

# OPTIMISASI MULTIOBJEKTIF RANTAI PASOK PISANG DI KABUPATEN TANGGAMUS MENGGUNAKAN ALGORITMA NSGA-II

MUHAMMAD AQIL SIRADJ



PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA DAN SAINS DATA  
SEKOLAH SAINS DATA MATEMATIKA DAN INFORMATIKA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026



## @Hak cipta milik IPB University

### Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Optimisasi Multiobjektif Rantai Pasok Pisang di Kabupaten Tanggamus Menggunakan Algoritma NSGA-II” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dalam penyusunan karya ini, penulis menggunakan bantuan kecerdasan buatan yaitu ChatGPT dan ClaudeAI untuk penyusunan kerangka berpikir dalam membentuk model matematis rantai pasok pisang di Kabupaten Tanggamus. Setelah menggunakan alat/layanan tersebut, penulis meninjau dan menyunting konten sesuai kebutuhan serta bertanggung jawab penuh atas isi karya tugas akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada IPB University.

Bogor, Juli 2026

Muhammad Aqil Siradj  
G1401221099



## ABSTRAK

MUHAMMAD AQIL SIRADJ. Optimisasi Multiobjektif Rantai Pasok Pisang di Kabupaten Tanggamus Menggunakan Algoritma NSGA-II. Dibimbing oleh AGUS MOHAMAD SOLEH dan SACHNAZ DESTA OKTARINA

Rantai pasok pisang di Kabupaten Tanggamus menghadapi tantangan yaitu karakteristik komoditas yang mudah rusak serta ketidakseimbangan kapasitas antar packing house (PH) yang berisiko meningkatkan *food loss* (FL). Penelitian ini mengembangkan model optimisasi multiobjektif dengan algoritma NSGA-II untuk meminimumkan FL dan *operational cost* (OC) secara simultan pada alokasi distribusi pisang dari petani ke PH. Data kuantitas produksi yang hilang diatasi melalui imputasi K-nearest neighbour (KNNI) dengan  $k = 6$  yang menghasilkan RMSE terkecil yaitu 18.61. *Hyperparameter tuning* dilakukan terhadap ukuran populasi dan crossover probability dengan model terbaik diperoleh pada ukuran populasi 500 dan crossover probability 0.8, menghasilkan nilai hypervolume 0,880 dan 30 solusi pareto. NSGA-II menghasilkan solusi yang bersifat non-dominated yang menjelaskan trade-off. Hasil penelitian ini menjelaskan solusi antara FL dan OC dengan solusi minimum FL menghasilkan FL sebesar 148.11 kg dengan OC Rp585,875 sedangkan solusi minimum OC menurunkan biaya menjadi Rp441,016 namun meningkatkan FL menjadi 173.28 kg. Analisis sensitivitas menunjukkan kuantitas produksi merupakan parameter paling sensitif dengan peningkatan sebesar 25% menyebabkan kenaikan OC hingga 87.05% dan FL hingga 93.21%.

Kata kunci: biaya operasional, kehilangan pangan, NSGA-II, optimisasi multi-objektif, rantai pasok pisang.



## ABSTRACT

MUHAMMAD AQIL SIRADJ. Multiobjective Optimization of Banana Supply Chain in Tanggamus Regency Using the NSGA-II Algorithm. Supervised by AGUS MOHAMAD SOLEH and SACHNAZ DESTA OKTARINA

The banana supply chain in Tanggamus Regency faces challenges due to the perishable characteristics of the commodity and capacity imbalances among packing houses (PH) which risk increasing food loss (FL). This study develops a multiobjective optimization model using the NSGA-II algorithm to simultaneously minimize FL and operational cost (OC) in the allocation of banana distribution from farmers to PH. Missing production quantity data was addressed through K-nearest neighbor imputation (KNNI) with  $k = 6$ , which produced the smallest RMSE of 18.61. Hyperparameter tuning was conducted on population size and crossover probability, with the best model obtained at a population size of 500 and crossover probability of 0.8, yielding a hypervolume value of 0.880 and 30 Pareto solutions. NSGA-II produced non-dominated solutions that illustrate the trade-off between FL and OC. The results show that the minimum FL solution yields an FL of 148.11 kg with an OC of Rp585,875, while the minimum OC solution reduces the cost to Rp441,016 but increases FL to 173.28 kg. Sensitivity analysis indicates that production quantity is the most sensitive parameter, with a 25% increase leading to an OC rise of up to 87.05% and an FL rise of up to 93.21%.

**Keywords :** banana supply chain, food loss; multi-objective optimization, NSGA-II, operational cost.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026<sup>1</sup>  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*

# **OPTIMISASI MULTIOBJEKTIF RANTAI PASOK PISANG DI KABUPATEN TANGGAMUS MENGGUