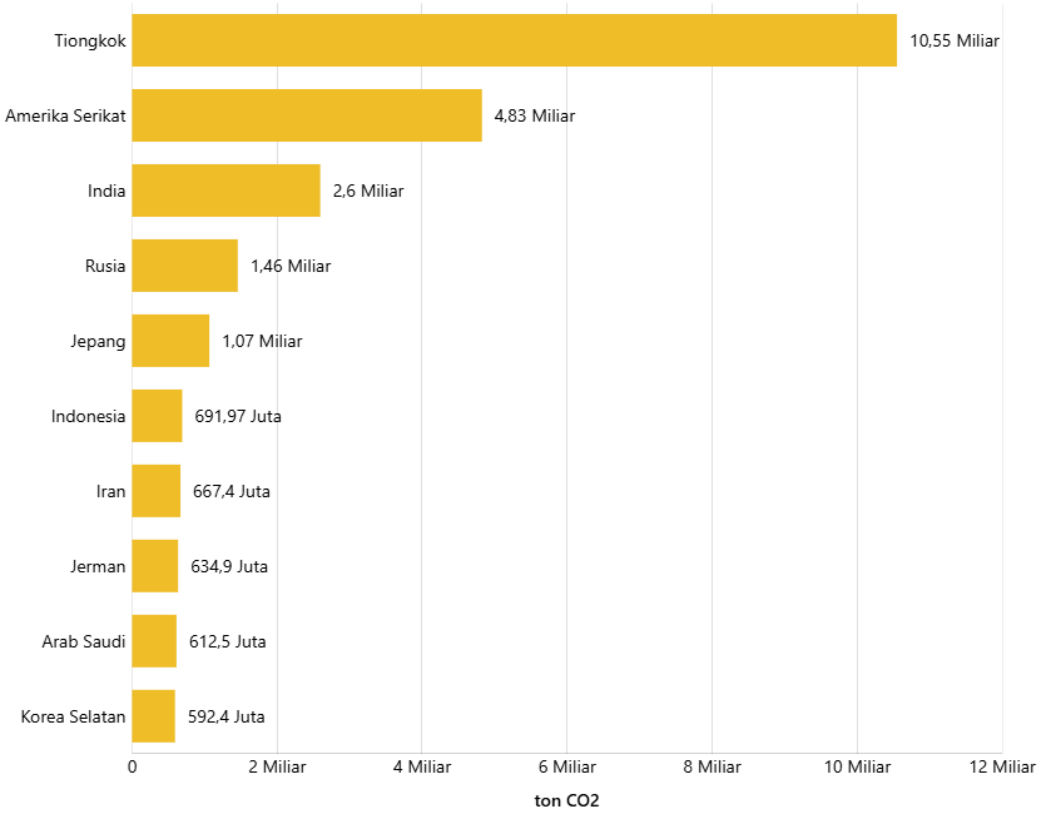


Gambar 1.1 Proyeksi Permintaan dan Produksi Daging Ayam di Indonesia

Sumber: (ReportLinker, 2024)

Meskipun meningkatkan perekonomian, industri peternakan ayam juga menimbulkan tantangan besar terkait efisiensi operasional dan dampak lingkungan. Proses produksi daging ayam yang memerlukan banyak sumber daya, serta aktivitas distribusinya yang bergantung pada bahan bakar fosil menjadikannya salah satu kontributor signifikan emisi karbon, di mana menurut Jeremi dan Vanany (2023) rantai pasok produk ternak seperti susu dan daging

termasuk yang paling besar menyumbang emisi tersebut. Emisi karbon merupakan suatu zat pencemar udara yang dihasilkan dari sisa pembakaran bahan bakar fosil (Larasati, 2023). Produksi daging ayam tetap memiliki kontribusi terhadap emisi karbon dalam alur rantai pasoknya yang dimulai dari peternakan, proses produksi, dan distribusi ke konsumen. Sistem logistik dan distribusi pangan memiliki peran besar dalam emisi karbon pada rantai pasoknya, terutama produk hewani seperti daging ayam (Shabir et al., 2023).



Gambar 1. 2 Data Total Emisi Karbon

Sumber: (Muhamad, 2023)

Pada Gambar 1. 2 yang bersumber dari Muhamad (2023) menunjukkan total emisi karbon skala global pada tahun 2022, Tiongkok tercatat sebagai negara penyumbang emisi karbon sektor energi terbesar, yakni hingga 10,55 miliar ton CO2 atau setara dengan 30,69% dari total emisi global. Amerika Serikat menempati peringkat kedua, yang menghasilkan 4,82 miliar ton CO2, setara dengan 14% produksi emisi global. India dan Rusia berada di urutan berikutnya, dengan total mencapai 2,59 miliar ton CO2 dan 1,45 miliar ton CO2. Sementara itu, Indonesia berada di peringkat keenam global dengan sumbangan emisi sebesar 691,97 juta ton CO2 pada tahun 2022.

Studi oleh Shirsath dan Aggarwal (2021) menunjukkan adanya konflik atau *trade-off* antara *income* dan dampak lingkungan yang dihasilkan dari emisi karbon. Mereka mengidentifikasi bahwa upaya untuk meningkatkan produksi dan pendapatan seringkali diikuti oleh kenaikan emisi. Model optimasi rantai pasok yang berkelanjutan harus mampu menangani *trade-off* profit dan emisi karbon (Fatemeh Mohebalizadehgashti et al., 2019). Dalam konteks yang serupa pada industri makanan olahan, penelitian yang dilakukan oleh Handayani et al (2021) menggunakan model MILP untuk mengintegrasikan aspek biaya produksi-distribusi dan emisi karbon dalam rantai pasok ikan kaleng. Mereka menunjukkan bahwa peningkatan emisi karbon berbanding lurus dengan biaya operasional, sehingga menegaskan trade-off antara efisiensi biaya dan sustainability lingkungan.

MILP merupakan pendekatan optimasi matematis yang menggabungkan variabel kontinu dan diskrit, serta mampu memformulasikan fungsi tujuan dan kendala secara linier. MILP dianggap memiliki kemampuan untuk menyediakan kerangka kerja optimisasi matematika yang dapat digunakan untuk menunjukkan karakteristik persoalan (Nurdin et al., 2023). Metode ini banyak digunakan oleh peneliti untuk menyelesaikan masalah seperti perencanaan produksi, rute distribusi, dan pengurangan biaya serta emisi. Metode MILP memiliki beberapa kelebihan utama, antara lain mampu menangani variabel kontinu dan diskrit secara bersamaan.

Ragawi *Farm* merupakan usaha peternakan ayam KUB yang berlokasi di Pandowoharjo, Sleman, Yogyakarta. Ragawi *Farm* fokus pada beternak ayam kampung atau ayam KUB (Kampung Unggul Balitbangtan), yang merupakan jenis ayam yang banyak diminati oleh konsumen karena rasanya yang lezat dan memiliki kandungan gizi yang tinggi. Ragawi *Farm* tidak hanya fokus pada beternak ayam, tetapi juga mengelola keseluruhan proses mulai dari hulu hingga hilir. Mereka memproduksi dan menjual ayam siap konsumsi yang didistribusikan ke konsumen, rumah makan, dan pasar tradisional tanpa melalui proses tengkulak.

Sebagai peternak ayam, Ragawi *Farm* menghadapi tantangan dalam pengelolaan rantai pasoknya, terutama pada aspek distribusi dan biaya operasional. Sistem distribusi masih berfokus pada pemenuhan permintaan menggunakan mobil *pick-up* berbahan bakar fosil sehingga menghasilkan emisi karbon yang berdampak pada lingkungan. Di sisi lain, biaya operasional yang bervariasi berpotensi menekan profitabilitas. Kondisi ini menimbulkan *trade-off* antara upaya meningkatkan keuntungan dengan meminimalkan dampak lingkungan,

sehingga diperlukan model optimasi rantai pasok berbasis *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) untuk memperoleh keputusan optimal yang mampu memaksimalkan profit sekaligus meminimalkan emisi karbon.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model MILP untuk mengoptimalkan rantai pasok daging ayam kampung dari Ragawi *Farm* dengan tujuan utama memaksimasi profit dan meminimasi emisi karbon. Model ini akan memodelkan proses rantai pasok dari hulu hingga hilir, dengan mempertimbangkan biaya operasional hingga jejak emisi karbon yang dihasilkan. Dengan penelitian ini, diharapkan hasil penelitian mampu memberikan kontribusi nyata kepada Ragawi *Farn* terhadap sistem rantai pasok pangan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah dari penelitian ini:

1. Bagaimana pengembangan model matematis MILP pada rantai pasok daging ayam?
2. Berapa nilai optimal total profit dan total emisi karbon pada peternakan Ragawi *Farm* dengan fungsi tujuan maksimasi profit dan mereduksi emisi karbon?
3. Bagaimana hasil uji sensitivitas pada beberapa skenario kenaikan maupun penurunan parameter terhadap nilai optimal total profit dan emisi karbon?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian ini:

1. Mengembangkan model matematis MILP pada rantai pasok daging ayam.
2. Melakukan analisis untuk mengetahui nilai optimal total profit dan total emisi karbon dengan fungsi tujuan maksimasi profit dan mereduksi emisi karbon.
3. Melakukan uji sensitivitas pada beberapa skenario untuk mengetahui seberapa berpengaruh kenaikan ataupun penurunan parameter pada kedua fungsi tujuan.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat dari penelitian ini:

1. Bagi Peneliti

   Penelitian ini memungkinkan untuk mengembangkan keahlian melakukan analisis data dan menginterpretasi hasil yang kompleks dalam mengimplementasikan ilmu teori Teknik Industri.

2. Bagi Perguruan Tinggi

   Penelitian ini dapat menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan optimasi produksi dan distribusi daging ayam untuk maksimasi profit dan mereduksi emisi karbon.

3. Bagi Perusahaan

   Penenelitian ini dapat menjadi bahan evaluasi bagi Ragawi *Farm* untuk megoptimalkan proses produksi dan distribusi guna memaksimasi profit dan mereduksi emisi karbon.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan penelitian:

1. Penelitian ini hanya dilakukan di Ragawi *Farm.*
2. Fokus penelitian ini hanya pada sistem rantai pasok dari Ragawi *Farm* mulai dari produksi hingga distribusi daging ayam.
3. Data yang diperoleh dari penelitian ini melalui observasi, wawancara, dan studi literatur dari penelitian sebelumnya.

BAB II
PENDAHULUAN

2.1 Kajian Literatur

Dalam menyusun penelitian, pemahaman terhadap teori dan penelitian sebelumnya menjadi sangat penting. Kajian literatur ini akan menguraikan hasil-hasil studi terdahulu yang relevan dengan optimasi rantai pasok, profitabilitas industri peternakan, serta isu emisi karbon, sehingga dapat memperlihatkan posisi penelitian ini di antara studi yang sudah ada.

2.1.1 *State of the Art*

Berdasarkan penelitian oleh Kurniawati et al., (2024) yang berjudul *"Toward Halal Supply Chain 4.0: MILP Model for Halal Food Distribution"*, tujuan dari studi ini adalah mengembangkan model distribusi pangan halal yang efisien dan menjaga integritas halal dengan pendekatan MILP. Penelitian ini membandingkan dua model distribusi: model *full halal dedicated* yang bebas dari risiko kontaminasi silang namun memiliki biaya lebih tinggi, dan model *mixed* yang lebih hemat biaya tetapi berisiko kontaminasi. Hasilnya menunjukkan bahwa pemilihan model tergantung pada karakteristik produk dan tingkat risikonya. Studi ini juga merekomendasikan penerapan teknologi Industri 4.0 seperti AI dan *big* data untuk mengatasi keterbatasan model dalam skala data besar.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Solano-Blanco et al., (2023) dalam studi berjudul *"Production planning decisions in the broiler chicken supply chain with growth uncertainty"*, penelitian ini bertujuan untuk merancang metode perencanaan produksi ayam broiler yang mempertimbangkan ketidakpastian dalam pertumbuhan ayam. Studi ini berfokus pada integrasi antara peternakan dan rumah potong (*slaughterhouse*) untuk meningkatkan efisiensi rantai pasok. Peneliti mengembangkan dua model optimasi: (1) model dua tahap stokastik untuk menentukan ukuran lot dan modifikasi pesanan berdasarkan skenario pertumbuhan ayam, dan (2) model *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP) untuk alokasi ayam ke *grow-out houses* dengan mempertimbangkan kapasitas dan biosekuriti. Studi kasus dilakukan pada perusahaan menengah di Santa Marta, Kolombia, dan menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu menghemat biaya operasional hingga 8,6% dibandingkan metode manual. Penelitian ini menyoroti pentingnya koordinasi antar pelaku dalam rantai pasok serta fleksibilitas perencanaan dalam menghadapi ketidakpastian pertumbuhan ayam.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nguyen et al., (2021) dalam studi berjudul *"Mathematical Programming Models for Fresh Fruit Supply Chain Optimization: A Review of*

the Literature and Emerging Trends", penelitian ini bertujuan untuk meninjau dan mengklasifikasikan berbagai model matematika yang digunakan dalam optimalisasi rantai pasok buah segar. Studi ini mencakup lebih dari 70 publikasi dari tahun 1976 hingga 2021. Penelitian ini menunjukkan bahwa model *Linear Programming* (LP) dan *Mixed Integer Programming* (MIP) adalah metode yang paling umum digunakan dalam perencanaan produksi, panen, penyimpanan, dan distribusi buah segar. Selain itu, pendekatan *Stochastic Programming* dan *Robust Optimization* mulai banyak digunakan untuk menangani ketidakpastian seperti cuaca, permintaan, dan harga. Studi ini juga menyoroti bahwa sebagian besar penelitian fokus pada keputusan taktis dan operasional, serta pada buah-buah tertentu seperti apel, anggur, dan tomat. Tantangan utama dalam FFSC *(Fresh Fruit Supply Chain*) meliputi ketidakseimbangan penawaran-permintaan, risiko kerusakan produk, serta kebutuhan akan integrasi informasi dan teknologi terbaru dalam pengambilan keputusan. Penelitian ini merekomendasikan pengembangan model yang lebih terintegrasi dan adaptif terhadap data real-time serta mempertimbangkan faktor keberlanjutan, perubahan iklim, dan permintaan konsumen yang terus berubah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Taşkıner dan Bilgen., (2021) dalam studi berjudul *"Optimization Models for Harvest and Production Planning in Agri-Food Supply Chain: A Systematic Review"*, penelitian ini bertujuan untuk mengulas secara sistematis berbagai model optimasi yang digunakan dalam perencanaan panen dan produksi di rantai pasok agri-*food*. Penelitian ini menganalisis 74 artikel dari tahun 2000 hingga 2020, dan mengklasifikasikan model berdasarkan lingkup masalah, karakteristik model, dan pendekatan pemodelan. Hasilnya menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian masih terfokus pada aspek parsial seperti perencanaan panen saja atau produksi saja, dan hanya sedikit yang mengintegrasikan keduanya. Model MILP (*Mixed Integer Linear Programming*) menjadi pendekatan paling umum, sementara aspek penting seperti ketidakpastian, limbah produk, dan keberlanjutan masih jarang dimasukkan secara eksplisit. Penelitian ini juga menyoroti perlunya pengembangan model yang mempertimbangkan perishable products, integrasi teknologi, dan penerapan nyata dengan studi kasus lapangan.

Berdasarkan penelitian oleh Azab et al., (2023) dalam studi berjudul *"A Bi-Objective Mixed-Integer Linear Programming Model for a Sustainable Agro-Food Supply Chain with Product Perishability and Environmental Considerations"*, penelitian ini bertujuan mengembangkan model optimasi rantai pasok agro-*food* yang mempertimbangkan dua tujuan:

memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan emisi CO_2. Model ini mengintegrasikan keputusan strategis (seperti rotasi tanaman) dan taktis (seperti transportasi, penyimpanan, dan pengolahan), dengan memperhitungkan karakteristik spesifik agro-food seperti musiman dan daya rusak produk. Model ini diuji pada studi kasus rantai pasok gula bit di Belanda dan mampu memberikan keputusan optimal terkait jadwal tanam, alokasi lahan, transportasi, serta pemrosesan produk. Hasilnya menunjukkan bahwa pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi ekonomi, tetapi juga mengurangi dampak lingkungan secara signifikan. Penelitian ini berkontribusi sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam mendesain rantai pasok agro-food yang berkelanjutan dan responsif terhadap kebutuhan global akan ketahanan pangan dan pengelolaan lingkungan yang lebih baik.

Berdasarkan penelitian oleh Emmanuel et al., (2024) dalam studi berjudul *"Optimization of Poultry Farm Production Planning for Maximum Returns Using Mixed-Integer Linear Programming Approach"*, tujuan penelitian ini adalah mengoptimalkan perencanaan produksi peternakan ayam untuk memaksimalkan keuntungan. Penelitian dilakukan pada sebuah peternakan skala menengah di Anambra State, Nigeria, dengan menggunakan pendekatan *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP). Model mempertimbangkan berbagai kendala nyata seperti kapasitas produksi, ketersediaan pakan, jam kerja tenaga kerja, biaya transportasi, dan pengeluaran pemasaran. Hasilnya menunjukkan strategi produksi optimal dengan keuntungan maksimum sebesar $2.384,19. Analisis sensitivitas juga dilakukan dan menunjukkan bahwa fluktuasi permintaan memiliki pengaruh terbesar terhadap profitabilitas. Studi ini menunjukkan bahwa pendekatan MILP sangat efektif untuk mendukung pengambilan keputusan dalam manajemen peternakan, khususnya dalam hal alokasi sumber daya dan perencanaan produksi yang berkelanjutan.

Berdasarkan penelitian oleh Nakrachata et al., (2024) dalam studi berjudul *"Optimizing Vertically Integrated Pork Production Supply Chain: A Lagrangian Heuristic Approach"*, penelitian ini bertujuan mengoptimalkan perencanaan produksi dalam rantai pasok terintegrasi vertikal untuk industri babi, yang mencakup pabrik pakan, peternakan penggemukan, dan rumah potong. Model yang dikembangkan menggunakan pendekatan *Mixed-Integer Linear Programming (MILP)* dan diselesaikan dengan metode *Lagrangian relaxation* serta *subgradient heuristic*. Studi ini menghasilkan perencanaan produksi yang terkoordinasi antara pabrik pakan dan peternakan untuk memenuhi permintaan rumah potong dengan biaya minimum. Dibandingkan dengan software komersial seperti LINGO, algoritma heuristik yang

diusulkan mampu memberikan solusi optimal lebih cepat untuk kasus kecil dan solusi layak lebih baik untuk skenario besar. Penelitian ini juga melakukan *sensitivity analysis* terhadap perubahan permintaan dan menunjukkan bahwa peningkatan permintaan dapat menurunkan biaya total rantai pasok secara keseluruhan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Irawan et al., (2022) dalam studi berjudul *"The Supply Chain Planning Optimization Model for the Cattle Feed Industry with a Linear Programming Approach"*, penelitian ini bertujuan mengoptimalkan perencanaan produksi pakan ternak ruminansia skala kecil-menengah menggunakan model *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP). Objek penelitian adalah CV.ABC di Klaten, dengan produk utama berupa konsentrat sapi perah dan sapi potong. Model yang dikembangkan mempertimbangkan kapasitas pemasok bahan baku, permintaan pasar, serta standar gizi sesuai SNI. Hasilnya, model mampu menentukan jumlah produksi optimal: 300.000 kg untuk sapi perah dan 422.168 kg untuk sapi potong, dengan keuntungan maksimum Rp348 juta. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa perubahan harga hanya memengaruhi jumlah produksi sapi potong, sedangkan sapi perah tetap karena permintaannya konstan. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi perencanaan produksi dan formulasi pakan dapat meningkatkan efisiensi, konsistensi nutrisi, serta profitabilitas pada industri pakan skala kecil-menengah.

Berdasarkan penelitian oleh Rodríguez et al., (2024) dalam studi berjudul "*Mathematical Model for the Design of a Broiler Chicken Supply Chain*", penelitian ini bertujuan merancang jaringan rantai pasok ayam broiler menggunakan model pemrograman linear untuk meminimalkan biaya transportasi. Penelitian dilakukan dalam konteks kota di Kolombia, dengan mempertimbangkan tiga level rantai pasok: *hatchery* (penetasan), peternakan broiler, dan rumah potong. Model ini mempertimbangkan kapasitas fasilitas, permintaan, jarak antar lokasi, dan jumlah perjalanan pengiriman. Hasil simulasi menunjukkan biaya distribusi tahunan sebesar USD 31,2 juta, dengan rute distribusi dan jumlah pengiriman yang efisien selama 12 bulan. Model ini belum mempertimbangkan faktor kematian ayam selama transportasi, yang direncanakan akan dimasukkan dalam penelitian lanjutan. Studi ini memberikan kontribusi penting dalam pengambilan keputusan strategis untuk desain rantai pasok ayam broiler yang efisien, khususnya di sektor agroindustri dengan produk mudah rusak.

Berdasarkan penelitian oleh Roig et al., (2018) dalam studi berjudul *"Bi-Objective Optimization Model Based on Profit and CO_2 Emissions for Pig Deliveries to the Abattoir"*, penelitian ini bertujuan mengembangkan model optimasi pengiriman babi ke rumah potong

yang mempertimbangkan dua tujuan: memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan emisi CO_2. Model dikembangkan untuk peternakan penggemukan babi di Spanyol dengan pendekatan *bi-objective mixed integer linear programming*. Model mempertimbangkan variabel seperti bobot hidup, bonus kualitas karkas, konsumsi pakan, dan jenis truk transportasi. Hasial menunjukkan bahwa pengurangan emisi sebesar 6,05% dapat dicapai dengan pengorbanan keuntungan hanya sebesar 4,48%. Penelitian ini menekankan pentingnya menyeimbangkan tujuan ekonomi dan lingkungan dalam pengambilan keputusan rantai pasok ternak babi.

Berdasarkan penelitian oleh Erika dan Manurung, (2021) dalam studi berjudul *"Optimasi Biaya Distribusi Multi-Eselon untuk Multi-Produk Menggunakan Mix Integer Linier Programming"*, diketahui bahwa tujuan penelitian ini adalah meminimalkan biaya distribusi pada perusahaan minuman ringan melalui penambahan pusat distribusi (DC) sebagai pusat konsolidasi. Model MILP yang digunakan mempertimbangkan biaya transportasi, penanganan material, dan fasilitas DC. Hasil simulasi menunjukkan efisiensi biaya distribusi meningkat hingga 15,29% dibandingkan metode sebelumnya.

Berdasarkan penelitian oleh Jeremi dan Vanany, (2023) dalam studi berjudul *"*Model Optimasi Rantai Pasok Susu Sapi Segar untuk Mereduksi Emisi Karbon dan *Food Waste"*, diketahui bahwa penelitian ini bertujuan mengoptimalkan biaya, limbah makanan, dan emisi karbon dalam rantai pasok susu segar di Jawa Barat menggunakan metode MILP. Hasilnya menunjukkan biaya total Rp18 miliar, *food waste* sebesar 21.734 liter, dan emisi karbon 109.526 lt.CO2-eq. Model ini menggunakan pendekatan *multi-echelon* dan multi-periode dalam konteks rantai dingin yang kompleks.

Berdasarkan penelitian oleh Rachman dan Mawengkang, (2023) dalam studi berjudul *"Perencanaan Produksi Makanan Laut Dengan Pertimbangan Permintaan dan Kapasitas"*, diketahui bahwa penelitian ini bertujuan meminimalkan biaya produksi makanan laut dengan mempertimbangkan ketidakpastian permintaan. Model diselesaikan menggunakan pendekatan MILP yang memberikan hasil keputusan produk yang diproduksi serta jumlah produksinya secara optimal.

Berdasarkan penelitian oleh Setiawan dan Gultom, (2022) dalam studi "Penerapan Integer Linear Programming dengan Menggunakan Metode Branch and Bound untuk Mengoptimalkan Jumlah Produksi Roti Isi pada France Bakery Binjai", diketahui bahwa tujuan penelitian ini adalah mengoptimalkan jumlah produksi roti isi untuk memaksimalkan

keuntungan berdasarkan keterbatasan bahan baku. Metode MILP dengan pendekatan branch and bound menghasilkan peningkatan keuntungan sebesar 10,03% atau Rp722.000 dibandingkan kondisi awal.

Berdasarkan penelitian oleh Oktaviani dan Murnawan, (2022) dalam studi ″Penentuan Rute Distribusi Pengiriman Es Balok Guna Meminimasi Biaya Pengiriman di PT Moya Kasri Wira Jatim″, diketahui bahwa tujuan penelitian ini adalah menentukan rute distribusi optimal menggunakan metode MILP dan metode *saving*. Hasil optimasi menunjukkan efisiensi jarak tempuh sebesar 33,61% dan penghematan biaya pengiriman hingga 24,29%.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

No	Penulis dan Tahun	Objek Industri				Metode	
		Daging Hewan	Buah	Makanan/ Minuman	Pakan Ternak	MILP	LP
1	(Kurniawati et al., 2024)	√				√	
2	(Solano-Blanco et al., 2023)	√				√	
3	(Nguyen et al., 2021)		√			√	√
4	(Taşkıner & Bilgen, 2021)			√		√	
5	(Azab et al., 2023)		√			√	
6	(Chukwumuanya Emmanuel et al., 2024)	√				√	
7	(Nakrachata-Amon et al., 2024)	√				√	
8	(Irawan et al., 2022)				√	√	
9	(Paredes-Rodríguez et al., 2024)	√				√	√
10	(Nadal-Roig et al., 2018)	√				√	
11	(Erika & Manurung, 2021)			√		√	
12	(Jeremi & Vanany, 2023)			√		√	
13	(Rachman & Mawengkang, 2023)	√				√	
14	(Diky Setiawan & Gultom, 2022)			√		√	
15	(Oktaviani & Murnawan, 2022)			√		√	
16	Usulan Peneliti	√				√	

Berdasarkan berbagai studi yang telah dikaji, terlihat bahwa pendekatan *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP) secara konsisten digunakan sebagai metode yang efektif dalam

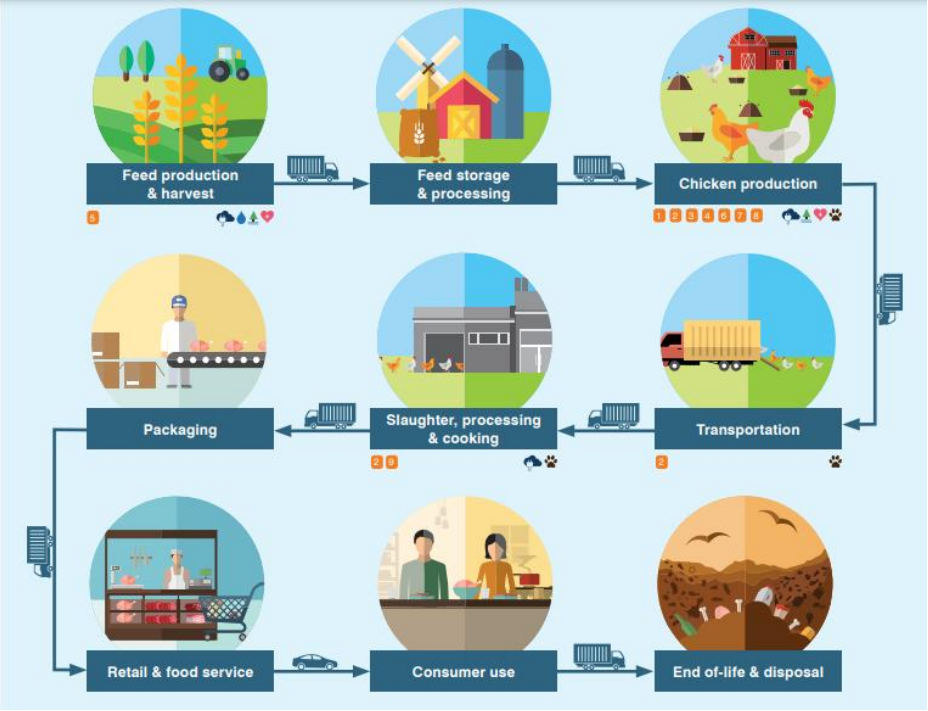
mengoptimalkan perencanaan produksi dan distribusi di berbagai sektor rantai pasok agroindustri, termasuk pangan halal, unggas, buah segar, peternakan, pakan ternak, serta produk perikanan dan minuman. Penggunaan MILP terbukti mampu meningkatkan efisiensi biaya, meminimalkan risiko kontaminasi dan limbah, serta mendukung tujuan keberlanjutan melalui pengurangan emisi karbon. Selain itu, integrasi teknologi seperti *big data*, AI, dan *heuristic algorithms* menjadi tren penting untuk mengatasi kompleksitas dan ketidakpastian dalam pengambilan keputusan. Dengan demikian, pengembangan model optimasi berbasis MILP yang adaptif, terintegrasi, dan berorientasi keberlanjutan sangat relevan untuk mendukung efisiensi, profitabilitas, dan tanggung jawab lingkungan dalam pengelolaan rantai pasok agroindustri di masa depan.

2.2 Landasan Teori

Berikut merupakan landasan teori dari penelitian ini:

2.2.1 *Food Supply Chain Management* (FSCM)

Food Supply Chain Management (FSCM) adalah proses perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengendalian aliran bahan pangan mulai dari produsen primer (petani, peternak) hingga ke konsumen akhir (Bibit Satriono et al., 2020). Rantai pasok pangan mencakup aktivitas seperti produksi, pengolahan, distribusi, penyimpanan, dan pemasaran dengan tujuan untuk menjaga kualitas, keamanan, serta ketersediaan produk pangan secara efisien dan berkelanjutan. FSCM juga dapat diartikan sebagai serangkaian proses dan hubungan antara produksi dan distribusi pangan, mulai dari bahan baku hingga produk siap konsumsi, yang saling tergantung dalam menciptakan nilai tambah terhadap produk pangan (Soliha Hani & Subekti, 2018).



Gambar 2. 1 FSCM

Sumber: (TraceX, 2021)

Pada Gambar 2. 1 yang bersumber dari TraceX, (2021) gambar memperlihatkan alur rantai pasok daging ayam secara komprehensif mulai dari pembibitan, penetasan, produksi pakan, dilanjutkan pemrosesan dan pemotongan, distribusi, hingga mencapai retail/konsumen akhir. Setiap tahap memainkan peran penting dalam proses penyaluran ayam hidup hingga menjadi produk daging di meja konsumen. Pembibitan memastikan kualitas genetik bibit induk, kemudian telur dierami di penetasan untuk menghasilkan Day-Old Chicks (DOC). Selanjutnya, produksi pakan memasok nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan ayam. Peternakan broiler kemudian membesarkan ayam hingga mencapai bobot siap potong. Di pemrosesan, ayam disembelih, dipotong, dibersihkan, dikemas, dan disiapkan untuk distribusi. Tahap distribusi kemudian menyebarkan produk ke berbagai ritel, seperti supermarket dan pasar tradisional, hingga akhirnya dikonsumsi oleh konsumen akhir.

Perbedaan FSCM dengan SCM menurut Boateng, (2021) yaitu *Supply Chain Management* (SCM) berfokus pada pengelolaan aliran barang, informasi, dan uang untuk meningkatkan efisiensi dan kepuasan pelanggan di berbagai sektor industri, sementara *Food Supply Chain Management (FSCM)* lebih fokus pada pengelolaan produk pangan yang mudah rusak, dengan perhatian khusus pada keamanan, keterlacakan, dan kepatuhan terhadap regulasi kualitas serta halal. Dengan kata

lain, FSCM adalah bentuk khusus dari SCM yang menuntut pengawasan lebih ketat terhadap kualitas dan ketahanan produk pangan.

2.2.2 Kondisi Industri Peternakan Ayam KUB di Indonesia

Industri peternakan ayam KUB di Indonesia menunjukkan perkembangan yang signifikan dan memiliki potensi yang besar dalam mendukung ketahanan panngan nasional serta meningkatkan kesejahteraan peternak lokal. Ayam KUB yang merupakan hasil dari inovasi Balai Penelitian ternak (Balitnak), merupakan ayam kampung unggul yang memiliki produktivitas lebih tinggi dibandingkan dengan ayam kampung biasa, baik dalam memproduksi telur maupun pertumbuhan daging (Tukang Angon, 2024). Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) berdasarkan penelitian Fitriani et al., (2023), konsumsi daging ayam kampung di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, bahwa hal tersebut dapat mencerminkan peluang pasar yang luas bagi pengembangan ayam KUB.

Pemerintah melalui Balitbangtan dan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) telah aktif dalam hal mendistribusikan bibit ayam KUB ke berbagai daerah yang ada di Indonesia (Setiyo Bardono, 2021). Program ini bertujuan dalam hal meningkatkan populasiayam KUB dan mendukung peternak lokal dalam mengembangkan usaha peternakan ayam KUB (BSIP KEMENTAN, 2024). Contohnya, BPTP Sumatera Utara telah melaksanakan program pengembangan ayam KUB dengan cara melibatkan petani dan peternak sebagai peternak inti dan plasma (Aulia Rahmad Hasyim et al., 2021). Meskipun memiliki prospek yang cerah, menurut artikel Poultry Indonesia, (2024) industri peternakan ayam KUB di Indonesia menghadapi beberapa tantangan, antara lain:

1) Ketersediaan Pakan Berkualitas

   Ketersediaan pakan yang berkualitas dan terjangkau menjadi perhatian serius bagi para peternak untuk memastikan produksi ternak yang sehat dan berkualitas.

2) Kesehatan Ternak

   Menjaga kesehatan ayam KUB dari penyakit merupakan tantangan tersendiri, mengingat ayam kampung lebih rentan terhadap penyakit dibandingkan ayam ras.

3) Persaingan Pasar

   Ayam KUB harus bersaing dengan ayam ras broiler yang memiliki pertumbuhan lebih cepat dan harga yang lebih murah di pasar.

Namun, peluang untuk mengembangkan industri ini juga sangat besar mengingat tingginya permintaan akan produk-produk unggas di pasar domestik maupun internasional. Menurut Antikasari et al., (2023) analisis keberlanjutan pada usaha ayam KUB menunjukkan bahwa usaha ayam KUB memiliki nilai keberlanjutan yang baik pada dimensi ekologi, ekonomi, dan sosial.

Tetapi, masih terdapat ruang untuk perbaikan pada dimensi teknologi dan kelembagaan, yang menunjukkan perlunya peningkatan dalam aspek teknologi peternakan dan penguatan kelembagaan peternak. Industri peternakan ayam KUB di Indonesia memiliki potensi besar untuk berkembang dan berkontribusi dalam pemenuhan kebutuhan protein hewani masyarakat. Dengan dukungan pemerintah, peningkatan kapasitas peternak, serta penguatan kelembagaan dan teknologi, ayam KUB dapat menjadi solusi dalam meningkatkan kesejahteraan peternak dan ketahanan pangan nasional.

2.2.3 Konsumsi Ayam KUB di Indonesia

Konsumsi ayam KUB di Indonesia menunjukkan tren peningkatan dikarenakan kesadaran masyarakat akan pentingnya konsumsi protein hewani dan preferensi terhadap produk ayam kampung yang memiliki cita rasa yang khas. Menurut data Kementerian Pertanian, konsumsi daging ayam KUB di Indonesia mengalami peningkatan sebesar 15% per tahun (Hobi Ternak, 2023). Pada tahun 2019, produksi ayam KUB mencapai sekitar 175 juta ekor dengan nilai produksi sebesar 3,9 triliun rupiah (Widiansyah Anugerah, 2023). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), konsumsi daging ayam ras atau kampung di Indonesia pada tahun 2021 sebesar 0,14 kilogram per kapita per minggu, naik 9,23% dibandingkan tahun 2020 yang sebesar 0,13 kilogram (Regina Deze et al., 2025).

2.2.4 Rantai Pasokan pada Industri Peternakan Ayam KUB

Rantai pasokan (*supply chain*) dalam industri peternakan ayam KUB di Indonesia mencakup berbagai tahapan, mulai dari penyediaan bibit hingga distribusi produk akhir ke konsumen. Meskipun struktur rantai pasok ayam KUB memiliki kesamaan dengan ayam kampung pada umumnya, terdapat beberapa karakteristik khusus yang membedakannya. Berikut merupakan tahapan dari rantai pasok ayam KUB:

1) Penyediaan Bibit DOC

   Bibit ayam KUB yang lebih dikenal sebagai *Day Old Chick* (DOC) didistrbusikan melalui program pemerintah dan kemitraan dengan peternak lokal.

2) Pembesaran dan Produksi

   Setelah peternak menerima bibit DOC, peternak melakukan proses pembesaran ayam KUB hingga usia produktif. Untuk memastikan pertumbuhan ayam yang optimal ada beberapa hal yang harus diperhatikan seperti, manajemen pemeliharaan, pemberian pakan yang sehat, pengendalian penyakit, dan manajemen kandang. Ayam KUB memproduksi telur mencapai 160-180 butir per tahun dan konsumsi pakan 80-85 gram per ekor per hari.

3) Distribusi dan Pemasaran

Ayam KUB dan produknya dijual ke pasar melalui berbagai saluran setelah mencapai usia panen atau masa produksi telur. Pedagang besar membeli ayam hidup dari peternak, kemudian ayam didistribusikan ke Rumah Potong Ayam (RPA) sebelum menjualnya ke konsumen akhir, seperti rumah tangga dan restoran.

Rantai pasok ayam KUB mencakup 3 tahap, pertama penyediaan bibit DOC. Kedua, tahap pembesaran dan produksi oleh peternak. Ketiga, distribusi produk daging ayam ke konsumen akhir yang melalui proses distribusi ke RPA dahulu.

2.2.5 Perencanaan Distribusi pada Rantai Pasokan pada Ayam KUB

Perencaan distribusi pada rantai pasok ayam KUB merupakan tahap yang sangat penting untuk memastikan produk ayam KUB, baik bibit DOC, ayam hidup, daging, hingga telur, dapat sampai ke konsumen akhir secara efisien dan tepat waktu. Untuk memastikan bahwa produk tetap dalam kondisi baik saat sampai di pasar, distribusi ini mengatur alur pengiriman, mitra distribusi, waktu pengiriman, dan metode transportasi yang tepat. Setelah ayam siap panen, produk hasil ternak baik ayam hidup ataupun daging yang telah dipotong didistribusikan ke konsumen akhir melalui berbagai jalur, seperti pasar tradisional, pengecer, hingga restoran.Distribusi yang direncanakan dengan baik dapat meningkatkan efektivitas logistik dan memastikan bahwa produk tetap tersedia di pasar. Menurut Chopra dan Meindl, (2007) dalam perencanaan distribusi, ada dua aspek utama yang harus dievaluasi yaitu:

1) Kebutuhan pelanggan yang terpenuhi (*customer needs that are met)*
2) Biaya untuk memenuhi kebutuhan pelanggan (*cost of meeting customer needs)*

Dalam konteks ayam KUB, dua dimensi tersebut mencakup waktu pengiriman (*response time)*, ketersediaan produk (*availability)*, dan biaya transportasi dan penyimpanan. Hal tersebut sangatlah penting dikarenakan produk daging ayam termasuk produk yang mudah rusak. Peternak ayam KUB harus memperhatikan integrasi data produksi dan menyesuaikan kapasitas pengiriman dengan permintaan pasar untuk meningkatkan efisiensi distribusi. Selain itu, metode transportasi berpendingin, atau cold chain, diperlukan untuk memastikan bahwa kualitas produk tetap terjaga selama pengiriman hingga sampai ke pelanggan (Maulidya et al., 2019).

2.2.6 Metode Mixed Integer Linear Programming (MILP)

Mixed Integer Linear Programming (MILP) merupakan metode optimisasi matematis yang digunakan untuk menyelesaikan masalah dengan fungsi tujuan dan kendala linear. Dalam metode MILP, sebagian variabel keputusan dibatasi sebagai bilangan bulat (*integer*), sementara sisanya dapat berupa bilangan *real*. Karena kemampuan MILP untuk menangani kombinasi

variabel diskrit dan kontinu, ia sering digunakan dalam berbagai bidang seperti penjadwalan, perencanaan produksi, dan logistik. Menurut Kumar dan Mageshvaran, (2020) MILP merupakan pendekatan deterministik yang digunakan dalam penyelesaian masalah optimisasi linier yang melibatkan variabel integer dan kontinu. Metode ini memungkinkan pemodelan yang lebih realistis untuk masalah kehidupan nyata seperti jumlah unit yang harus diproduksi atau dikirim.

Penelitian oleh Rosyidi et al., (2022) menciptakan model MILP untuk alokasi pesanan dalam layanan logistik dengan kustomisasi massal. Model ini membantu bisnis meningkatkan daya saing dengan mengoptimalkan manajemen rantai pasok. Model MILP yang dikembangkan oleh Fathollahzadeh et al., (2024) bertujuan untuk merancang rantai pasok daging sapi yang berkelanjutan dengan mempertimbangkan dua sasaran utama, yaitu maksimasi profit dan minimasi emisi karbon. Dengan demikian, model ini bertujuan menciptakan sistem rantai pasok yang optimal, seimbang antara profitabilitas dan keberlanjutan lingkungan. Berikut merupakan model matematis yang dikembangkan oleh (Fathollahzadeh et al., 2024):

Objective functions:

$$
\begin{aligned}
Max\ Z1 = \sum_{\xi} \pi_{\xi} \Bigg[& \sum_{m,c^1,t} X_{m,c^1,t,\xi} \times P_{m,t,\xi} + \sum_{b,c^2,t} X_{b,c^2,t,\xi} \times P_{b,t,\xi} \\
& + \sum_{f,c^3,t} X_{f,c^3,t,\xi} \times P_{f,t,\xi} + \sum_{h,c^4,t} X_{h,c^4,t,\xi} \times P_{h,t,\xi} \\
& - \Bigg(\sum_{s,m,t} Z_{s,m,t,\xi} \times C_{s,m,\xi} + \sum_{s,b,t} Z_{s,b,t,\xi} \times C_{s,b,\xi} \\
& + \sum_{s,f,t} Z_{s,f,t,\xi} \times C_{s,f,\xi} + \sum_{f,c,t} X_{f,c,t,\xi} \times C_f + \sum_{a,s,t} U_{a,s,t,\xi} \times C_s \\
& + \sum_{a,s,t} U_{a,s,t,\xi} \times C_{a,s,\xi} + \sum_{l,a,t} V_{a,l,t,\xi} \times C_{l,a,\xi} \\
& + \sum_{a,l,t} R_{a,l,t,\xi} \times C_l + \sum_{h,c,t} X_{h,c,t,\xi} \times C_h + \sum_{p,l,t} R_{p,l,t,\xi} \times C_p \Bigg) \Bigg] \\
& - \Bigg[\sum_{m} Y_m \times F_m + \sum_{b} Y_b \times F_b + \sum_{f} Y_f \times F_f + \sum_{h} Y_h \times F_h \\
& + \sum_{p} Y_p \times F_p + \sum_{s} Y_s \times F_s \Bigg]
\end{aligned}
\tag{2.1}
$$

Pada persamaan (2.1) merupakan fungsi tujuan pertama pada model ini yang dirancang untuk memaksimalkan keuntungan keseluruhan rantai pasok. Komponen keuntungan diperoleh dari penjualan berbagai produk, yaitu daging segar, daging beku, produk olahan daging, dan produk kulit. Sementara itu, komponen biaya mencakup biaya pembelian daging dari rumah potong hewan oleh pihak-pihak yang mengolah lebih lanjut, biaya konversi daging menjadi produk jadi, biaya pengolahan sapi menjadi kulit, serta biaya transportasi dari peternakan ke rumah potong. Selain itu, biaya lain yang diperhitungkan meliputi pembelian pakan ternak, pengolahan limbah ternak menjadi pupuk, pengolahan kulit menjadi produk kulit, dan pengolahan darah limbah menjadi pupuk. Di luar biaya operasional tersebut, model juga memasukkan biaya tetap berupa pembangunan fasilitas pada setiap tahap rantai pasok.

$$
\begin{aligned}
Min\ Z2 = & \sum_{m} Y_m \times G_m + \sum_{b} Y_b \times G_b + \sum_{f} Y_f \times G_f + \sum_{h} Y_h \times G_h \\
& + \sum_{p} Y_p \times G_p + \sum_{l,a,t,\xi} V_{l,a,t,\xi} \times E_{l,a} + \sum_{l,a,t,\xi} V_{l,a,t,\xi} \times E_{l,a} \\
& + \sum_{a,s,t,\xi} U_{a,s,t,\xi} \times E_{a,s} + \sum_{s,m,t,\xi} Z_{s,m,t,\xi} \times E_{s,m} \\
& + \sum_{s,b,t,\xi} Z_{s,b,t,\xi} \times E_{s,b} + \sum_{s,f,t,\xi} Z_{s,f,t,\xi} \times E_{s,f} \\
& + \sum_{m,c^1,t,\xi} X_{m,c^1,t,\xi} \times E_{m,c^1} + \sum_{b,c^2,t,\xi} X_{b,c^2,t,\xi} \times E_{b,c^2} \\
& + \sum_{f,c^3,t,\xi} X_{f,c^3,t,\xi} \times E_{f,c^3} + \sum_{s,p,t,\xi} W_{s,p,t,\xi} \times E_{s,p} \\
& + \sum_{p,l,t,\xi} P_{p,l,t,\xi} \times E_{p,l} + \sum_{s,h,t,\xi} W_{s,h,t,\xi} \times E_{s,lf} \\
& + \sum_{h,c^4,t,\xi} X_{h,c^4,t,\xi} \times E_{h,c^4}
\end{aligned}
\tag{2.2}
$$

Pada persamaan (2.2) merupakan fungsi tujuan kedua dalam model ini yang difokuskan pada pengurangan dampak lingkungan melalui minimisasi emisi karbon. Komponen emisi yang diperhitungkan terdiri dari dua bagian utama: emisi yang timbul akibat pembangunan fasilitas rantai pasok, serta emisi yang muncul selama aktivitas transportasi material maupun produk antar fasilitas dalam sistem rantai pasok. Dengan demikian, fungsi tujuan ini menekankan aspek keberlanjutan lingkungan melalui pengendalian emisi dari aktivitas konstruksi dan distribusi.

2.2.7 Emisi Karbon

Emisi karbon (CO_2) adalah salah satu yang menyebabkan perubahan iklim global yang berasal dari kegiatan pembakaran bahan bakar fosil, penggunaan listrik, serta kegiatan industri dan transportasi. Emisi menjadi indikator yang sangat penting dalam menilai kontribusi suatu negara ataupun perusahaan terhadap pencemaran udara (Santana & Maria, 2024). Pengungkapan emisi karbon merupakan cara perusahaan menunjukkan komitmennya terhadap keberlanjutan dan tanggung jawab lingkungan. Menurut Yusuf, (2020) pengungkapan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor internal seperti ukuran perusahaan, profitabilitas, dan tingkat *leverage*. Semakin besar dan menguntungkan suatu perusahaan, semakin besar kemungkinan

mereka untuk mengungkapkan informasi tentang emisi karbon sebagai bentuk transparansi kepada publik.

Selain itu, faktor kinerja dan lingkungan juga sangat penting. Perusahaan dengan kinerja dan lingkungan yang baik akan lebih terbuka dalam hal menyampaikan emisi karbonnya, karena hal itu dianggap mampu mengelola dampak lingkungan dengan efektif (Ratmono, 2019). Jejak karbon juga dapat diukur pada institusi pendidikan, bukan hanya di skala industri. Penelitian yang dilakukan oleh Admaja dan Sriwinarno, (2018) menunjukkan bahwa konsumsi listrik yang tinggi dapat berkontribusi terhadap emisi karbon pada institusi pendidikan. Oleh karena itu, mempertimbangkan strategi efisiensi energi dan pengelolaan sumber daya sangat penting untuk menekan jejak emisi karbon.

Emisi karbon dari pendistribusian daging ayam di Indonesia merupakan bagian yang penting dari seluruh jejak karbon dalam rantai pasok industri unggas (Hidayatuloh et al., 2024). Sebuah studi yang dilakukan oleh Azmi et al., (2023) menggunakan metode pendekatan *life cycle assesment* untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari proes produksi ayam di Indonesia, Hasilnya menunjukkan bahwa konsumsi 1 kg ayam menghasilkan emisi sebesar 5,86 kg CO_{2-eq}, yang berkontribusi terutama pada produksi pakan, pengelolaan limbah, dan penggunaan energi.

2.2.8 Upaya Pengurangan Emisi Karbon

Pengurangan emisi karbon dari transportasi distribusi daging ayam di Indonesia adalah langkah penting menuju pembangunan sektor peternakan unggas yang rendah jejak karbon. Berikut ini adalah beberapa pendekatan yang bisa digunakan :

1) Optimalisasi rute dan efisiensi logistik

   Menurut (IESR, 2023) penggunaan teknologi GPS dan sistem manajemen armada membantu dalam merencanakan rute yang efisien dan mengurangi waktu tempuh; ini dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi karbon.

2) Penggunaan kendaraan ramah lingkungan

   Mengubah sistem distribusi menjadi kendaraan listrik atau kendaraan yang menggunakan bahan bakar alternatif seperti CNG (*Compressed Natural Gas*) dapat menurunkan emisi gas rumah kaca secara signifikan. Pemerintah Indonesia mendorong elektrifikasi transportasi sebagai bagian dari upaya mencapai emisi nol bersih pada tahun 2060 (IESR, 2023).

3) Penggunaan kemasan ramah lingkungan

Ketika produk didistribusikan, penggunaan kemasan yang dapat didaur ulang atau terbuat dari bahan biodegradable membantu mengurangi emisi karbon. Desain kemasan yang efektif juga dapat mengurangi berat dan volume, sehingga mengurangi konsumsi energi transportasi saat mengangkut barang (Matilda, 2025).

4) Kolaborasi dengan pemasok lokal

Memperpendek jalur distribusi rantai pasok dengan bekerja sama bersama peternak lokal dapat mengurangi jarak tempuh distribusi dan dapat menurunkan konsumsi bahan bakar dan emisi karbon, strategi ini juga mendukung ekonomi lokal dan berkelanjutan industri peternakan (Matilda, 2025).

Implementasi strategi-strategi tersebut memerlukan kolaborasi antara pemerintah, pelaku industri, dan masyarakat untuk menciptakan sistem distribusi daging ayam yang efisien dan berkelanjutan.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini mencakup seluruh pihak yang terlibat secara langsung dalam proses produksi dan distribusi daging ayam pada rantai pasok Ragawi *Farm.* Pihak yang terlibat langsung dalam rantai pasok ini merupakan individu maupun unit kerja yang berperan akif dalam tahap proses, mulai dari peternakan, proses pemotonngan di RPA, penyimpanan, hingga distribusi daging ayam ke konsumen. Dalam penelitian ini, rantai pasok tidak hanya difokuskan untuk memaksimalkan profit tetapi juga untuk meminimalkan emisi karbon yang dihasilkan dari kegiatan distribusi daging ayam. Oleh karena itu, peran seluruh pihak dalam rantai pasok sangat penting dalam mendukung penerapan model optimasi menggunakan pendekatan *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP) untuk menghasilkan keputusan yang strategis dan seimbang antara aspek ekonomi dan lingkungan.

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah sistem pengelolaan rantai pasok daging ayam pada Ragawi *Farm* yang berlokasi di Pandowoharjo, Sleman, Yogyakarta. Penelitian ini berfokus pada optimalisasi proses produksi dan distribusi yang bertujuan untuk memaksimalkan profit dan meminimalkan emisi karbon. Penelitian ini mengkaji setiap tahapan dalam rantai pasok ayam, mulai dari proses pembesaran, pemotongan, penyimpanan, hingga distribusi ke konsumen. Optimalisasi dilakukan dengan mempertimbangkan variabel-variabel biaya produksi, kapasitas, permintaan pasar, serta emisi karbon pada aktivitas distribusinya. Model MILP digunakan sebagai alat untuk pengambilan keputusan untuk menentukan strategi distribusi dan produksi yang paling optimal. Oleh karena itu, objek penelitian ini tidak hanya mencerminkan profitabilitas, tetapi juga mempertimbangkan dari dampak lingkungan akibat emisi karbon yang tercipta dari aktivitas distribusi rantai pasok.

3.3 Data Penelitian

Berikut merupakan data penelitian yang disgunakan:

1) Data Primer

   Data primer dalam penelitian ini merujuk pada informasi yang dikumpulkan secara langsung dari sumber di lapangan guna mendukung pengembangan model optimasi. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses produksi dan

distribusi daging ayam, serta wawancara dengan pihak-pihak yang terlibat dalam operasional, seperti manajer produksi, staf gudang, dan logistik. Data ini diperlukan untuk memperoleh gambaran riil mengenai kapasitas produksi, rute distribusi, permintaan pelanggan, biaya operasional, dan potensi emisi karbon yang dihasilkan.

2) Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang berasal dari berbagai sumber yang telah dipublikasikan sebelumnya, seperti laporan perusahaan, literatur ilmiah, artikel jurnal, dan data resmi dari instansi pemerintah. Dalam penelitian ini, data sekunder digunakan untuk memperkuat analisis dan perumusan model, khususnya yang berkaitan dengan parameter emisi karbon, teknik perencanaan distribusi, serta penerapan metode optimasi seperti *Mixed Integer Linear Programming* (MILP). Sumber data sekunder juga mencakup kajian terdahulu yang membahas efisiensi rantai pasok pangan dan strategi pengurangan emisi.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Berikut merupakan metode pengumpulan data yang digunakan:

1) Observasi

Observasi dilakukan untuk memperoleh pemahaman menyeluruh mengenai proses produksi dan distribusi daging ayam secara langsung di lapangan. Metode ini memungkinkan peneliti untuk mengamati aktivitas secara nyata, tanpa campur tangan terhadap jalannya proses. Dalam penelitian ini, observasi digunakan untuk mencatat detail operasional seperti alur produksi, kapasitas penyimpanan, pola pengiriman, waktu tempuh distribusi, serta potensi sumber emisi karbon yang muncul di tahap distribusi.

2) Wawancara

Wawancara diterapkan untuk mendapatkan informasi yang lebih mendalam dan kontekstual dari pihak-pihak yang terlibat langsung dalam pengelolaan rantai pasok. Peneliti melakukan sesi tanya jawab secara langsung dengan personel terkait, seperti kepala bagian produksi, staf perencanaan distribusi, dan manajer logistik. Melalui wawancara ini, diperoleh informasi mengenai kendala operasional, strategi efisiensi biaya, serta pendekatan yang diterapkan untuk meminimalkan dampak lingkungan.

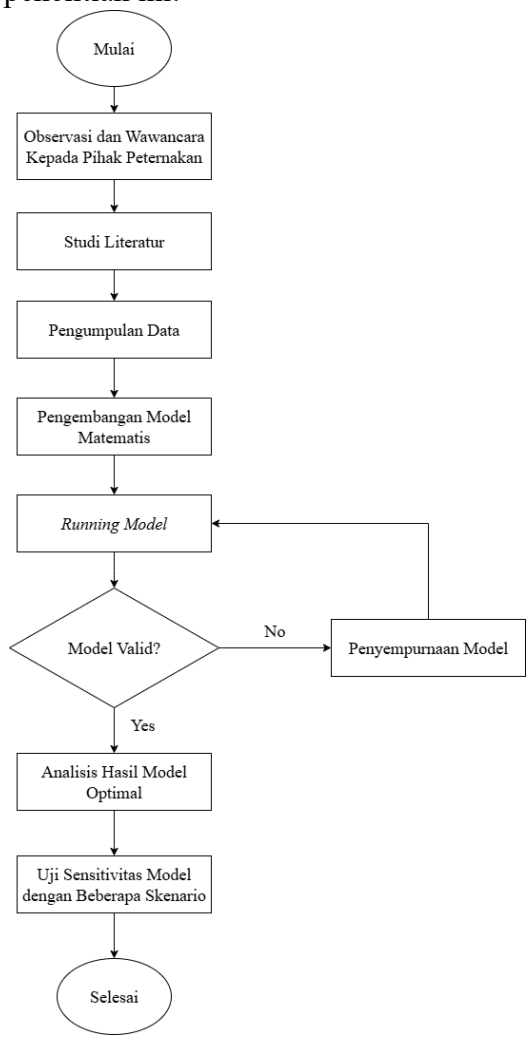
3) Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperkaya dasar teori dan mendukung perumusan model optimasi dengan merujuk pada sumber-sumber tertulis yang relevan. Peneliti

menelaah buku, jurnal ilmiah, laporan industri, serta dokumen akademik yang berkaitan dengan optimasi rantai pasok, model MILP, perhitungan emisi karbon, dan strategi produksi ramah lingkungan.

3.5 Alur Penelitian

Berikut merupakan alur dari penelitian ini:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

1) Mulai

   Proses penelitian dimulai dengan identifikasi masalah yang relevan dalam rantai pasok daging ayam, khususnya untuk tujuan memaksimalkan profit dan meminimalkan emisi karbon.

2) Studi Literatur

   Mengkaji teori, metode, serta penelitian terdahulu yang relevan. Literatur dapat berupa jurnal, buku, maupun referensi lainnya yang mendukung pengembangan model.

3) Observasi dan Wawancara

   Observasi langsung dilakukan di Peternakan Ragawi *Farm* untuk mengidentifikasi aktivitas dalam rantai pasok. Wawancara dilakukan dengan pihak terkait untuk memperoleh pemahaman tentang sistem rantai pasok di Ragawi *Farm*. Fokus wawancara dan observasi mencakup data proses produksi dan distribusi.

4) Pengumpulan Data

   Data yang dikumpulkan seperti data kapasitas produksi biaya produksi, biaya dan jarak distribusi, batas kapasitas produksi, dan jarak dari peternakan ke masing-masing pelanggan.

5) Pengembangan Model Matematis

   Data yang dikumpulkan digunakan untuk menyusun model menggunakan pendekatan MILP yang memiliki fungsi tujuan memaksimalkan profit dan meminimalkan emisi karbon. Model matematis yang dikembangkan pada penelitian ini mengacu pada model matematis milik Fathollahzadeh et al., (2024) dengan memodifikasi sesuai dengan kondisi Ragawi *Farm.*

6) *Running Model*

   Setelah membentuk model matematis MILP, model dijalankan menggunakan *software OpenSolver* Microsoft Excel untuk menghasilkan solusi optimal.

7) Model Valid?

   Jika model tidak valid, maka dilakukan penyempurnaan model, dan jika model valid, maka lanjut ke tahap analisis hasil model optimal.

8) Analisis Hasil Model Optimal

   Pada tahap analisis hasil model optimal, dilakukan perbandingan fungsi tujuan antara data awal sebelum model dijalankan dan data optimal setelah model berhasil dijalankan.

9) Uji Sensitivitas Model dengan Beberapa Skenario

Pada model yang sudah optimal, dilakukannya uji sensitivitas pada beberapa parameter (*demand*, kapasitas produksi, harga jual, biaya pemotongan dan pengemasan, biaya penyimpanan, biaya emisi karbon, dan tingkat emisi) untuk melihat seberapa pengaruh kenaikan dan penurunan parameter terhadap dua fungsi tujuan pada model yaitu total profit dan total emisi karbon.

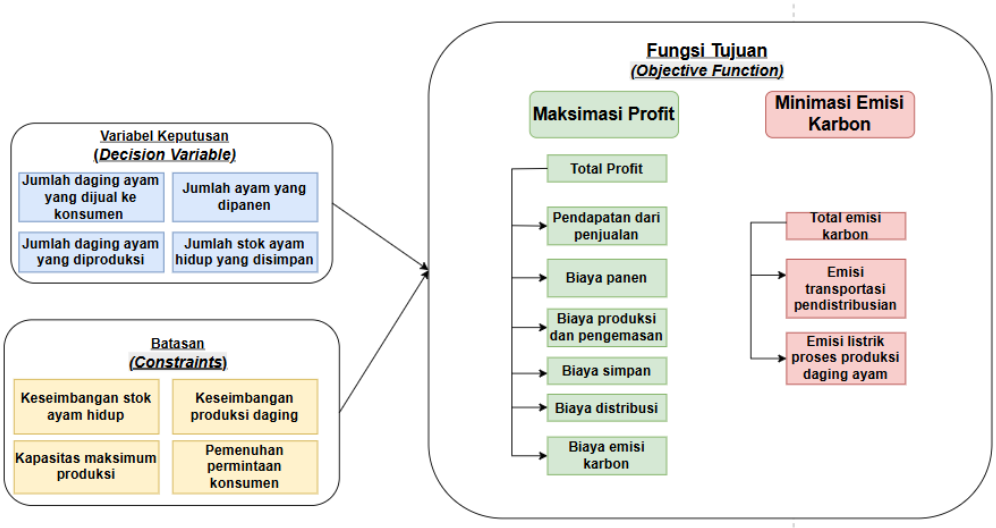
10) Selesai

Tahap akhir penelitian, setelah semua analisis dilakukan dan hasil diperoleh.

BAB IV
PENGEMBANGAN MODEL DAN PENGUMPULAN DATA

4.1 Pengembangan Model Matematis

Pengembangan model MILP pada penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan model milik Fathollahzadeh et al., (2024) dengan memodifikasi parameter, *decision variable*, dan *constraint* sesuai dengan kondisi yang ada pada Ragawi *Farm*, namun tetap dengan fungsi tujuan yang sama yaitu memaksimalkan profit dan meminimalkan emisi karbon. Berikut merupakan komponen variabel keputusan, batasan, dan fungsi tujuan model:



Gambar 4. 1 Komponen Variabel Keputusan, Batasan, dan Fungsi Tujuan Model

Dari modifikasi yang telah dilakukan didapatkan komponen model matematis sesuai dengan kondisi Ragawi Farm yang dapat dilihat pada Gambar 4. 1. berikut merupakan model matematis pada penelitian ini:

***Objective* 1** : Maximize Z^1

$$Z^1 = \sum_{p=1}^{P}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T}\Big[\left(HJ_{pkt}\ x\ JDA_{pkt}\right) - \left(CP_{pt}\ x\ JPA_{pt}\right) - \left(CR_{pt}\ x\ JPD_{pt}\right) - \left(BS_{pt}\ x\ IA_{pt}\right) - \left(BD_{pkt}\ x\ \ JDA_{pkt}\ x\ JK_{k}\right) - \left[BC_{pt}\ x\ \left(TEK_{pkt} + TEL_{pt}\right)\right]\Big] \quad (4.1)$$

Pada persamaan (4.1) merupakan fungsi tujuan pertama yang telah disesuaikan dengan kondisi peternakan ayam KUB ragawi *farm* di wilayah Yogyakarta dengan fokus penelitian pada proses distribusi. Terdapat 6 (enam) komponen yang terdiri dari total pendapatan dari

penjualan daging ayam, total biaya produksi panen ayam, total biaya pemotongan dan pengemasan, total biaya simpan ayam hidup, total biaya distribusi ke konsumen, dan total biaya emisi karbon.

***Objective* 2** : Minimize Z^2

$$Z^2 = \sum_{p=1}^{P}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T}\left(JDA_{pkt}\ x\ JK_k\ x\ TEK_{pkt}\right) + \sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T}\left(IA_{pt}\ x\ TEL_{pt}\right) \tag{4.2}$$

Pada persamaan (4.2) merupakan fungsi tujuan kedua yaitu meminimumkan emisi karbon yang dihasilkan pada kegiatan transportasi pada saat pendistribusian daging ayam dan penggunaan listrik pada kegiatan proses produksi daging ayam.

Pada penelitian Kaoud et al., (2022) menjelaskan bahwa model *multi-objective* dengan MILP dilakukan penyelesaian menggunakan metode *weighted sum* untuk mendapatkan hasil solusi yang optimal. Untuk menyeimbangkan nilai antara kedua tujuan tersebut, digunakan metode *weighted sum* pada persamaan (4.3) dalam model matematisnya. Besar bobot pada maksimasi profit ($\boldsymbol{\alpha}$) adalah 80% atau 0,8 dan minimasi emisi karbon ($\boldsymbol{\beta}$) adalah 20% atau 0,2. Berikut adalah formulanya:

$$\boldsymbol{Maximize\ Z} = (\boldsymbol{\alpha}\ x\ Z^1) - (\boldsymbol{\beta}\ x\ Z^2) \tag{4.3}$$

Fungsi Pembatas:

$$IA_{pt-1} + JPA_{pt} = IA_{pt} + \frac{JPD_{pt}}{\alpha_p} \quad \forall p, t \tag{4.4}$$

Pada *constraint* (4.4) menjelaskan keseimbangan stok ayam hidup, bahwa Jumlah ayam hidup yang tersedia di periode ke-*t* berasal dari stok periode sebelumnya ditambah dengan ayam yang dipanen dan dikurang dengan jumlah ayam yang dipotong (konversi ke ekor).

$$JPD_{pt} = \sum_{k=1}^{K} JDA_{pkt} \quad \forall p, k, t \tag{4.5}$$

Pada *constraint* (4.5) menjelaskan keseimbangan produksi daging, bahwa daging ayam yang dipotong di periode ke-*t* harus sama dengan total yang dijual ke seluruh konsumen pada periode ke-*t*.

$$JPD_{pt} \leq KP_{pt} \quad \forall p, t \tag{4.6}$$

Pada *constraint* (4.6) menjelaskan kapasitas maksimum produksi, bahwa jumlah daging ayam yang diproduksi tidak boleh melebihi batas kapasitas produksinya.

$$JDA_{pkt} \leq D_{pkt} \quad \forall p, k, t \tag{4.7}$$

Pada *constraint* (4.7) menjelaskan ayam yang dijual ke konsumen, bahwa jumlah daging ayam yang dijual ke konsumen tidak semuanya memenuhi permintaan seluruh konsumen.

Tabel 4. 1 Keterangan *Index*

Index	**Keterangan**
k	Konsumen, $k \in K$
p	Jenis produk daging ayam, $p \in P$
t	Periode waktu, $t \in T$

Tabel 4. 2 Ketereangan *Parameter*

Parameter	**Keterangan**	***Integer / Non-Integer***
D_{pkt}	Jumlah permintaan daging ayam *p* untuk konsumen *k* pada waktu *t* (kg).	*Non-Integer*
KP_{pt}	Jumlah kapasitas produksi daging ayam *p* pada waktu *t* (kg).	*Non-Integer*
HJ_{pkt}	Harga jual produk daging ayam *p* yang dijual oleh di KUB Ragawi Farm ke konsumen *k* pada waktu *t* (Rp/kg).	*Non-Integer*
CP_{pt}	Biaya panen ayam *p* di KUB Ragawi Farm pada waktu *t* (Rp/ekor).	*Non-Integer*
CR_{pt}	Biaya pemotongan dan pengemasan daging ayam *p* pada waktu *t* (Rp/kg).	*Non-Integer*
BS_{pt}	Biaya simpan ayam hidup *p* di KUB Ragawi Farm pada waktu *t* (Rp/ekor).	*Non-Integer*
α_p	Konversi 1 ekor ayam hidup *p* menjadi daging ayam jenis *p* (kg/ekor).	*Non-Integer*
BD_{pkt}	Biaya distribusi daging ayam *p* dari KUB Ragawi Farm ke konsumen *k* pada waktu *t* (Rp/kg/km).	*Non-Integer*
BC_{pt}	Biaya emisi karbon untuk daging ayam *p* pada waktu *t* (Rp/lt.CO2-eq).	*Non-Integer*
JK_k	Jarak dari KUB Ragawi Farm ke konsumen *k* (km)	*Non-Integer*

Parameter	Keterangan	*Integer / Non-Integer*
TEK_{pkt}	Tingkat emisi kendaraan untuk pengiriman daging ayam *p* ke konsumen *k* pada waktu *t* (lt.CO2-eq/km/kg).	*Non-Integer*
TEL_{pt}	Tingkat emisi dari penggunaan listrik untuk penyimpanan daging ayam *p* pada waktu *t* (lt.CO2-eq/kg).	*Non-Integer*

Tabel 4. 3 Keterangan *Decision Variable*

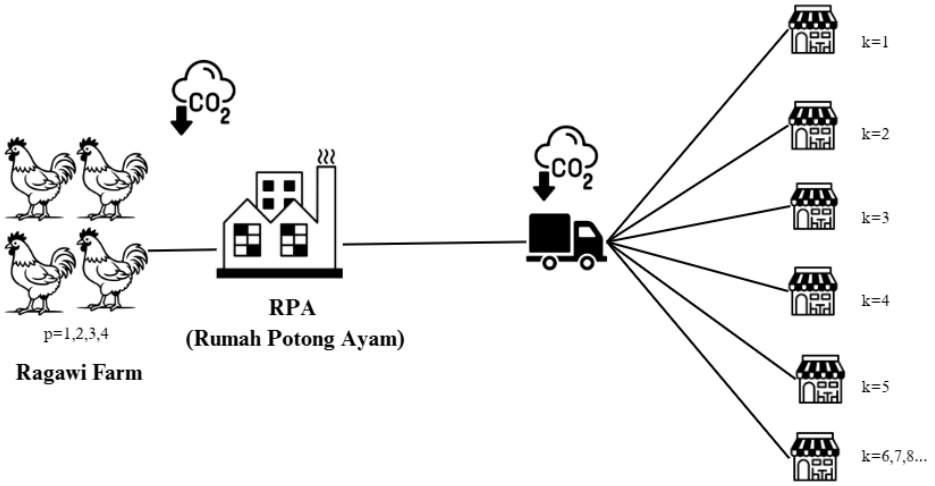
Decision Variable	Keterangan	*Integer / Non-Integer*
JDA_{pkt}	Jumlah daging ayam *p* yang dijual ke konsumen *k* pada waktu *t* (kg).	*Non-Integer*
JPA_{pt}	Jumlah ayam *p* yang dipanen pada waktu *t* (ekor).	*Integer*
JPD_{pt}	Jumlah daging ayam *p* yang diproduksi pada waktu *t* (kg).	*Non-Integer*
IA_{pt}	Jumlah stok ayam hidup *p* yang disimpan pada waktu *t* (ekor).	*Integer*

Dengan demikian, model MILP yang dibangun pada penelitian ini merepresentasikan kondisi nyata di Ragawi *Farm* dengan kombinasi variabel integer dan kontinu (*Non-Integer*). Variabel *integer* digunakan untuk aspek yang sifatnya diskrit, seperti jumlah ayam. Sebaliknya, variabel kontinu (*Non-Integer*) digunakan untuk aspek yang dapat diukur secara pecahan. Pendekatan MILP memadukan kedua jenis variabel ini untuk tujuan menghasilkan solusi optimal.

4.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan pada kegiatan rantai pasokan daging ayam peternakan Ragawi *Farm* yang terletak di wilayah Yogyakarta. Rangkaian kegiatan yang dilakukan diawali dari peternakan, kemudian RPA (rumah potong ayam) untuk kegiatan produksi dan pengemasan, dan kemudian kegiatan proses pendistribusian. Pada penelitian ini terdapat 4 (empat) jenis ayam pada peternakan (*p*=1,2,3,4) yaitu ayam kampung babon (*p*=1), ayam 0,9 kg (*p*=2), ayam 0,8 kg (*p*=3), dan ayam 0,7 kg (*p*=4). Kemudian (*p*=1,2,3,4) melalui proses produksi dan pengemasan sesuai dengan pesanan konsumen (*k*=1,2,3,4,5….,18) dengan 3 (tiga) kategori

yaitu Rumah makan, *Catering*, dan konsumen rumah tangga. Kegiatan selanjutnya yaitu proses pendistribusian daging ayam (*p*=1,2,3,4) sesuai dengan pesanan konsumen (*k*=1,2,3,4,5….,18).



Gambar 4. 2 Alur Rantai Pasok Ragawi *Farm*

Dalam kegiatan rantai pasok tersebut, Ragawi *Farm* memiliki peternakan yang mencakup RPA dan (*k*=1,2,3,4,5….,18) memiliki jarak distribusi yang berbeda-beda. Jarak dari RPA ke (*k*=1) sejauh 1,1 km, (*k*=2) sejauh 4,8 km, (*k*=3) sejauh 3,4 km, (*k*=4) sejauh 3,7 km, (*k*=5) sejauh 6,6 km, (*k*=6) sejauh 18 km, (*k*=7) sejauh 27 km, (*k*=8, 9) sejauh 5 km, (*k*=10) sejauh 8 km, (*k*=11, 12) sejauh 3 km, (*k*=13) sejauh 14 km, (*k*=14) sejauh 12 km, (*k*=15) sejauh 10 km, (*k*=16) sejauh 16 km, dan (*k*=17, 18) sejauh 10 km. Pada proses pendistribusian, Ragawi *farm* menggunakan mobil jenis Suzuki Carry *pick-up* untuk membawa daging ayam hingga sampai ke konsumen akhir.

Tabel 4. 4 Data Pada Peternakan

Parameter	Nilai	Satuan
KP_{pt}	550	Kg
BC_{pt}	2,500	Rp/lt.CO2-eq
CR_{pt}	6,000	Rp/kg
BS_{pt}	106 ; 208	Rp/ekor
α_p	0.7 ; 1.5	Kg/ekor
CP_{pt}	25,000 ; 42,000	Rp/ekor
TEL_{pt}	0.0004	lt.CO2-eq/kg

Tabel 4. 5 Data Pada Peternakan ke Konsumen

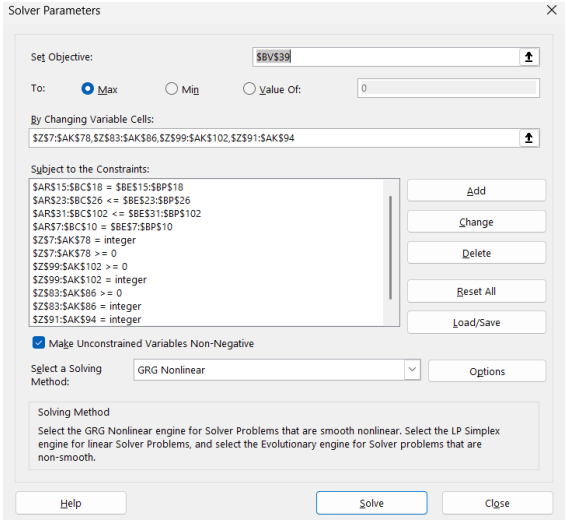
Parameter	Konsumen	Nilai	Satuan
D_{pkt}	k=1,2,3…, 18	3 ; 300	Kg
BD_{pkt}	k=1,2,3…, 18	400	Rp/km/kg
JK_k	k=1	1.1	Km
	k=2	4.8	Km
	k=3	3.4	Km
	k=4	3.7	Km
	k=5	6.6	Km
	k=6	18	Km
	k=7	27	Km
	k=8	5	Km
	k=9	5	Km
	k=10	8	Km
	k=11	3	Km
	k=12	3	Km
	k=13	14	Km
	k=14	12	Km
	k=15	10	Km
	k=16	16	Km
	k=17	10	Km
	k=18	10	Km
TEK_{pkt}	k=1,2,3…, 18	0.00011	lt.CO2-eq/km/kg
HJ_{pkt}	k=1,2,3…, 18	40,000 ; 65,000	Rp/kg

Pada Tabel 4. 4 menyajikan data yang pada peternakan yang terdiri dari data kapasitas produksi daging ayam, biaya emisi karbon, biaya penyimpanan ayam hidup, biaya panen ayam siap potong, dan tingkat emisi dari penggunaan listrik untuk penyimpanan ayam. Pada Tabel 4. 5 menyajikan data dari peternakan hingga konsumen, data tersebut mencakup data permintaan konsumen, biaya distribusi ke konsumen, jarak dari peternakan ke konsumen, tingkat emisi karbon yang dihasilkan dari proses pendistribusian, dan harga jual daging ayam ke konsumen. Pada Tabel 4. 4 dan Tabel 4. 5 merupakan data yang diperoleh dari pihak peternakan dan juga menggunakan asumsi yang realistis. Data pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 akan digunakan untuk merancang model matematis berbasis MILP menggunakan *solver* dari Excel.

4.2 Validasi dan Hasil

Proses validasi dilakukan dengan menjalankan model yang telah dirancang menggunakan *solver* pada Microsoft Excel. Model dijalankan untuk memastikan tidak terjadi *error* pada

proses, sehingga dapat dinyatakan model tersebut *valid*. Pada Gambar 4. 3 ditampilkan *constraint* yang dimasukkan ke dalam *solver*, yang bertujuan agar memastikan model berjalan sesuai dengan batasan yang sudah dirancang. Tahap berikutnya adalah menjalankan model matematis yang ditampilkan pada Gambar 4. 4 yang menunjukkan bahwa *solver* telah berhasil menemukan solusi optimal pada model yang dijalankan.



Gambar 4. 3 *Solver* Pada Microsoft Excel

Result - Optimal solution found			
Objective value:	-79820965.92414142		
Enumerated nodes:	0		
Total iterations:	19		
Time (CPU seconds):	0.04		
Time (Wallclock seconds):	0.04		
Total time (CPU seconds):	0.06	(Wallclock seconds):	0.06

Gambar 4. 4 Model menemukan Hasil Optimal

Tabel 4. 6 Perbandingan Data Awal dan Data Optimal

Parameter	Data Awal	Data Optimal	Perubahan	Presentase
Total pendapatan dari penjualan daging ayam	111,165,000	107,727,000	-3,438,000	-3.19%
Total biaya produksi panen ayam	53,849,000	50,616,000	-3,233,000	-6.39%
Total biaya pemotongan dan pengemasan	10,884,000	10,476,000	-408,000	-3.89%
Total biaya simpan ayam hidup	1,600,000	248,014	-1,351,986	-545.12%
Total biaya distribusi ke konsumen	3,015,840	2,838,360	-177,480	-6.25%
Total biaya emisi karbon	98,073	17,631	-80,442	-456.25%
Total Profit	**41,718,087**	**43,530,994**	**1,812,908**	**4.16%**
Emisi transportasi pendistribusian daging ayam	0.83	0.78	0.05	6.02%
Emisi Penyimpanan ayam hidup	38.40	6.27	32	83.67%
Total Emisi Karbon	**39.23**	**7.05**	**32**	**82.02%**

Pada Tabel 4. 6 menampilkan parameter mulai dari total pendapatan dari penjualan daging ayam hingga emisi karbon yang dihasilkan. Perhitungan pendapatan hingga emisi karbon yang dihasilkan dilakukan berdasarkan data awal dan data optimal selama 12 periode. Berikut merupakan penjelasan rinci dari setiap komponen parameter:

1. Total Pendapatan Penjualan Daging Ayam Pada Data Awal dan Data Optimal

   Total pendapatan yang diperoleh selama periode penelitian berasal dari penjualan empat jenis ayam yang berbeda (p1, p2, p3, dan p4).

   a) Pada data awal, jenis ayam p1 memberikan kontribusi pendapatan terbesar yaitu sebesar Rp 93.275.000,00, diperoleh dari penjualan total 1435 kg dengan harga jual Rp 65.000/kg. Pada data optimal ayam p1 memperoleh pendapatan sebesar Rp 92,430.000,00 dari penjualan total 1422 Kg dengan harga jual yang sama.

   b) Pada data awal, Jenis ayam p2 hanya menyumbang Rp 1.595.000,00 dari total penjualan 29 kg, dengan harga yang bervariasi antara Rp 55.000/kg pada periode awal dan Rp 60.000/kg pada periode akhir. Pada data optimal, p2 memperoleh Rp 1.485.000,00 dari penjualan 27 Kg dengan harga Rp 60.000/kg. Pada periode akhir jumlah penjualan ayam p2 adalah 0 Kg, yang artinya pada data optimal hanya pada periode awal ayam p2 yang terjual.

   c) Pada data awal, Jenis ayam p3 memberikan pendapatan sebesar Rp 9.900.000,00, dengan penjualan 195 Kg. Perbedaan harga antara periode awal (Rp 47.000/kg) dan periode selanjutnya (Rp 52.000/kg). Pada data optimal, ayam p3 memperoleh Rp 8.808.000,00 dengan penjualan 195 Kg. Yang artinya pada data optimal jumlah ayam (Kg) yang terjual tidak sebanyak pada data awal.

d) Pada data awal, Jenis ayam p4 menyumbang total Rp 6.215.000,00, juga dengan fluktuasi harga antara Rp 40.000/kg – Rp 45.000/kg. Pada data optimal, ayam p4 memperoleh Rp 5.004.000,00. Dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan pada data awal dan data optimal pada pendapatan dari penjualan daging ayam p4, pada data optimal lebih sedikit dari data awal

Secara keseluruhan, total pendapatan yang diperoleh pada data awal selama 12 periode mencapai Rp 111.165.000,00 dan pada data optimal Rp 107.727.000,00. Pendapatan yang paling tinggi berasal dari ayam jenis p1 karena jumlah produksinya jauh lebih besar dibandingkan jenis ayam lainnya. P1 merupakan jenis ayam yang paling diminati konsumen dan diproduksi dalam jumlah besar, sehingga memberikan kontribusi dominan terhadap pendapatan total. Sementara itu, ayam jenis p2 hingga p4 diproduksi dalam jumlah lebih sedikit karena permintaan pasar yang lebih rendah, sehingga pendapatan yang dihasilkan juga lebih kecil. Terdapat perbedaan pada data awal dan optimal dikarenakan jumlah ayam yang dijual ke konsumen pada data optimal lebih sedikit dibanding data awal. Hal ini terjadi karena proses *solver* pada Microsoft Excel mengurangi ayam yang dijual untuk meminimalkan biaya operasional lainnya agar total profit bisa dimaksimalkan.

2. Total Biaya Produksi Panen Ayam Pada Data Awal dan Data Optimal

   Biaya produksi dihitung berdasarkan jumlah ayam yang dipanen dikalikan dengan biaya per ekor. Hasil perhitungan menunjukkan:

   a) Pada data awal, Biaya produksi tertinggi berasal dari ayam jenis p1 sebesar Rp 39.984.000,00, diikuti p3 sebesar Rp 7.290.000,00, p4 sebesar Rp 5.350.000,00, dan p2 sebesar Rp 1.225.000,00. Pada data optimal, biaya produksi ayam p1 sebesar Rp 39.816.000,00, p2 sebesar 1.050.000,00, p3 sebesar Rp 6.000.000,00, dan ayam p4 sebesar Rp 3.750.000,00
   b) Total keseluruhan biaya produksi mencapai Rp 53.849.000,00 pada data awal dan Rp 50.616.000,00.

Dapat dilihat bahwa ada perbandingan antara biaya produksi pada data awal dan data optimal. Hal itu disebabkan karena pada data optimal memproduksi ayam yang lebih sedikit dibandingkan pada data awal. Oleh karena itu, pada data optimal dapat menghemat pada biaya produksi panen ayam yang dapat meningkatkan profit. Ayam jenis p1 diproduksi dalam jumlah yang jauh lebih besar dibanding jenis lainnya, maka biaya produksi yang dikeluarkan juga meningkat secara proporsional. Hal ini menunjukkan bahwa volume produksi menjadi faktor

utama yang memengaruhi total biaya panen. Sementara itu, p2 hingga p4 memiliki biaya lebih rendah karena jumlah yang dipanen lebih sedikit.

3. Total Biaya Pemotongan dan Pengemasan Pada Data Awal dan Data Optimal
   Pada data awal, total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 10.884.000,00, dengan rincian terbesar berasal dari ayam p1 sebesar Rp 8.610.000,00, p2 sebesar Rp 192.000,00, p3 sebesar Rp 1.170.000,00, dan p4 sebesar Rp 912.000,00. Pada data optimal, total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 10.476.000,00, dengan rincian terbesar pada ayam p1 sebesar Rp 8.532.000,00, ayam p2 Rp 162.000, ayam p3 Rp 1.044.000,00, dan ayam p4 Rp 738.000. Dapat dilihat perbedaan total biaya pada data awal dan data optimal, total biaya dari data optimal lebih rendah dari total biaya data awal. Hal itu disebabkan karena pada data optimal, jumlah ayam yang diproduksi dan dijual ke konsumen lebih sedikit dibanding data awal. Semakin besar volume produksi, maka semakin besar biaya pemotongan dan pengemasannya. Besarnya biaya ini berbanding lurus dengan volume daging ayam yang dipotong dan dikemas. Selain itu, biaya ini juga dipengaruhi oleh upah tenaga kerja dan kemasan yang relatif konstan per kilogramnya.
4. Total Biaya Penyimpanan Ayam Hidup Pada data Awal dan Data Optimal
   Pada data awal, biaya penyimpanan ayam hidup selama 12 periode sebesar Rp 1.600.000,00. Pada data optimal biaya penyimpanan selama 12 periode sebesar Rp 248.014.45. Terdapat perbedaan pada total biaya pada data awal dan optimal. Hal itu disebabkan karena stok ayam hidup pada data optimal lebih diminimalkan dibanding pada data awal. Biaya ini bervariasi setiap periode karena dipengaruhi oleh jumlah ayam yang disimpan. Perubahan biaya terjadi akibat perbedaan kebutuhan penyimpanan setiap periode.
5. Total Biaya Distribusi ke Konsumen Pada data Awal dan Data Optimal
   Pada data awal, biaya distribusi selama 12 periode mencapai Rp 3.015.840. Pada data optimal biaya distribusi selama 12 periode sebesar Rp 2.838.360,00. Perbedaan biaya ini disebabkan karena pada data optimal jumlah ayam yang didistribusikan lebih sedikit dan lebih hemat biaya. Biaya ini dihitung dari jumlah daging yang dikirim (Kg), jarak pengiriman (Km), dan biaya transportasi (Rp/Km). Tingginya biaya distribusi terutama dipicu oleh jarak pengiriman yang cukup jauh (hingga 27 Km) dan volume pengiriman yang besar.
6. Total Biaya Emisi Karbon Pada Data Awal dan Data Optimal

Pada data awal, total biaya emisi karbon yang dihitung dari hasil perkalian biaya per liter CO_2-ekuivalen dengan total emisi adalah Rp 98.073,00. Pada data optimal sebesar Rp 17.631. Hal ini disebabkan karena total stok ayam hidup pada data optimal diminimalkan sehingga biaya emisi karbon berkurang jauh dari data awal. Selain itu, hal tersebut disebabkan juga oleh jumlah ayam yang didistribusikan lebih sedikit sehingga emisi karbon yang dihasilkan lebih sedikit dibanding data awal. Meskipun nilainya relatif kecil dibandingkan biaya lain, komponen ini penting untuk memperhitungkan dampak lingkungan dari kegiatan produksi.

7. Total Profit Pada Data Awal dan Data Optimal

   Pada data awal, total pendapatan dikurangkan dengan total biaya operasional, diperoleh profit sebesar Rp 41.718.086,61 dan pada data optimal diperoleh profit sebesar Rp 43.530.994,17. Terdapat perbedaan hasil total profit pada data awal dan data optimal, hal tersebut disebabkan karena pada data optimal lebih menghemat keseluruhan biaya operasional dibanding data awal. Profit tetap besar karena margin keuntungan dari ayam p1 sangat signifikan akibat volume penjualan yang tinggi dan harga jual yang relatif stabil. Selain itu, meskipun biaya operasional lainnya cukup besar, proporsinya masih lebih kecil dibandingkan pendapatan penjualan.

8. Emisi Pendistribusian Pada Data Awal dan Data Optimal

   Pada data awal, total emisi karbon dari aktivitas transportasi selama 12 periode adalah 0,83 liter CO_2-ekuivalen dan 0,78 liter CO2-eq pada data optimal. Perbedaan tersebut dikarenakan pendistribusian pada data optimal lebih sedikit dibandingkan dengan data awal yang menyebabkan emisi lebih kecil pada data optimal. Nilai ini dipengaruhi oleh volume distribusi dan jarak tempuh. Semakin besar berat daging ayam yang dikirim dan semakin jauh jaraknya, semakin tinggi pula emisi yang dihasilkan.

9. Emisi Penyimpanan Pada Data Awal dan Data Optimal

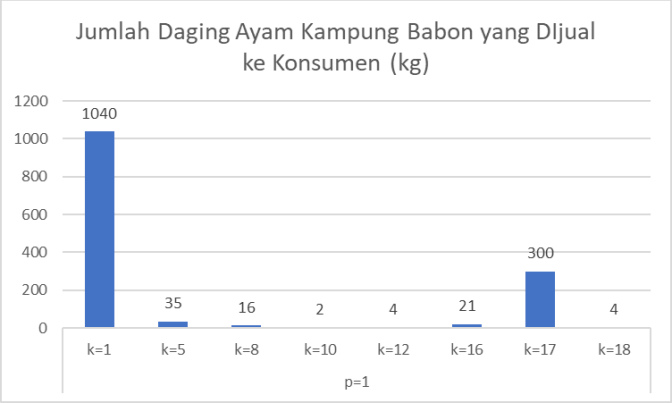
   Pada data awal, emisi penyimpanan ayam hidup mencapai 38,4 liter CO_2-eq dan 6.27 liter CO2-eq. Perbedaan tersebut terjadi karena jumlah stok ayam hidup pada data optimal jauh lebih sedikit dibanding data awal. Oleh karena itu emisi dan biaya operasional juga ikut terpangkas sehingga dapat menaikkan total profit.

10. Total Emisi Karbon Pada Data Awal dan Data Optimal

    Pada data awal, secara keseluruhan, total emisi karbon yang dihasilkan dari seluruh proses produksi, penyimpanan, dan distribusi daging ayam adalah 39,23 liter CO_2-

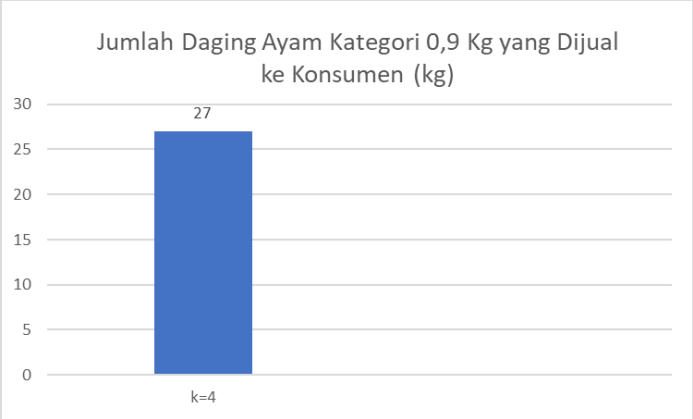
ekuivalen dan pada data optimal adalah 7,05 liter CO2-eq. Total emisi mengalami penurunan drastis dari data awal ke data optimal. Hal tersebut terjadi karena *solver* pada Microsoft Excel memutuskan untuk meminimalkan stok ayam hidup (emisi peternakan) dan meminimalkan pendistribusian daging ayam (emisi transportasi).

Pada Tabel 4. 6 menampilkan perbandingan antara data awal dan data optimal. Dari tabel tersebut, terdapat perbedaan pada parameter yang mempengaruhi kedua fungsi tujuannya, yaitu total profit dan total emisi karbon. Pada data awal terlihat bahwa fungsi tujuan pertama yaitu total profit bernilai Rp 41,718,087 dan pada data optimal bernilai Rp 43,530,994 yang artinya pada data optimal mengalami peningkatan total profit senilai Rp 1,812,908. Pada fungsi tujuan kedua yaitu total emisi karbon data awal sebesar 39.23 lt.CO2-eq dan pada data optimal sebesar 7.05 lt.CO2-eq, yang artinya pada data optimal mengalami penuruan total emisi karbon sebesar 32.18 lt.CO2-eq. Kesimpulannya, pada data awal dan data optimal memiliki perbedaan hasil pada kedua fungsi tujuannya setelah dijalankan oleh *solver*, yaitu pada data optimal mengalami peningkatan total profit dan penurunan total emisi karbon jika dibandingkan dengan data awalnya.



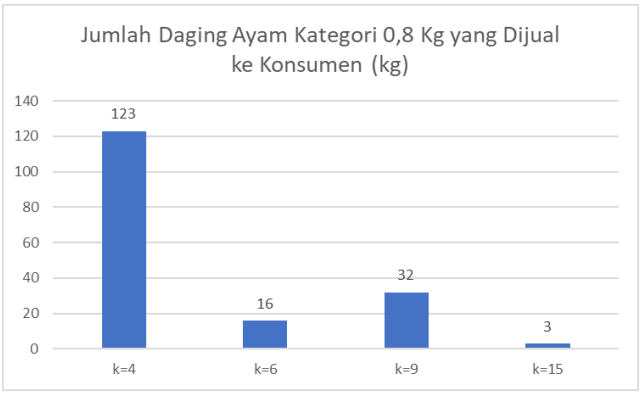
Gambar 4. 5 Jumlah Daging Ayam yang Dijual ke Konsumen

Pada Gambar 4. 5 menunjukkan jumlah daging ayam kampung babon yang dijual ke konsumen berdasarkan data optimal, terlihat bahwa jumlah daging ayam kampung babon (p=1) ke konsumen (k) tidak merata. Konsumen k=1 merupakan penerima terbesar dengan jumlah penjualan mencapai 1040 kg, jauh melampaui konsumen lainnya. Konsumen terbesar kedua adalah k=17 dengan jumlah 300 kg, sedangkan sisanya relatif kecil, berkisar antara 2–35 kg, seperti k=5 (35 kg), k=8 (16 kg), k=10 (2 kg), k=12 (4 kg), k=16 (21 kg), dan k=18 (4 kg).



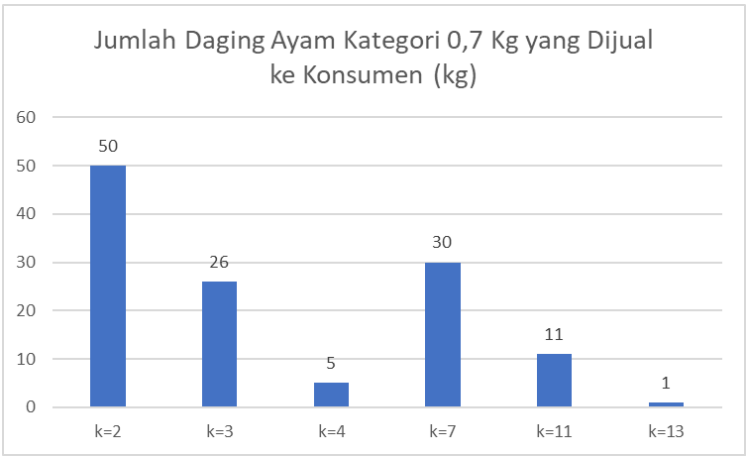
Gambar 4. 6 Jumlah Daging Ayam 0,9 Kg yang Dijual ke Konsumen

Pada Gambar 4. 6 menunjukkan jumlah daging ayam 0,9 kg yang dijual ke konsumen berdasarkan data optimal, dapat dilihat bahwa penjualan daging ayam dengan bobot 0,9 kg hanya dilakukan kepada konsumen k=4 dengan jumlah total 27 kg. Kondisi ini menandakan permintaan ayam 0,9 kg masih terbatas dan belum tersebar luas seperti jenis ayam lainnya.



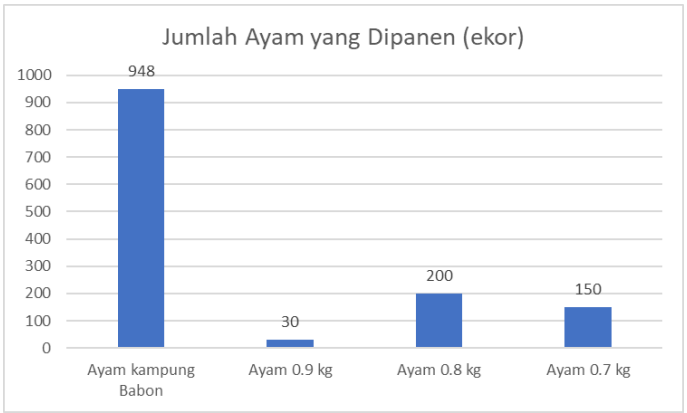
Gambar 4. 7 Jumlah Daging Ayam 0,8 Kg yang Dijual ke Konsumen

Pada Gambar 4. 7 menunjukkan jumlah daging ayam 0,8 kg yang dijual ke konsumen berdasarkan data optimal, terlihat bahwa penjualan daging ayam 0,8 kg ke beberapa konsumen dengan jumlah yang berbeda-beda. Konsumen k=4 menjadi penerima terbesar dengan total 123 kg, jauh lebih tinggi dibandingkan konsumen lain. Kemudian, penjualan juga tercatat pada k=9 sebesar 32 kg, k=6 sebesar 16 kg, dan k=15 sebesar 3 kg.



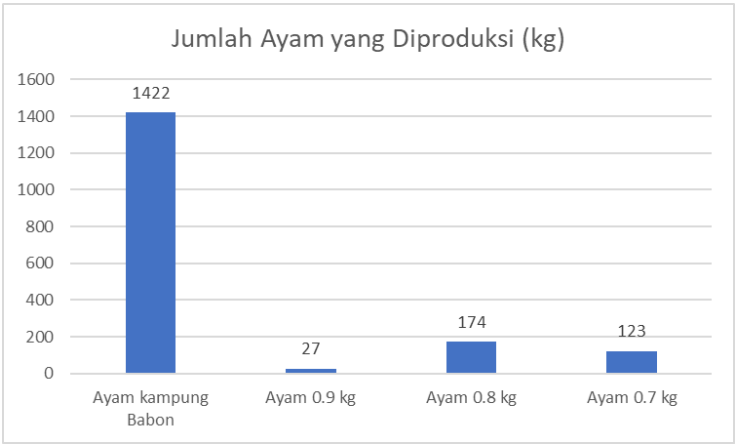
Gambar 4. 8 Jumlah Daging Ayam 0,7 Kg yang Dijual ke Konsumen

Pada Gambar 4. 8 menunjukkan jumlah daging ayam 0,7 kg yang dijual ke konsumen berdasarkan data optimal, penjualan daging ayam 0,7 kg tersebar pada beberapa konsumen dengan jumlah yang bervariasi. Konsumen k=2 menjadi pembeli terbesar dengan total 50 kg, disusul oleh k=7 sebesar 30 kg dan k=3 sebesar 26 kg. Sementara itu, jumlah yang lebih kecil tercatat pada k=11 sebesar 11 kg, k=4 sebesar 5 kg, dan paling sedikit pada k=13 dengan hanya 1 kg. Pola ini menunjukkan distribusi yang relatif lebih merata dibandingkan jenis ayam dengan bobot lain, meskipun tetap ada dominasi pada beberapa konsumen utama seperti k=2 dan k=7.



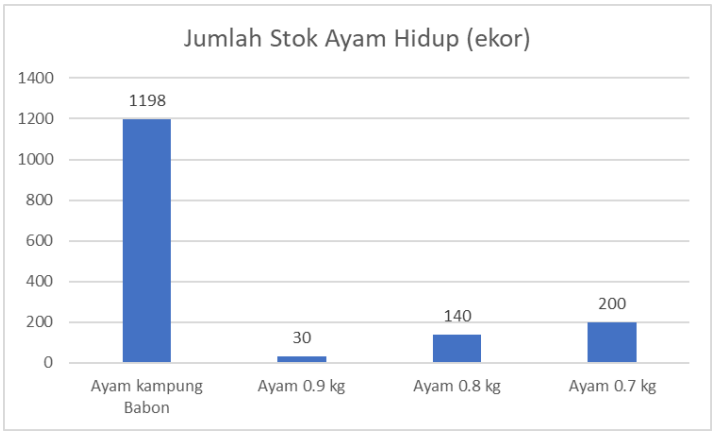
Gambar 4. 9 Jumlah Ayam yang Dipanen

Grafik pada Gambar 4. 9 menunjukkan jumlah ayam yang dipanen berdasarkan data optimal. Ayam kampung babon memiliki jumlah panen tertinggi, yaitu 948 ekor, jauh lebih banyak dibandingkan jenis ayam lainnya. Ayam dengan berat 0,9 kg tercatat paling sedikit dipanen, hanya 30 ekor. Sementara itu, ayam dengan berat 0,8 kg dipanen sebanyak 200 ekor, dan ayam dengan berat 0,7 kg dipanen sebanyak 150 ekor. Data ini memperlihatkan dominasi panen ayam kampung babon dalam keseluruhan produksi, dengan kontribusi terbesar terhadap total populasi ayam yang dipanen.



Gambar 4. 10 Jumlah Ayam yang Diproduksi

Grafik pada Gambar 4. 10 menunjukkan jumlah ayam yang diproduksi berdasarkan data optimal. Ayam kampung babon menempati posisi tertinggi dengan total produksi 1.422 kg, menunjukkan kontribusi terbesar terhadap total produksi ayam. Ayam dengan berat 0,8 kg diproduksi sebanyak 174 kg, sedangkan ayam dengan berat 0,7 kg mencapai 123 kg. Produksi terendah berasal dari ayam berbobot 0,9 kg, yaitu hanya 27 kg. Data ini menggambarkan bahwa mayoritas hasil produksi didominasi oleh ayam kampung babon, sementara kategori ayam lainnya memiliki kontribusi yang relatif kecil.



Gambar 4. 11 Jumlah Stok Ayam Hidup

Grafik pada Gambar 4. 11 menunjukkan jumlah stok ayam hidup berdasarkan data optimal. Ayam kampung babon memiliki jumlah stok tertinggi, yaitu 1.198 ekor, mendominasi keseluruhan persediaan ayam hidup. Ayam dengan berat 0,7 kg berada di posisi kedua dengan stok sebanyak 200 ekor, diikuti ayam 0,8 kg sebanyak 140 ekor. Sementara itu, ayam berbobot 0,9 kg memiliki stok paling sedikit, yakni 30 ekor. Data ini mengindikasikan bahwa persediaan ayam hidup sebagian besar berasal dari ayam kampung babon, sementara kategori ayam lainnya berjumlah relatif kecil.

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Sensitivitas Model Optimasi

Pada sub bab ini akan dilakukan uji sensitivitas terhadap model optimasi dengan melihat perubahan terhadap total profit dan total emisi. Uji sensitivitas dilakukan dengan tujuan melihat perbedaan dari beberapa variansi permintaan, kapasitas produksi, harga jual, biaya pemotongan, biaya simpan ayam hidup, biaya emisi karbon, dan tingkat emisi karbon yang dihasilkan dari penyimpanan ayam serta tingkat emisi yang dihasilkan dari kendaraan pada saat proses pendistribusian daging ayam ke konsumen.

5.1.1 Uji Sensitivitas Pada *Demand*

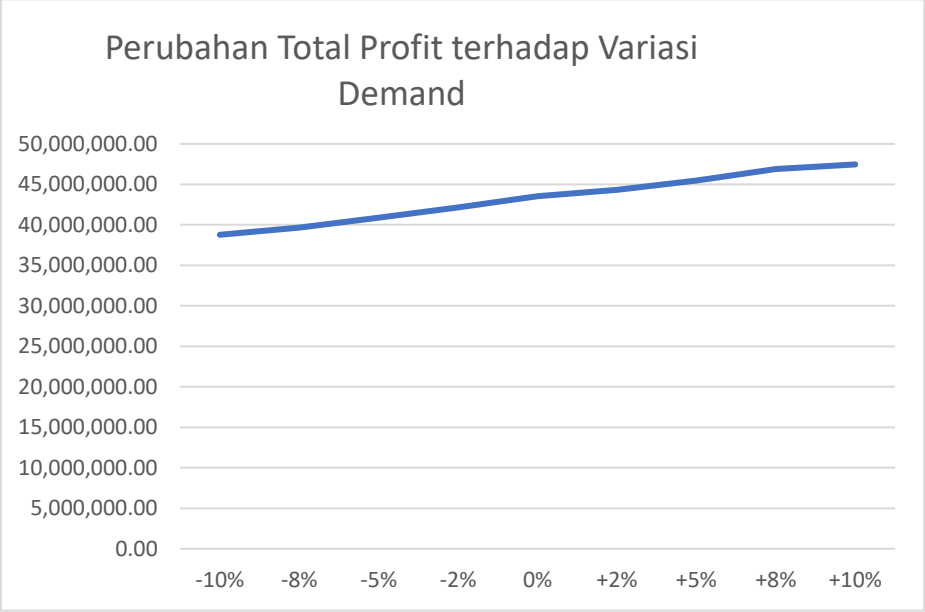
Berikut merupakan hasil dari uji sensitivitas pada *demand*:

Tabel 5. 1 Uji Sensitivitas Pada *Demand*

Demand	Uji Sensitivitas			
	Total Profit (Rp)	Presentase (%)	Total Emisi (liter)	Presentase (%)
+10%	47,463,300.80	9.03%	7.67	9%
+8	46,913,247.51	7.77%	7.47	6%
+5%	45,489,925.90	4.50%	7.3	4%
+2%	44,342,998.67	1.87%	7.16	2%
0%	**43,530,994.17**	**0%**	**7.05**	**0%**
-2%	42,142,492.86	-3.19%	6.84	-3%
-5%	40,905,321.16	-6.03%	6.68	-5%
-8%	39,681,527.84	-8.84%	6.41	-9%
-10%	38,776,771.86	-10.92%	6.27	-11%

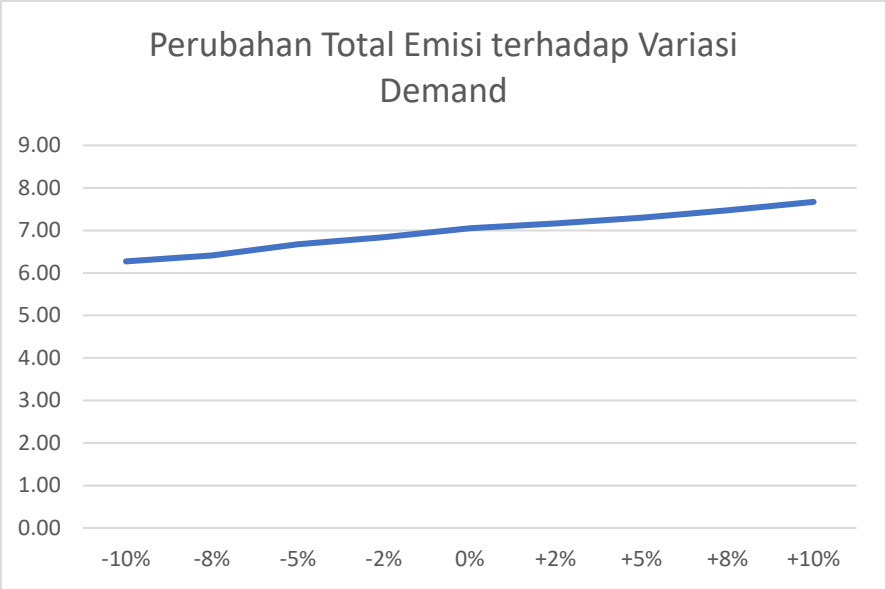
Berdasarkan hasil uji sensitivitas terhadap perubahan *demand* pada Tabel 5. 1, dapat disimpulkan bahwa kenaikan *demand* mulai dari 0% hingga +10% memberikan dampak positif terhadap total profit dan total emisi. Pada saat *demand* meningkat +10%, total profit naik menjadi Rp 47,463,300.80 dan total emisi juga meningkat menjadi 7,67 liter CO_2-eq. Hal ini menunjukkan bahwa *demand* yang meningkat menghasilkan keuntungan yang lebih besar, namun juga menghasilkan emisi yang lebih tinggi. Sebaliknya, penurunan *demand* sebesar -2%

hingga -10% menyebabkan penurunan total profit dan total emisi. Pada penurunan demand -10%, total profit turun hingga Rp38,776,771.86dan total emisi menjadi 6,27 liter CO_2-eq. Penurunan ini mengindikasikan bahwa ketika permintaan menurun, maka total profit yang diperoleh dan total emisi karbon juga menurun.



Gambar 5. 1 Grafik Total Profit Uji Sensitivitas Pada *Demand*

Grafik pada Gambar 5. 1 tersebut menunjukkan bahwa total profit meningkat secara linier seiring dengan bertambahnya *demand* dari -10% hingga +10%. Artinya, model sangat responsif terhadap peningkatan permintaan. Saat *demand* naik dari 0% ke +10%, total profit meningkat dari sekitar Rp 43,530,994.17 menjadi sekitar Rp 47,463,300.80. Sebaliknya, saat demand turun ke -10%, profit hanya Rp 38,776,771.86.



Gambar 5. 2 Grafik Total Emisi Uji Sensitivitas Pada *Demand*

Grafik Gambar 5. 2 menunjukkan bahwa total emisi karbon juga meningkat secara linier seiring meningkatnya *demand*. Emisi naik dari 6,27 liter CO_2-eq pada -10% *demand* menjadi 7,67 liter CO_2-eq pada +10% *demand*. Hal ini menunjukkan bahwa pengingkatan *demand* yang lebih besar memang memberikan keuntungan ekonomi, tetapi juga berdampak negatif terhadap lingkungan melalui peningkatan emisi karbon.

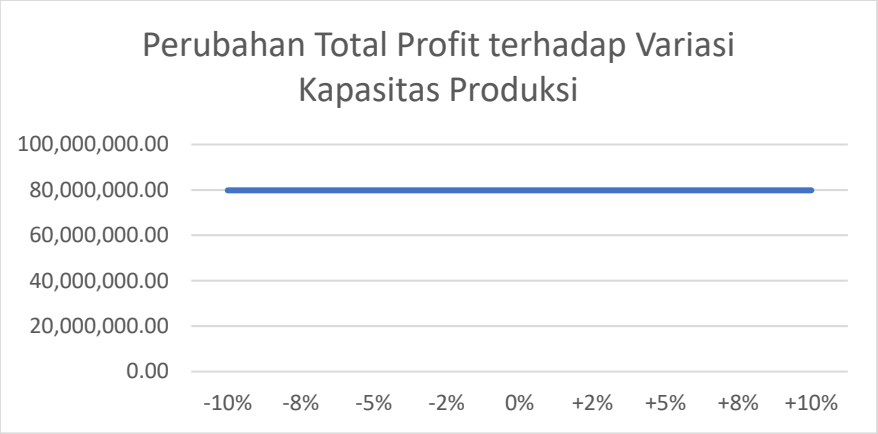
5.1.2 Uji Sensitivitas Pada Kapasitas Produksi

Berikut merupakan hasil uji sensitivitas pada kapasitas produksi:

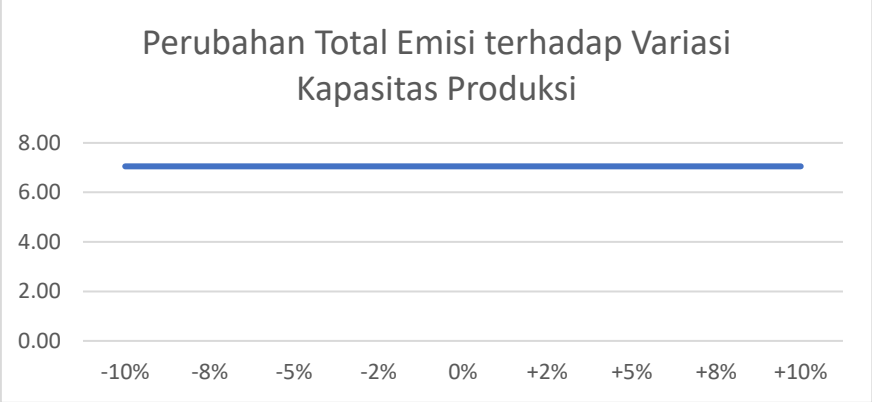
Tabel 5. 2 Uji Sensitivitas Pada Kapasitas Produksi

Kapasitas Produksi	Uji Sensitivitas			
	Total Profit (Rp)	Presentase (%)	Total Emisi (liter)	Presentase (%)
+10%	43,530,994.17	0%	7.05	0%
+8	43,530,994.17	0%	7.05	0%
+5%	43,530,994.17	0%	7.05	0%
+2%	43,530,994.17	0%	7.05	0%
0%	**43,530,994.17**	**0%**	**7.05**	**0%**
-2%	43,530,994.17	0%	7.05	0%
-5%	43,530,994.17	0%	7.05	0%
-8%	43,530,994.17	0%	7.05	0%
-10%	43,530,994.17	0%	7.05	0%

Pada Tabel 5. 2 terlihat terjadi perubahan kapasitas produksi daging ayam, tetapi tidak mempengaruhi nilai total profit dan total emisi. Artinya, kapasitas produksi tidak berpengaruh dalam menentukan optimalisasi profit maupun faktor emisi. Dari uji sensitivitas ini dapat disimpulkan bahwa kapasitas produksi daging ayam tidak berdampak signifikan terhadap profit maupun emisi dalam rentang variasi -10% hingga +10%.



Gambar 5. 3 Grafik Uji Sensitivitas Total Profit Pada Kapasitas Produksi



Gambar 5. 4 Grafik Uji Sensitivitas Total Emisi Pada Kapasitas Produksi

Pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5. 3 dan Gambar 5. 4, bahwa hasil uji sensitivitas terhadap kapasitas produksi daging ayam diketahui bahwa perubahan kapasitas dari -10% hingga +10% tidak memengaruhi total profit maupun total emisi. Nilai total profit tetap sebesar Rp 43,530,994.17 dan total emisi tetap sebesar 7,05 liter CO_2-eq pada seluruh skenario perubahan kapasitas. Hal ini menunjukkan bahwa model tidak sensitif terhadap perubahan kapasitas produksi daging ayam dalam rentang tersebut.

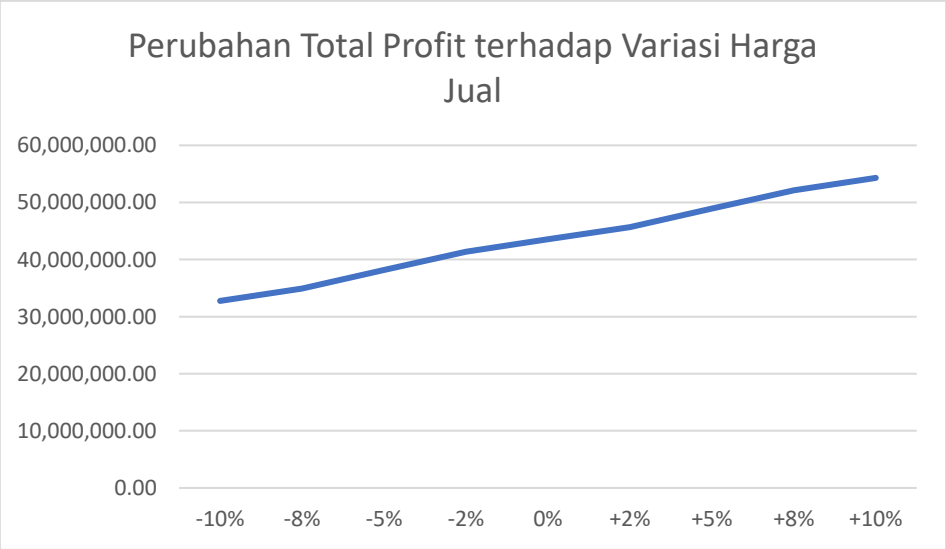
5.1.3 Uji Sensitivitas Pada Harga Jual

Berikut merupakan hasil dari uji sensitivitas pada harga jual

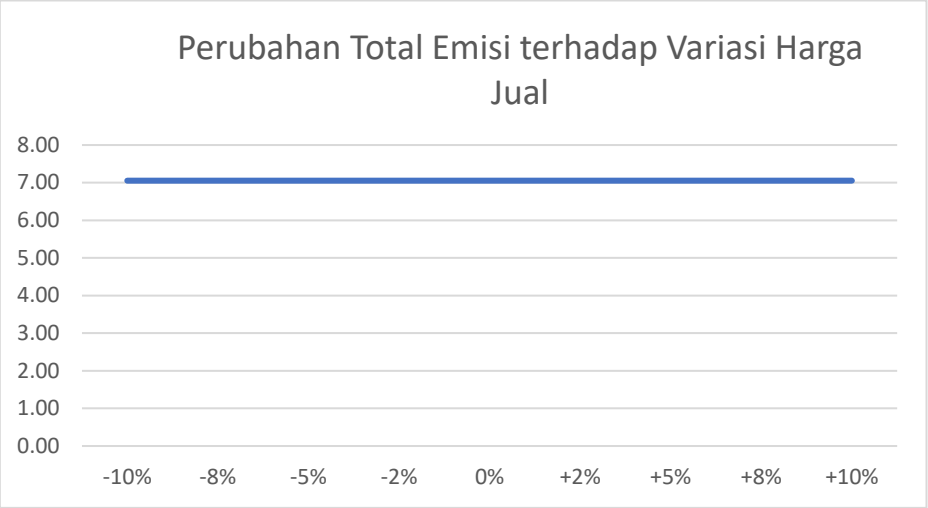
Tabel 5. 3 Uji Sensitivitas Pada Harga Jual

Harga Jual	Uji Sensitivitas			
	Total Profit (Rp)	Presentase (%)	Total Emisi (liter)	Presentase (%)
+10%	54,303,694.17	25%	7.05	0%
+8	52,149,154.17	20%	7.05	0%
+5%	48,917,344.17	12%	7.05	0%
+2%	45,685,534.17	5%	7.05	0%
0%	**43,530,994.17**	**0%**	**7.05**	**0%**
-2%	41,376,454.17	-5%	7.05	0%
-5%	38,144,644.17	-12%	7.05	0%
-8%	34,912,834.17	-20%	7.05	0%
-10%	32,758,294.17	-25%	7.05	0%

Pada Tabel 5. 3 menunjukkan bahwa perubahan harga jual produk ayam memiliki pengaruh signifikan terhadap total profit, namun tidak memengaruhi total emisi. Ketika harga jual dinaikkan dari 0% hingga +10%, total profit mengalami peningkatan dari Rp 43,530,994.17 menjadi Rp 54,303,694.17. Sebaliknya, saat harga jual diturunkan hingga -10%, total profit turun secara bertahap hingga mencapai Rp 32,758,294.17. Meski harga berubah, nilai total emisi tetap konstan sebesar 7,05 liter CO_2-eq.



Gambar 5. 5 Grafik Uji Sensitivitas Total Profit Pada Harga Jual



Gambar 5. 6 Grafik Uji Sensitivitas Total Emisi Pada Harga Jual

Pada Gambar 5. 5 menunjukkan kenaikan harga jual secara langsung menyebabkan peningkatan total profit. Hal ini menguatkan hasil pada Tabel 5. 3 bahwa peternakan akan memperoleh keuntungan lebih besar seiring dengan meningkatnya harga jual produk ayam. Sementara itu, pada Gambar 5. 6 menunjukkan garis datar yang konsisten, menandakan bahwa total emisi tidak berubah meskipun harga jual mengalami perubahan. Dengan demikian, dari sisi lingkungan, perubahan harga jual tidak memberikan dampak tambahan terhadap emisi karbon yang dihasilkan.

5.1.4 Uji Sensitivitas Pada Biaya Pemotongan dan Pengemasan

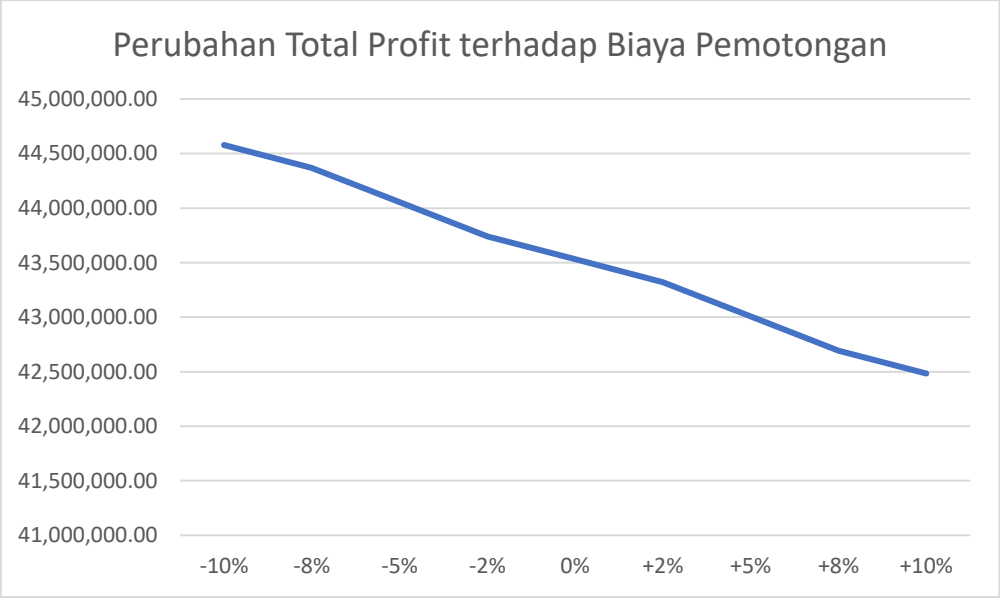
Berikut merupakan hasil dari uji sensitivitas pada biaya produksi dan pengemasan:

Tabel 5. 4 Uji Sensitivitas Pada Biaya Pemotongan dan Pengemasan

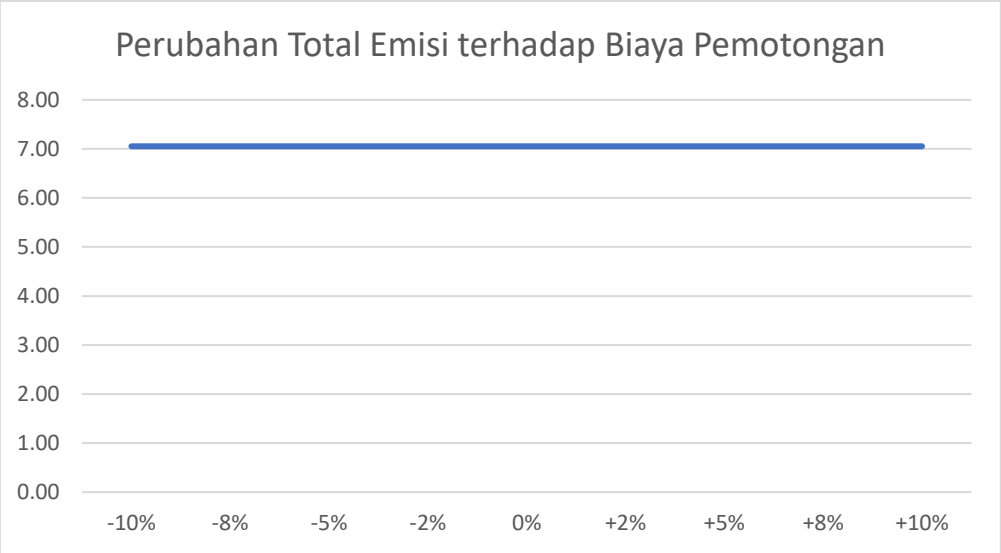
Biaya Pemotongan	Uji Sensitivitas			
	Total Profit (Rp)	Presentase (%)	Total Emisi (liter)	Presentase (%)
+10%	42,483,394.17	-2.41%	7.05	0%
+8	42,692,914.17	-1.93%	7.05	0%
+5%	43,007,194.17	-1.20%	7.05	0%
+2%	43,321,474.17	-0.48%	7.05	0%
0%	**43,530,994.17**	**0%**	**7.05**	**0%**
-2%	43,740,514.17	0.48%	7.05	0%
-5%	44,054,794.17	1.20%	7.05	0%
-8%	44,369,074.17	1.93%	7.05	0%

Biaya Pemotongan	Uji Sensitivitas			
	Total Profit (Rp)	Presentase (%)	Total Emisi (liter)	Presentase (%)
-10%	44,578,594.17	2.41%	7.05	0%

Pada Tabel 5. 4 tersebut menunjukkan bagaimana perubahan biaya pemotongan sebesar -10% hingga +10% memengaruhi total profit dan tidak mempengaruhi total emisi karbon. Dari hasil tabel, terlihat bahwa peningkatan Biaya produksi secara langsung menurunkan nilai profit. Saat biaya produksi dinaikkan sebesar +10%, total profit menurun menjadi sekitar Rp 42,483,394.17. Sebaliknya, saat biaya produksi diturunkan sebesar -10%, total profit meningkat menjadi Rp 44,578,594.17. Hal ini menunjukkan bahwa profit sangat sensitif terhadap perubahan biaya pemotongan dan penngemasan. Namun, nilai total emisi karbon tidak mengalami perubahan sama sekali, tetap berada pada angka 7,05 liter CO_2-eq di setiap skenario. Artinya, perubahan pada komponen biaya produksi tidak berdampak terhadap emisi karbon dalam model yang digunakan.



Gambar 5. 7 Grafik Uji Sensitivitas Total Profit Pada Biaya Produksi



Gambar 5. 8 Grafik Uji Sensitivitas Total Emisi Pada Biaya Produksi

Pada Gambar 5. 7 memperkuat temuan dari Tabel 5. 4 dengan menyajikan visual tren yang lebih jelas. Pada grafik total profit, terlihat garis menurun secara linear dari kiri ke kanan, menandakan bahwa semakin tinggi biaya produksi, semakin rendah keuntungan yang diperoleh. Puncak keuntungan terjadi pada saat biaya produksi berada di titik -10%, dan terus menurun hingga titik +10%. Sementara itu, pada Gambar 5. 8 total emisi karbon tampil sebagai garis horizontal yang datar, tetap berada di angka 7,05. Ini menegaskan bahwa emisi karbon tidak dipengaruhi oleh variasi dalam biaya produksi.

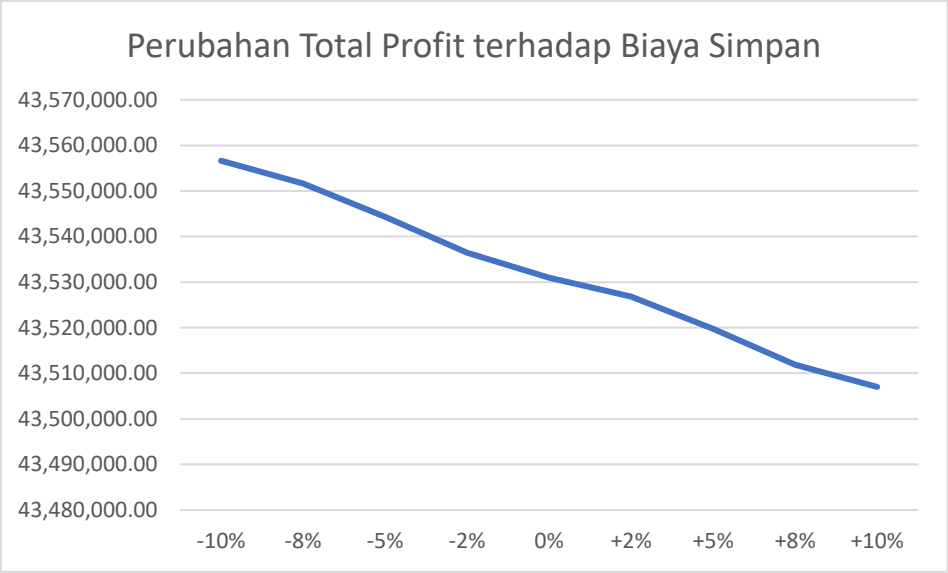
5.1.5 Uji Sensitivitas Pada Biaya Penyimpanan Ayam Hidup

Berikut merupakan hasil dari uji sensitivitas pada biaya penyimpanan ayam hidup:

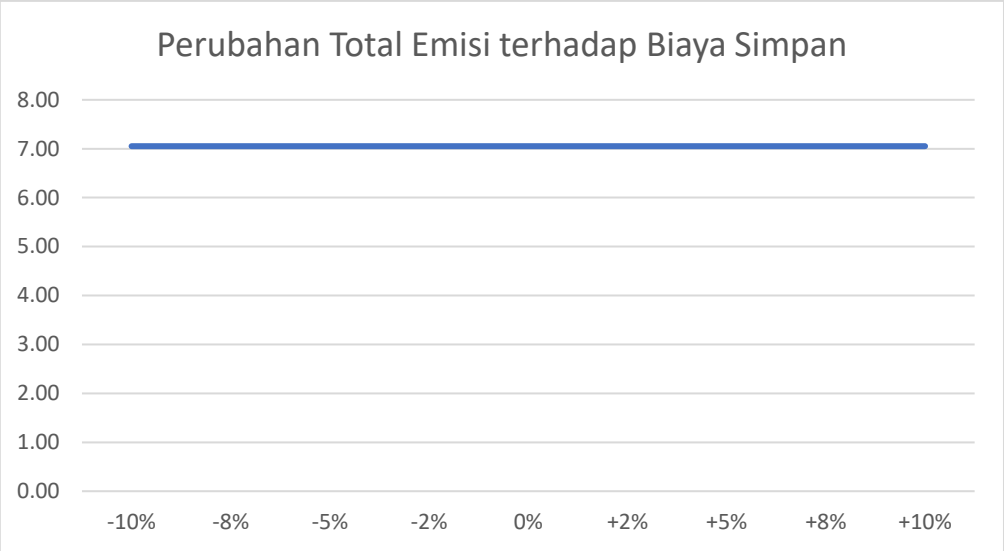
Tabel 5. 5 Uji Sensitivitas Pada Biaya Penyimpanan Ayam Hidup

Biaya Simpan Ayam Hidup	Uji Sensitivitas			
	Total Profit	Presentase	Total Emisi	Presentase
+10%	43,507,002.63	-0.06%	7.05	0%
+8	43,511,868.63	-0.04%	7.05	0%
+5%	43,519,746.63	-0.03%	7.05	0%
+2%	43,526,826.63	-0.01%	7.05	0%
0%	**43,530,994.17**	**0%**	**7.05**	**0%**
-2%	43,536,406.63	0.01%	7.05	0%
-5%	43,544,324.63	0.03%	7.05	0%
-8%	43,551,624.63	0.05%	7.05	0%
-10%	43,556,630.63	0.06%	7.05	0%

Berdasarkan Tabel 5. 5 hasil uji sensitivitas terhadap perubahan biaya simpan ayam sebesar -10% hingga +10% didapatkan bahwa total profit mengalami perubahan yang cukup signifikan. Pada kondisi awal (0%), total profit adalah sebesar Rp 43,530,994.17. Saat biaya simpan ditingkatkan sebesar +10%, profit menurun menjadi Rp 43,507,002.63. Sebaliknya, ketika biaya simpan dikurangi hingga -10%, total profit meningkat menjadi Rp 43,556,630.63. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi biaya simpan, semakin rendah total profit yang diperoleh. Meskipun terjadi perubahan profit, total emisi karbon tetap konstan sebesar 7.05 liter CO_2-eq di semua skenario, menunjukkan bahwa biaya simpan tidak mempengaruhi tingkat emisi karbon.



Gambar 5. 9 Grafik Uji Sensitivitas Total Profit Pada Biaya Penyimpanan Ayam



Gambar 5. 10 Grafik Uji Sensitivitas Total Emisi Pada Biaya Penyimpanan Ayam

Pada Gambar 5. 9, terlihat bahwa kurva total profit menunjukkan penurunan secara konsisten dari skenario -10% hingga +10% biaya simpan. Ini mengindikasikan hubungan negatif antara biaya simpan dengan profit: semakin besar biaya simpan, semakin kecil profit yang didapat. Gambar 5. 10 menunjukkan garis horizontal untuk total emisi, yang berarti tidak ada perubahan emisi meskipun terjadi variasi pada biaya simpan. Grafik ini menegaskan bahwa optimasi biaya simpan lebih berdampak pada profit daripada emisi karbon, yang tetap stabil dalam semua skenario.

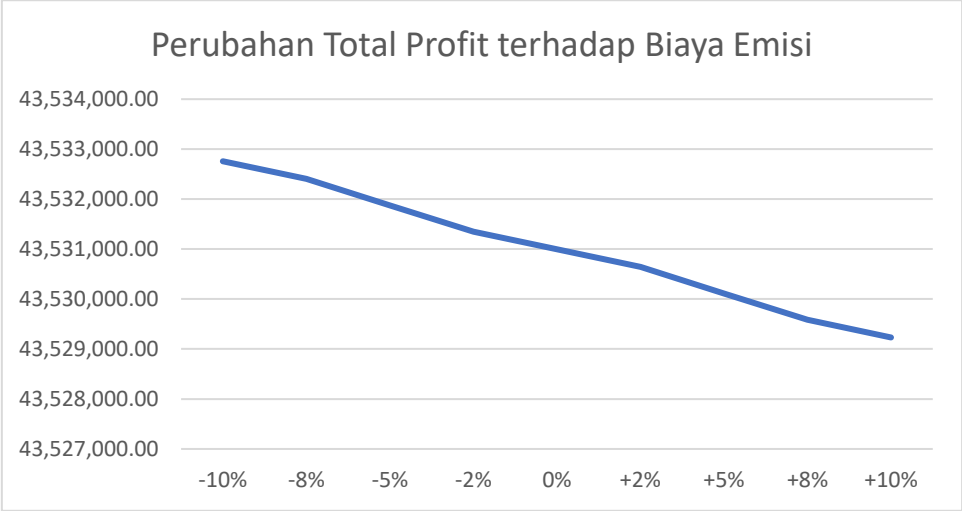
5.1.6 Uji Sensitivitas Pada Biaya Emisi Karbon Untuk Daging Ayam

Berikut merupakan hasil dari uji sensitivitas pada biaya emisi karbon untuk daging ayam:

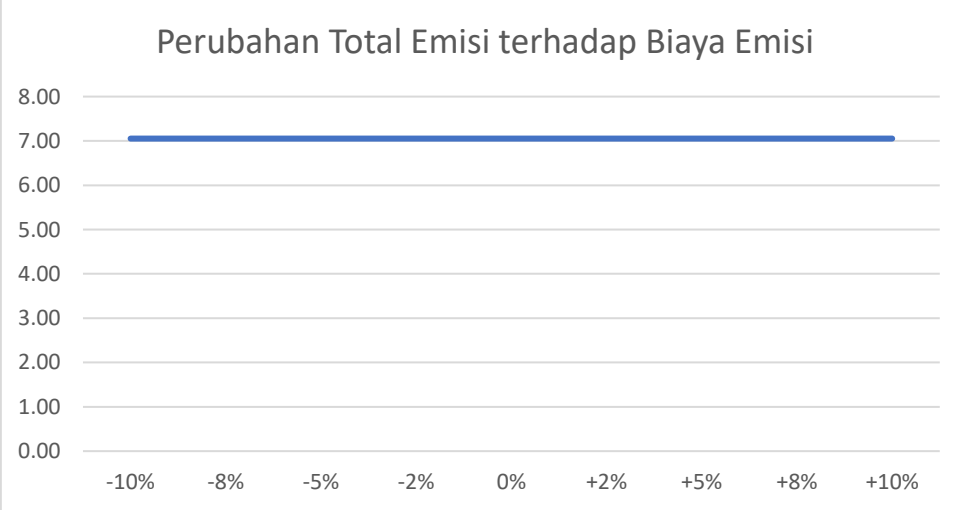
Tabel 5. 6 Uji Sensitivitas Pada biaya Emisi Karbon Untuk Daging Ayam

Biaya Emisi Karbon	Uji Sensitivitas			
	Total Profit (Rp)	Presentase (%)	Total Emisi (liter)	Presentase (%)
+10%	43,529,231.04	-0.0041%	7.05	0%
+8	43,529,583.66	-0.0032%	7.05	0%
+5%	43,530,112.60	-0.0020%	7.05	0%
+2%	43,530,641.55	-0.0008%	7.05	0%
0%	**43,530,994.17**	0%	**7.05**	**0%**
-2%	43,531,346.80	0.0008%	7.05	0%
-5%	43,531,875.74	0.0020%	7.05	0%
-8%	43,532,404.68	0.0032%	7.05	0%
-10%	43,532,757.31	0.0041%	7.05	0%

Berdasarkan Tabel 5. 6, perubahan persentase biaya emisi karbon untuk daging ayam memengaruhi nilai total profit, namun tidak berdampak pada total emisi yang tetap konstan di angka 7,05. Pada skenario kenaikan dari 0% hingga +10%, total profit mengalami penurunan bertahap dari Rp 43,530,994.17 menjadi Rp 43,529,231.04. Sebaliknya, ketika diturunkan dari 0% hingga -10%, total profit justru mengalami kenaikan, dengan nilai tertinggi pada -10% sebesar Rp 43,532,757.31. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan biaya emisi cenderung meningkatkan keuntungan perusahaan, sementara kenaikan biaya emisi menurunkan profit, tanpa mengubah jumlah emisi yang dihasilkan.



Gambar 5. 11 Grafik Uji Sensitivitas Total Profit Pada Biaya Emisi



Gambar 5. 12 Grafik Uji Sensitivitas Total Emisi Pada Biaya Emisi

Pada Gambar 5. 11 yang menjelaskan grafik total profit terhadap perubahan biaya emisi menunjukkan penurunan yang konsisten, semakin besar persentase kenaikan biaya emisi, semakin rendah total profit yang diperoleh. Sumbu horizontal menggambarkan persentase perubahan biaya emisi, sementara sumbu vertikal menampilkan nilai total profit. Puncak profit terlihat pada -10%, sedangkan titik terendah berada pada +10%. Sementara itu, Pada Gambar 5. 12 grafik total emisi menunjukkan garis datar pada nilai 7,05 di seluruh skenario, menegaskan bahwa perubahan biaya emisi tidak memengaruhi jumlah emisi, melainkan hanya memengaruhi profit perusahaan.

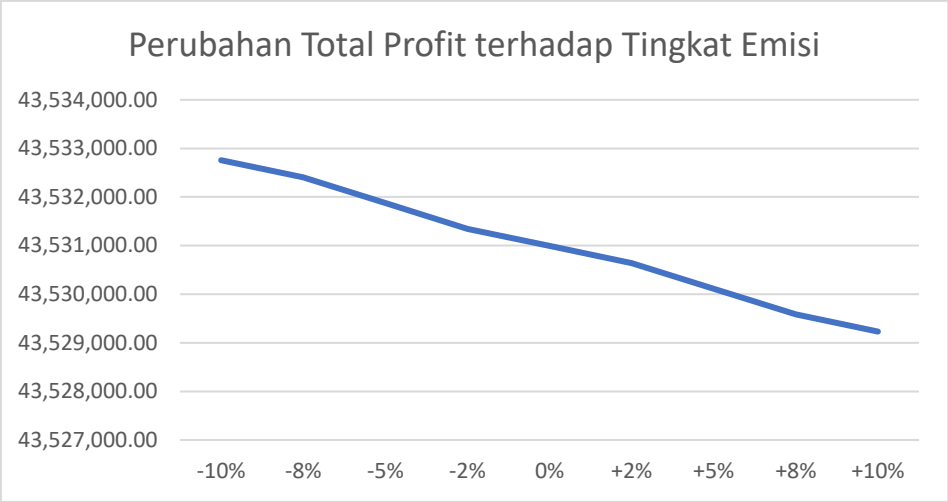
5.1.7 Uji Sensitivitas Pada Tingkat Emisi

Berikut merupakan hasil dari uji sensitivitas pada tingkat emisi:

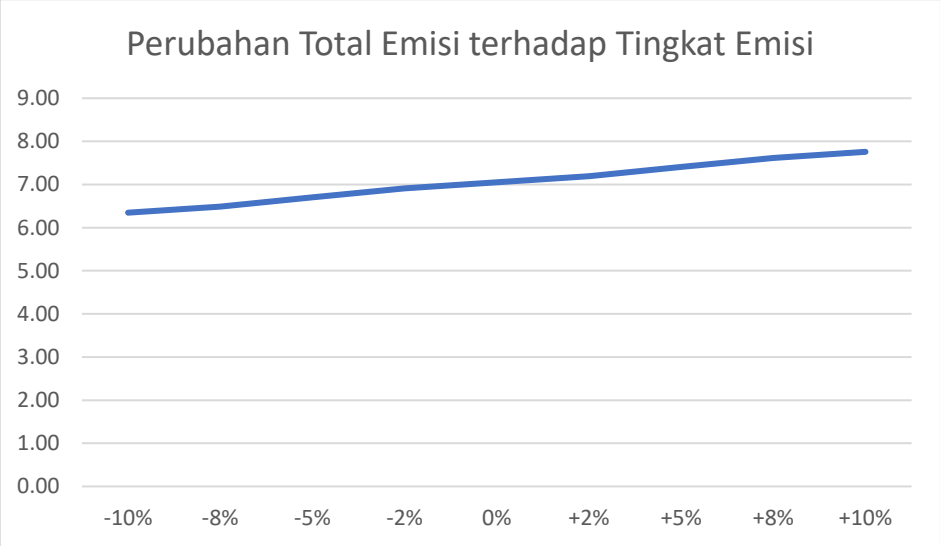
Tabel 5. 7 Uji Sensitivitas Pada Tingkat Emisi

Tingkat Emisi	Uji Sensitivitas			
	Total Profit (Rp)	Presentase (%)	Total Emisi (liter)	Presentase (%)
+10%	43,529,231.04	-0.0041%	7.76	10%
+8	43,529,583.66	-0.0032%	7.62	8%
+5%	43,530,112.60	-0.0020%	7.41	5%
+2%	43,530,641.55	-0.0008%	7.19	2%
0%	**43,530,994.17**	**0%**	**7.05**	**0%**
-2%	43,531,346.80	0.0008%	6.91	-2%
-5%	43,531,875.74	0.0020%	6.7	-5%
-8%	43,532,404.68	0.0032%	6.49	-8%
-10%	43,532,757.31	0.0041%	6.35	-10%

Berdasarkan Tabel 5. 7 uji sensitivitas terhadap tingkat emisi, terlihat bahwa perubahan persentase emisi memengaruhi baik nilai total profit maupun total emisi. Saat tingkat emisi meningkat dari 0% hingga +10%, total profit mengalami penurunan dari Rp 43,530,994.17 menjadi Rp 43,529,231.04, sementara total emisi naik dari 7,05 menjadi 7,76. Sebaliknya, ketika tingkat emisi diturunkan dari 0% hingga -10%, total profit meningkat hingga mencapai Rp 43,532,757.31, sedangkan total emisi menurun menjadi 6,35. Tabel 5. 7 juga menunjukkan kenaikan pada skenario peningkatan emisi dan penurunan pada skenario pengurangan emisi, yang mengindikasikan adanya keterkaitan antara parameter tingkat emisi dengan profit.



Gambar 5. 13 Grafik Uji Sensitivitas Total Profit Pada Tingkat Emisi



Gambar 5. 14 Grafik Uji Sensitivitas Total Emisi Pada Tingkat Emisi

Pada Gambar 5. 13 grafik total profit menunjukkan penurunan seiring dengan peningkatan tingkat emisi, dengan penurunan yang relatif konsisten di setiap kenaikan persentase emisi. Profit tertinggi dicapai pada skenario -10% tingkat emisi, sedangkan profit terendah pada skenario +10%. Di sisi lain, grafik total emisi pada Gambar 5. 14 menunjukkan tren yang berlawanan: semakin besar tingkat emisi, semakin tinggi total emisi yang dihasilkan, dengan peningkatan dari 6,35 pada -10% menjadi 7,76 pada +10%. Hubungan ini menggambarkan bahwa pengendalian tingkat emisi tidak hanya berpengaruh pada jumlah emisi yang dihasilkan, tetapi juga berdampak langsung pada total profit.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada penelitian ini, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Model MILP yang dikembangkan pada penelitian ini merupakan referensi dari model milik peneliti-peneliti sebelumnya dengan memodifikasi parameter, *decision variable*, dan *constraint* sesuai dengan kondisi Ragawi Farm, namun dengan fungsi tujuan yang sama yaitu maksimasi profit dan mereduksi emisi karbon. Pengembangan model MILP pada penelitian ini berhasil menemukan solusi optimal menggunakan *software open solver* microsoft excel.
2. Dari hasil optimasi model pada *solver* microsoft excel menghasilkan fungsi tujuan sebesar Rp 43,530,994.17 (total profit) dan 7.05 lt.CO2-eq (total emisi karbon). Dengan kenaikan sebesar 4,16% pada total profit dan penurunan sebesar 82,02% pada emisi karbon.
3. Uji sensitivitas pada model dengan beberapa skenario untuk mengetahui seberapa berpengaruh kenaikan dan penurunan beberapa parameter (*demand*, kapasitas produksi, harga jual, biaya pemotongan dan pengemasan, biaya penyimpanan ayam hidup, biaya emisi karbon, dan tingkat emisi) kepada kedua fungsi tujuan. Berikut merupakan hasil uji sensitivitas pada model:
    b. Uji sensitivitas pada *demand* sangat berpengaruh terhadap kedua fungsi tujuan. Total profit tertinggi ada pada kondisi *demand* +10% yang mencapai Rp 47,463,300.80 dan total emisi terendah ada pada kondisi *demand* -10% dengan total 6.27 lt.CO2-eq.
    c. Uji sensitivitas pada kapasitas produksi tidak berpengaruh terhadap kedua fungsi tujuan. Pada kondisi -10% hingga +10% total profit dan total emisi karbon tetap sebesar Rp 43,530,994.17 dan 7.05 lt.CO2-eq.
    d. Uji sensitivitas pada harga jual daging ayam berpengaruh hanya pada satu fungsi tujuan saja yaitu total profit. Total profit tertinggi ada pada kondisi +10% yang mencapai Rp 54,303,694.17 dan untuk total emisi tidak mengalami perubahan yaitu tetap sebesar 7.05 lt.CO2-eq.

e. Uji sensitivitas pada biaya pemotongan dan pengemasan hanya berpengaruh pada satu fungsi tujuan yaitu total profit. Total profit tertinggi ada pada kondisi -10% sebesar Rp 44,578,594.17 dan untuk total emisi tidak mengalami perubahan yaitu tetap sebesar 7.05 lt.CO2-eq.
f. Uji sensitivitas pada biaya penyimpanan ayam hidup hanya berpengaruh pada satu fungsi tujuan yaitu total profit. Total profit tertinggi ada pada kondisi -10% sebesar Rp 43,556,630.63 dan untuk total emisi tidak mengalami perubahan yaitu tetap sebesar 7.05 lt.CO2-eq.
g. Uji sensitivitas pada biaya emisi karbon untuk daging ayam hanya berpengaruh pada satu fungsi tujuan yaitu total profit. Total profit tertinggi ada pada kondisi -10% sebesar Rp 43,532,757.31 dan untuk total emisi tidak mengalami perubahan yaitu tetap sebesar 7.05 lt.CO2-eq.
h. Uji sensitivitas pada tingkat emisi sangat berpengaruh terhadap kedua fungsi tujuan. Total profit tertinggi ada pada kondisi -10% yang mencapai Rp 43,532,757.31 dan total emisi terendah ada pada kondisi -10% dengan total 6.35 lt.CO2-eq.

6.1 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini,terdapat saran yang dapat diberikan oleh penulis sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian, Ragawi *Farm* disarankan untuk menerapkan strategi efisiensi dalam rantai pasoknya dengan cara merencanakan rute pengiriman dan produksi yang lebih optimal, sehingga biaya operasional menurun sekaligus emisi karbon berkurang. Selain itu, penggunaan kendaraan dengan konsumsi bahan bakar lebih hemat atau beralih secara bertahap ke kendaraan ramah lingkungan dapat menjadi langkah jangka panjang dalam menekan emisi. Dari sisi produksi, Ragawi *Farm* dapat memaksimalkan profit dengan mengelola stok ayam hidup sesuai permintaan pasar, sehingga tidak terjadi kelebihan produksi. Terakhir, peningkatan manajemen penyimpanan yang hemat energi, akan membantu menekan emisi sekaligus mengurangi beban biaya listrik.
2. Komponen biaya pada model penelitian tugas akhir ini masih dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan biaya-biaya operasional lainnya.

3. Pada penelitian ini penyelesaian model MILP menggunakan *software Open Solver* Microsoft Excel, sehingga diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan *Software* lainnya seperti Phyton atau LINGO.

DAFTAR PUSTAKA

Aulia Rahmad Hasyim, Khadijah El Ramija, Khairiyah, & Alwiyah. (2021). Sinegritas Antara Pemerintah, Perguruan Tinggi dan DUDI dalam Pengembangan Ternak Lokal yang Berkelanjutan (Vol. 2). *Conference of Applied Animal Science*. https://doi.org/10.25047/animpro.2021.5

Azab, R., Mahmoud, R. S., Elbehery, R., & Gheith, M. (2023). *A Bi-Objective Mixed-Integer Linear Programming Model for a Sustainable Agro-Food Supply Chain with Product Perishability and Environmental Considerations*. *Logistics*, *7*(3). https://doi.org/10.3390/logistics7030046

Azmi, S., Suprihatin, Indrasti, N. S., & Romli, M. (2023). *The Assessment of Environmental Impact of the Chicken Meat Agroindustry in Indonesia: Life Cycle Assessment (LCA) Perspective*. *Tropical Animal Science Journal*, *46*(2), 249–260. https://doi.org/10.5398/tasj.2023.46.2.249

Bibit Satriono, Profita, A., & Sitania, F. D. (2020). Perancangan dan Pengukuran Kinerja Perusahaan Berbasis Kerangka *Agri-Food Supply Chain*. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, *6*(2), 123–131. https://doi.org/10.30656/intech.v6i2.2405

Boateng, A. (2021). *Supply Chain Management in the Ghanaian Building Construction Industry: a Lean Construction Perspective*. 430–439. https://doi.org/10.3311/ccc2019-060

BSIP KEMENTAN. (2024, July 30). Budidaya Ayam Kampung Unggul Balitbangtan (KUB) di Unit Pengelola Bibit Sumber BPSIP Jawa Tengah. Jateng.Bsip.Pertanian.Go.Id.

Caesar, D. L., Hidayah, U., Dewi, E. R., & Budiati, R. E. (2023). Analisis *Higiene* Sanitasi dan Kepadatan Lalat di Lingkungan Peternakan Ayam. *J-KESMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, *9*(1), 73. https://doi.org/10.35329/jkesmas.v9i1.3958

Chukwumuanya Emmanuel, O., Uchendu Somtochukwu, E., Okpala Charles, C., & Dara Jude, E. (2024). *Optimization of Poultry Farm Production Planning for Maximum Returns Using Mixed-Integer Linear Programming Approach*. *2*.

Diky Setiawan, M., & Gultom, P. (2022). Penerapan *Integer Linear Programming* Dengan Menggunakan Metode *Branch and Bound* Untuk Mengoptimalkan Jumlah Produksi Roti Isi Pada France *Bakery* Binjai. In *Journal of Mathematics Education and Science)* (Vol. 8, Issue 1).

Erika, F., & Manurung, S. (2021). Optimasi Biaya Distribusi Multi-eselon untuk Multi-produk menggunakan *Mix Integer Linier Programming*. *08*(01). https://doi.org/10.25292/j.mtl.v8i1.418

Fatemeh Mohebalizadehgashti, Hossein Zolfagharinia, & Saman Hassanzadeh Amin. (2019). *Designing a Green Meat Supply Chain Network: A Multi-objective Approach*. *International Journal of Production Economics 219(7)*.

Fathollahzadeh, K., Saeedi, M., Khalili-Fard, A., Rabbani, M., & Aghsami, A. (2024). *Multi-objective optimization for a green forward-reverse meat supply chain network design under uncertainty: Utilizing waste and by-products. Computers and Industrial Engineering*, *197*. https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110578

Fitriani, S., Budiarto, T., & Iqbal Nurulhaq, M. (2023). Strategi Pengembangan Komoditas Ayam KUB di Desa Masingai II, Kabupaten Tabalong *Strategy for Development of KUB Chicken Commodities in Masingai II Village, Tabalong Regency*. *8*(2), 43–52.

Handayani, D. I., Masudin, I., Rusdiansyah, A., & Suharsono, J. (2021). *Production-Distribution Model Considering Traceability and Carbon Emission: A Case Study of the Indonesian Canned Fish Food Industry*. *Logistics*, *5*(3). https://doi.org/10.3390/logistics5030059

Hidayatuloh, S., Uswatun Kasanah, Y., & Arini, R. W. (2024). Pengukuran *Green Supply Chain* Pada UMKM Produsen Ayam Potong dan Distribusi Ayam Broiler. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, *10*(1), 61–69. https://doi.org/10.30656/intech.v10i1.7826

Hobi Ternak. (2023, March 18). Potensi Bisnis Ayam KUB di Pasar Lokal. Hobi Ternak.

IESR. (2023, February 20). Mendukung Pengurangan Emisi di Sektor Transportasi. *Institute for Essential Service Reform.*

Irawan, S., Risyahadi, S. T., & Wijaya, H. (2022). *The Supply Chain Planning Optimization Model for the Cattle Feed Industry with a Linear Programming Approach*. 15. https://doi.org/10.3390/proceedings2022083015

Jeremi, N. A., & Vanany, I. (2023a). *Supply Chain Optimization Model for Fresh Cow's Milk to Reduce Carbon Emissions and Food Waste*. *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, *7*(1), 46–58. https://doi.org/10.21070/prozima.v7i1.1617

Jeremi, N. A., & Vanany, I. (2023b). *Supply Chain Optimization Model for Fresh Cow's Milk to Reduce Carbon Emissions and Food Waste*. *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, *7*(1), 46–58. https://doi.org/10.21070/prozima.v7i1.1617

Kaoud, E., Abdel-Aal, M. A. M., Sakaguchi, T., & Uchiyama, N. (2022). *Robust Optimization for a Bi-Objective Green Closed-Loop Supply Chain with Heterogeneous Transportation System and Presorting Consideration. Sustainability (Switzerland)*, *14*(16). https://doi.org/10.3390/su141610281

Kumar, P. H., & Mageshvaran, R. (2020). *Methods And Solvers Used For Solving Mixed Integer Linear Programming And Mixed Nonlinear Programming Problems: A Review*. *International Journal of Scientific & Technology Research*, *9*, 1. www.ijstr.org

Kurniawati, D. A., Vanany, I., Kumarananda, D. D., & Rochman, M. A. (2024). *Toward halal supply chain 4.0: MILP model for halal food distribution*. *Procedia Computer Science*, *232*, 1446–1458. https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.143

Kusuma Admaja, W., & Sriwinarno, H. (2018). Identifikasi dan Analisis Jejak Karbon *(carbon footprint)* dari Penggunaan Listrik di Institut Teknologi Yogyakarta (Vol. 18, Issue 2).

Larasati, N. (2023). Prediksi Emisi Karbon Kendaraan Pribadi dan Rekomendasi Kendaraan Alternatif Menggunakan Machine Learning dengan *Model Neural Network*. In *UNIVERSITAS NEGERI MALANG SABTU* (Vol. 8). https://www.kaggle.com/datasets/debajyotipodder/co2-emission-by-vehicles

Matilda. (2025, January 30). *Mengurangi Jejak Karbon pada Peternakan Unggas*. Chickin Blog.

Maulidya, A., Gunawan, J., & Saktia Ardianto, D. (2019). Perancangan Perencanaan dan Pengelolaan Rantai Pasok Produksi Pakan Ternak Unggas di PT Charoen Pokphand Indonesia (Tbk) Sidoarjo, Jawa Timur.

Nabilah Muhamad. (2023, August 11). Indonesia Salah Satu Penghasil Emisi Karbon Sektor Energi Terbesar Global pada 2022. Katadata.

Nadal-Roig, E., Pagès-Bernaus, A., & Plà-Aragonès, L. M. (2018). *Bi-objective optimization model based on profit and CO2 emissions for pig deliveries to the abattoir*. *Sustainability (Switzerland)*, *10*(6). https://doi.org/10.3390/su10061782

Nakrachata-Amon, T., Vorasayan, J., Pitiruek, K., Arunyanart, S., Niyamosoth, T., & Pathumnakul, S. (2024). *Optimizing vertically integrated pork production supply chain: A Lagrangian heuristic approach. Heliyon*, *10*(6). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26407

Nguyen, T. D., Nguyen-Quang, T., Venkatadri, U., Diallo, C., & Adams, M. (2021). *Mathematical Programming Models for Fresh Fruit Supply Chain Optimization: A Review of the Literature and Emerging Trends. In AgriEngineering* (Vol. 3, Issue 3, pp. 519–541). MDPI. https://doi.org/10.3390/agriengineering3030034

Nur Aisyah, D. (2023). Penerapan Akuntansi Aset Biologis Berdasarkan PSAK 69 Pada Perusahaan Sektor Peternakan Di Indonesia: PT Widodo Makmur Perkasa TBK (Vol. 20, Issue 1). https://widodomakmurperkasa.co.id

Nurdin, N., Taufiq, T., Bustami, B., Marleni, M., & Khairuni, K. (2023). *Optimization Model of Fishery Products Supply Chain Using Mixed Integer Linear Programming Method*. *Journal of Informatics and Telecomunication Engineering*, *6*(2), 378–392. https://doi.org/10.31289/jite.v6i2.8186

Oktaviani, D. S., & Murnawan, D. H. (2022). Penentuan Rute Distribusi Pengiriminan Es Balok Guna Meminimasi Biaya Pengiriman di PT Moya Kasri Wira Jatim.

Paredes-Rodríguez, A.-M., Duque-Zúñiga, R.-K., Valencia-Potes, J.-B., Melo-Vallejo, J.-D., & Peña-Orozco, D.-L. (2024). *Mathematical model for the design of a broiler chicken supply chain. Revista Facultad de Ingeniería (Rev. Fac. Ing.)*, *33*(69). https://doi.org/10.19503/01211129.v33.n69.2024.17119

Poultry Indonesia. (2024, December 29). Tantangan dan Peluang dalam Industri Peternakan Unggas di Indonesia. Poultry Indonesia.

Rachman, H., & Mawengkang, H. (2023). Perencanaan Produksi Makanan Laut dengan Pertimbangan Permintaan dan Kapasitas. *Journal of Mathematics: Theory and Applications*, 34–38. https://doi.org/10.31605/jomta.v5i1.2309

Ratmono, D. (2019). Pengaruh Kinerja Karbon, Karakteristik Perusahaan dan Kinerja Lingkungan Terhadap Pengungkapan Emisi Karbon. *Diponegoro Journal of Accounting*, *8*(3), 1–10. http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/accounting

Regina Deze, L., Alfonsa Ngaku, M., Susanti Wea, Y., Papu, M., Studi Peternakan, P., Tinggi Pertanian Flores Bajawa, S., & Studi Agribisnis, P. (2025). Pendapatan Usaha Ayam KUB di Sekolah Tinggi Pertanian Flores Bajawa.

ReportLinker. (2024). *Forecast: Chicken Meat Production in Indonesia*.

Roso Antikasari, Iskandar, R., & Subagja, H. (2023). Analisis Keberlanjutan pada Usaha Ayam Kampung Unggul Balitnak (KUB) di Kabupaten Cianjur. *JURNAL ILMIAH INOVASI*, *23*.

Rosyidi, C. N., Sulistiani, N. S., & Laksono, P. W. (2022). *A Mixed Integer Linear Programming Model of Order Allocation Involving Mass Customization Logistic Service* (MCLS). *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni Dan Aplikasi*, *7*(3), 474–482. https://doi.org/10.18860/ca.v7i3.15398

Santana, F. R., & Maria, N. S. B. (2024). *Determinan Emisi CO2* Pada Negara Anggota ASEAN Tahun 2015-2022. *Diponegoro Journal of Economics*, *13*(2), 53–68. https://doi.org/10.14710/djoe.44589

Setiyo Bardono. (2021, June 20). Masifkan Inovasi, Balitbangtan Gelar Rakor Penguatan Perbibitan Ayam KUB. TechnologyIndonesia.Id.

Shabir, I., Dash, K. K., Dar, A. H., Pandey, V. K., Fayaz, U., Srivastava, S., & R, N. (2023). *Carbon footprints evaluation for sustainable food processing system development: A comprehensive review. Future Foods*, *7*. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100215

Shirsath, P. B., & Aggarwal, P. K. (2021). *Trade-offs between agricultural production, GHG emissions and income in a changing climate, technology, and food demand scenario*. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(6). https://doi.org/10.3390/su13063190

Solano-Blanco, A. L., González, J. E., & Medaglia, A. L. (2023). *Production planning decisions in the broiler chicken supply chain with growth uncertainty. Operations Research Perspectives*, *10*. https://doi.org/10.1016/j.orp.2023.100273

Soliha Hani, E., & Subekti, S. (2018). Manajemen Rantai Pasok Mangga Manalagi di Kabupaten Situbondo dengan Pendekatan Food Supply Chain Networking. *1*(1).

Sunil Chopra, & Peter Meindl. (2007). *Supply Chain Management. Strategy, Planning & Operation*. Gabler.

Taşkıner, T., & Bilgen, B. (2021). *Optimization Models for Harvest and Production Planning in Agri-Food Supply Chain: A Systematic Review. In Logistics* (Vol. 5, Issue 3). MDPI. https://doi.org/10.3390/logistics5030052

TraceX. (2021, November 8). *Poultry value chain: From chicken to nugget.* TraceX Technologies. https://tracextech.com/poultry-value-chain-chicken-to-nugget/?utm_source=chatgpt.com

Trinaldi, A. F. (2022). Sistem Kontrol dan Monitoring Suhu Kelembaban Kandang pada Peternakan Ayam Broiler dengan Metode Logika Fuzzy Mamdani Berbasis Internet of Things. *Prosiding Sains Nasional Dan Teknologi*, *12*(1), 349. https://doi.org/10.36499/psnst.v12i1.7046

Tukang Angon. (2024, June 30). Ayam Kub Pedaging: Unggul, Produktif, dan Menguntungkan. Ayam Hias Indonesia.

Widiansyah Anugerah. (2023, March 24). Perbedaan Ayam Kub dan Kampung: Mana yang Lebih Sehat dan Layak Konsumsi? *Localstartupfest*.

Yusuf, M. (2020). *Determinan Carbon Emission Disclosure di Indonesia*. In *Jurnal Akuntansi dan Auditing* (Vol. 17, Issue Tahun). https://lokadata.beritagar.id

LAMPIRAN

A-Hasil Pengolahan Data dan Uji Sensitivitas

Parameter	Perhitungan data awal			Hasil Perhitungan		TOTAL
Total pendapatan dari penjualan daging ayam $(HJ_{pkt}\ x\ JDA_{pkt})$	p=1	Periode 1-12	(Rp 65,000 x 1435 Kg)	Rp	93,275,000.00	Rp 111,165,000.00
	p=2	Periode 1-9	(Rp 55,000 x 29 Kg)	Rp	1,595,000.00	
		Periode 10-12	(Rp 60,000 x 3 kg)	Rp	180,000.00	
	p=3	Periode 1-2	(Rp 47,000 x 48 Kg)	Rp	2,256,000.00	
		Periode 3-12	(Rp 52,000 x 147 Kg)	Rp	7,644,000.00	
	p=4	Periode 1-2	(Rp 42,000 x 50 Kg)	Rp	2,100,000.00	
		Periode 3-9	(Rp 40,000 x 95 Kg)	Rp	3,800,000.00	
		Periode 10-12	(Rp 45,000 x 7 Kg)	Rp	315,000.00	
Total biaya produksi panen ayam $(CP_{pt}\ x\ JPA_{pt})$	p=1	Periode 1-12	(Rp 42,000 x 952 ekor)	Rp	39,984,000.00	Rp 53,849,000.00
	p=2	Periode 1-12	(Rp 35,000 x 35 ekor)	Rp	1,225,000.00	
	p=3	Periode 1-12	(Rp 30,000 x 243 ekor)	Rp	7,290,000.00	
	p=4	Periode 1-12	(Rp 25,000 x 214 ekor)	Rp	5,350,000.00	
Total biaya pemotongan dan pengemasan $(CR_{pt}\ x\ JPD_{pt})$	p=1	Periode 1-12	(Rp 6,000 x 1435 Kg)	Rp	8,610,000.00	Rp 10,884,000.00
	p=2	Periode 1-12	(Rp 6,000 x 32 Kg)	Rp	192,000.00	
	p=3	Periode 1-12	(Rp 6,000 x 195 Kg)	Rp	1,170,000.00	
	p=4	Periode 1-12	(Rp 6,000 x 152 Kg)	Rp	912,000.00	
Total biaya simpan ayam hidup $(BS_{pt}\ x\ IA_{pt})$	p=1,2,3,4	Periode 1	(Rp 178 x 800 ekor)	Rp	142,400.00	Rp 1,600,000.00
		Periode 2	(Rp 106 x 800 ekor)	Rp	84,800.00	
		Periode 3	(Rp 208 x 800 ekor)	Rp	166,400.00	
		Periode 4	(Rp 197 x 800 ekor)	Rp	157,600.00	
		Periode 5	(Rp 166 x 800 ekor)	Rp	132,800.00	
		Periode 6	(Rp 179 x 800 ekor)	Rp	143,200.00	
		Periode 7	(Rp 179 x 800 ekor)	Rp	143,200.00	
		Periode 8	(Rp 135 x 800 ekor)	Rp	108,000.00	
		Periode 9	(Rp 171 x 800 ekor)	Rp	136,800.00	
		Periode 10	(Rp 156 x 800 ekor)	Rp	124,800.00	
		Periode 11	(Rp 178 x 800 ekor)	Rp	142,400.00	
		Periode 12	(Rp 147 x 800 ekor)	Rp	117,600.00	
Total biaya distribusi ke konsumen $(BD_{pkt}\ x\ JDA_{pkt}\ x\ JK_k)$	k=1	Periode 1-12	(Rp 400 x 1049 Kg x 1.1 Km)	Rp	461,560.00	
	k=2	Periode 1-12	(Rp 400 x 57 Kg x 4.8 Km)	Rp	109,440.00	
	k=3	Periode 1-12	(Rp 400 x 30 Kg x 3.4 Km)	Rp	40,800.00	
	k=4	Periode 1-12	(Rp 400 x 176 Kg x 3.7 Km)	Rp	270,840.00	
	k=5	Periode 1-12	(Rp 400 x 35 Kg x 6.6 Km)	Rp	92,400.00	

Parameter	Perhitungan data awal			Hasil Perhitungan		TOTAL
	k=6	Periode 1-12	(Rp 400 x 16 Kg x 18 Km)	Rp	115,200.00	
	k=7	Periode 1-12	(Rp 400 x 34 Kg x 27 Km)	Rp	367,200.00	
	k=8	Periode 1-12	(Rp 400 x 18 Kg x 5 Km)	Rp	36,000.00	
	k=9	Periode 1-12	(Rp 400 x 32 Kg x 5 Km)	Rp	64,000.00	
	k=10	Periode 1-12	(Rp 400 x 3 Kg x 8 Km)	Rp	9,600.00	Rp 3,015,840.00
	k=11	Periode 1-12	(Rp 400 x 11 Kg x 3 Km)	Rp	13,200.00	
	k=12	Periode 1-12	(Rp 400 x 5 Kg x 3 Km)	Rp	6,000.00	
	k=13	Periode 1-12	(Rp 400 x 8 Kg x 14 Km)	Rp	44,800.00	
	k=14	Periode 1-12	(Rp 400 x 3 Kg x 12 Km)	Rp	14,400.00	
	k=15	Periode 1-12	(Rp 400 x 5 Kg x 10 Km)	Rp	20,000.00	
	k=16	Periode 1-12	(Rp 400 x 21 Kg x 16 Km)	Rp	134,400.00	
	k=17	Periode 1-12	(Rp 400 x 300 Kg x 10 Km)	Rp	1,200,000.00	
	k=18	Periode 1-12	(Rp 400 x 4 Kg x 10 Km)	Rp	16,000.00	
Total biaya emisi karbon $[BC_{pt}\ x\ (TEK_{pkt} + TEL_{pt})]$		Periode 1-12	[2,500 x (0.829356 + 38.4)]	Rp	98,073	Rp 98,073
Total Profit						**Rp 41,718,086.61**
Emisi transportasi pendistribusian daging ayam $(JDA_{pkt}\ x\ JK_k\ x\ TEK_{pkt})$	k=1	Periode 1-12	(1049 Kg x 1.1 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.126929 lt.CO2-eq		
	k=2	Periode 1-12	(57 Kg x 4.8 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.030096 lt.CO2-eq		
	k=3	Periode 1-12	(30 Kg x 3.4 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.01122 lt.CO2-eq		
	k=4	Periode 1-12	(176 Kg x 3.7 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.071632 lt.CO2-eq		
	k=5	Periode 1-12	(35 Kg x 6.6 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.02541 lt.CO2-eq		
	k=6	Periode 1-12	(16 Kg x 18 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.03168 lt.CO2-eq		
	k=7	Periode 1-12	(34 Kg x 27 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.10098 lt.CO2-eq		
	k=8	Periode 1-12	(18 Kg x 5 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.0099 lt.CO2-eq		
	k=9	Periode 1-12	(32 Kg x 5 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.0176 lt.CO2-eq		
	k=10	Periode 1-12	(3 Kg x 8 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.00264 lt.CO2-eq		0.83 lt.CO2-eq
	k=11	Periode 1-12	(11 Kg x 3 x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.00363 lt.CO2-eq		
	k=12	Periode 1-12	(5 Kg x 3 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.00363 lt.CO2-eq		
	k=13	Periode 1-12	(8 Kg x 14 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.01232 lt.CO2-eq		
	k=14	Periode 1-12	(3 Kg x 12 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.00396 lt.CO2-eq		
	k=15	Periode 1-12	(5 Kg x 10 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.0055 lt.CO2-eq		

Parameter	Perhitungan data awal			Hasil Perhitungan	TOTAL
	k=16	Periode 1-12	(21 Kg x 16 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.03696 lt.CO2-eq	
	k=17	Periode 1-12	(300 Kg x 10 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.33 lt.CO2-eq	
	k=18	Periode 1-12	(4 Kg x 10 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.0044 lt.CO2-eq	
Emisi Penyimpanan ayam hidup $(IA_{pt}\ x\ TEL_{pt})$	p=1	Periode 1-12	(2400 ekor x 0.004 lt.CO2-eq)	9.6 lt.CO2-eq	
	p=2	Periode 1-12	(2400 ekor x 0.004 lt.CO2-eq)	9.6 lt.CO2-eq	38.4 lt.CO2-eq
	p=3	Periode 1-12	(2400 ekor x 0.004 lt.CO2-eq)	9.6 lt.CO2-eq	
	p=4	Periode 1-12	(2400 ekor x 0.004 lt.CO2-eq)	9.6 lt.CO2-eq	
Total Emisi Karbon					**39.23 lt.CO2-eq**

Parameter	Perhitungan data awal			Hasil Perhitungan	TOTAL
Total pendapatan dari penjualan daging ayam $(HJ_{pkt}\ x\ JDA_{pkt})$	p=1	Periode 1-12	(Rp 65,000 x 1435 Kg)	Rp 93,275,000.00	Rp 111,165,000.00
	p=2	Periode 1-9	(Rp 55,000 x 29 Kg)	Rp 1,595,000.00	
		Periode 10-12	(Rp 60,000 x 3 kg)	Rp 180,000.00	
	p=3	Periode 1-2	(Rp 47,000 x 48 Kg)	Rp 2,256,000.00	
		Periode 3-12	(Rp 52,000 x 147 Kg)	Rp 7,644,000.00	
	p=4	Periode 1-2	(Rp 42,000 x 50 Kg)	Rp 2,100,000.00	
		Periode 3-9	(Rp 40,000 x 95 Kg)	Rp 3,800,000.00	
		Periode 10-12	(Rp 45,000 x 7 Kg)	Rp 315,000.00	
Total biaya produksi panen ayam $(CP_{pt}\ x\ JPA_{pt})$	p=1	Periode 1-12	(Rp 42,000 x 952 ekor)	Rp 39,984,000.00	Rp 53,849,000.00
	p=2	Periode 1-12	(Rp 35,000 x 35 ekor)	Rp 1,225,000.00	
	p=3	Periode 1-12	(Rp 30,000 x 243 ekor)	Rp 7,290,000.00	
	p=4	Periode 1-12	(Rp 25,000 x 214 ekor)	Rp 5,350,000.00	
Total biaya pemotongan dan pengemasan $(CR_{pt}\ x\ JPD_{pt})$	p=1	Periode 1-12	(Rp 6,000 x 1435 Kg)	Rp 8,610,000.00	Rp 10,884,000.00
	p=2	Periode 1-12	(Rp 6,000 x 32 Kg)	Rp 192,000.00	
	p=3	Periode 1-12	(Rp 6,000 x 195 Kg)	Rp 1,170,000.00	
	p=4	Periode 1-12	(Rp 6,000 x 152 Kg)	Rp 912,000.00	
Total biaya simpan ayam hidup $(BS_{pt}\ x\ IA_{pt})$	p=1,2,3,4	Periode 1	(Rp 178 x 800 ekor)	Rp 142,400.00	
		Periode 2	(Rp 106 x 800 ekor)	Rp 84,800.00	

Parameter		Perhitungan data awal		Hasil Perhitungan	TOTAL
		Periode 3	(Rp 208 x 800 ekor)	Rp 166,400.00	
		Periode 4	(Rp 197 x 800 ekor)	Rp 157,600.00	
		Periode 5	(Rp 166 x 800 ekor)	Rp 132,800.00	
		Periode 6	(Rp 179 x 800 ekor)	Rp 143,200.00	Rp 1,600,000.00
		Periode 7	(Rp 179 x 800 ekor)	Rp 143,200.00	
		Periode 8	(Rp 135 x 800 ekor)	Rp 108,000.00	
		Periode 9	(Rp 171 x 800 ekor)	Rp 136,800.00	
		Periode 10	(Rp 156 x 800 ekor)	Rp 124,800.00	
		Periode 11	(Rp 178 x 800 ekor)	Rp 142,400.00	
		Periode 12	(Rp 147 x 800 ekor)	Rp 117,600.00	
Total biaya distribusi ke konsumen $(BD_{pkt}\ x\ JDA_{pkt}\ x\ JK_k)$	k=1	Periode 1-12	(Rp 400 x 1049 Kg x 1.1 Km)	Rp 461,560.00	
	k=2	Periode 1-12	(Rp 400 x 57 Kg x 4.8 Km)	Rp 109,440.00	
	k=3	Periode 1-12	(Rp 400 x 30 Kg x 3.4 Km)	Rp 40,800.00	
	k=4	Periode 1-12	(Rp 400 x 176 Kg x 3.7 Km)	Rp 270,840.00	
	k=5	Periode 1-12	(Rp 400 x 35 Kg x 6.6 Km)	Rp 92,400.00	
	k=6	Periode 1-12	(Rp 400 x 16 Kg x 18 Km)	Rp 115,200.00	
	k=7	Periode 1-12	(Rp 400 x 34 Kg x 27 Km)	Rp 367,200.00	
	k=8	Periode 1-12	(Rp 400 x 18 Kg x 5 Km)	Rp 36,000.00	
	k=9	Periode 1-12	(Rp 400 x 32 Kg x 5 Km)	Rp 64,000.00	
	k=10	Periode 1-12	(Rp 400 x 3 Kg x 8 Km)	Rp 9,600.00	Rp 3,015,840.00
	k=11	Periode 1-12	(Rp 400 x 11 Kg x 3 Km)	Rp 13,200.00	
	k=12	Periode 1-12	(Rp 400 x 5 Kg x 3 Km)	Rp 6,000.00	
	k=13	Periode 1-12	(Rp 400 x 8 Kg x 14 Km)	Rp 44,800.00	
	k=14	Periode 1-12	(Rp 400 x 3 Kg x 12 Km)	Rp 14,400.00	
	k=15	Periode 1-12	(Rp 400 x 5 Kg x 10 Km)	Rp 20,000.00	
	k=16	Periode 1-12	(Rp 400 x 21 Kg x 16 Km)	Rp 134,400.00	
	k=17	Periode 1-12	(Rp 400 x 300 Kg x 10 Km)	Rp 1,200,000.00	
	k=18	Periode 1-12	(Rp 400 x 4 Kg x 10 Km)	Rp 16,000.00	
Total biaya emisi karbon $\left[BC_{pt}\ x\ \left(TEK_{pkt} + TEL_{pt}\right)\right]$		Periode 1-12	[2,500 x (0.829356 + 38.4)]	Rp 98,073	Rp 98,073
Total Profit					**Rp 41,718,086.61**

Parameter		Perhitungan data awal		Hasil Perhitungan	TOTAL
Emisi transportasi pendistribusian daging ayam $(JDA_{pkt}\ x\ JK_k\ x\ TEK_{pkt})$	k=1	Periode 1-12	(1049 Kg x 1.1 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.126929 lt.CO2-eq	
	k=2	Periode 1-12	(57 Kg x 4.8 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.030096 lt.CO2-eq	
	k=3	Periode 1-12	(30 Kg x 3.4 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.01122 lt.CO2-eq	
	k=4	Periode 1-12	(176 Kg x 3.7 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.071632 lt.CO2-eq	
	k=5	Periode 1-12	(35 Kg x 6.6 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.02541 lt.CO2-eq	
	k=6	Periode 1-12	(16 Kg x 18 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.03168 lt.CO2-eq	
	k=7	Periode 1-12	(34 Kg x 27 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.10098 lt.CO2-eq	
	k=8	Periode 1-12	(18 Kg x 5 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.0099 lt.CO2-eq	
	k=9	Periode 1-12	(32 Kg x 5 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.0176 lt.CO2-eq	
	k=10	Periode 1-12	(3 Kg x 8 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.00264 lt.CO2-eq	0.83 lt.CO2-eq
	k=11	Periode 1-12	(11 Kg x 3 x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.00363 lt.CO2-eq	
	k=12	Periode 1-12	(5 Kg x 3 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.00363 lt.CO2-eq	
	k=13	Periode 1-12	(8 Kg x 14 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.01232 lt.CO2-eq	
	k=14	Periode 1-12	(3 Kg x 12 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.00396 lt.CO2-eq	
	k=15	Periode 1-12	(5 Kg x 10 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.0055 lt.CO2-eq	
	k=16	Periode 1-12	(21 Kg x 16 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.03696 lt.CO2-eq	
	k=17	Periode 1-12	(300 Kg x 10 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.33 lt.CO2-eq	
	k=18	Periode 1-12	(4 Kg x 10 Km x 0.00011 lt.CO2-eq)	0.0044 lt.CO2-eq	
Emisi Penyimpanan ayam hidup $(IA_{pt}\ x\ TEL_{pt})$	p=1	Periode 1-12	(2400 ekor x 0.004 lt.CO2-eq)	9.6 lt.CO2-eq	
	p=2	Periode 1-12	(2400 ekor x 0.004 lt.CO2-eq)	9.6 lt.CO2-eq	38.4 lt.CO2-eq
	p=3	Periode 1-12	(2400 ekor x 0.004 lt.CO2-eq)	9.6 lt.CO2-eq	
	p=4	Periode 1-12	(2400 ekor x 0.004 lt.CO2-eq)	9.6 lt.CO2-eq	
Total Emisi Karbon					**39.23 lt.CO2-eq**

Objective 1 : Maximize Z^1

1	Total pendapatan dari penjualan daging ayam	107,727,000
2	Total biaya produksi panen ayam	50,616,000
3	Total biaya pemotongan dan pengemasan	10,476,000
4	Total biaya simpan ayam hidup	248,014
5	Total biaya distribusi ke konsumen	2,838,360
6	Total biaya emisi karbon	17,631
Total Profit		**43,530,994.17**

Objective 2 : Minimize Z^2

1	Emisi transportasi pada saat pendistribusian daging ayam	0.78
2	Emisi Penyimpanan ayam hidup	6.27
Total Emisi Karbon		**7.05**

a	0.8
b	0.2
Z	34824793.93

Total Profit	biaya emisi karbon (BCpt)	Total Profit	Tingkat Emisi (TEKpkt, TELpt)
-10%	43,532,757.31	-10%	43,532,757.31
-8%	43,532,404.68	-8%	43,532,404.68
-5%	43,531,875.74	-5%	43,531,875.74
-2%	43,531,346.80	-2%	43,531,346.80
0%	43,530,994.17	0%	43,530,994.17
+2%	43,530,641.55	+2%	43,530,641.55
+5%	43,530,112.60	+5%	43,530,112.60
+8%	43,529,583.66	+8%	43,529,583.66
+10%	43,529,231.04	+10%	43,529,231.04

Total Emisi	Harga Jual (HJpkt)	Total Emisi	biaya produksi (CRpt)	Total Emisi	biaya simpan ayam hidup (BSpt)
-10%	7.05	-10%	7.05	-10%	7.05
-8%	7.05	-8%	7.05	-8%	7.05
-5%	7.05	-5%	7.05	-5%	7.05
-2%	7.05	-2%	7.05	-2%	7.05
0%	7.05	0%	7.05	0%	7.05
+2%	7.05	+2%	7.05	+2%	7.05
+5%	7.05	+5%	7.05	+5%	7.05
+8%	7.05	+8%	7.05	+8%	7.05
+10%	7.05	+10%	7.05	+10%	7.05

Total Emisi	biaya emisi karbon (BCpt)	Total Emisi	Tingkat Emisi (TEKpkt, TELpt)
-10%	7.05	-10%	6.35
-8%	7.05	-8%	6.49
-5%	7.05	-5%	6.70
-2%	7.05	-2%	6.91
0%	7.05	0%	7.05
+2%	7.05	+2%	7.19
+5%	7.05	+5%	7.41
+8%	7.05	+8%	7.62
+10%	7.05	+10%	7.76

Total Profit	Harga Jual (HJpkt)	Total Profit	biaya produksi (CRpt)	Total Profit	biaya simpan ayam hidup (BSpt)
-10%	32,758,294.17	-10%	44,578,594.17	-10%	43,556,630.63
-8%	34,912,834.17	-8%	44,369,074.17	-8%	43,551,624.63
-5%	38,144,644.17	-5%	44,054,794.17	-5%	43,544,324.63
-2%	41,376,454.17	-2%	43,740,514.17	-2%	43,536,406.63
0%	43,530,994.17	0%	43,530,994.17	0%	43,530,994.17
+2%	45,685,534.17	+2%	43,321,474.17	+2%	43,526,826.63
+5%	48,917,344.17	+5%	43,007,194.17	+5%	43,519,746.63
+8%	52,149,154.17	+8%	42,692,914.17	+8%	43,511,868.63
+10%	54,303,694.17	+10%	42,483,394.17	+10%	43,507,002.63

B-Observasi








GLORAL GOLD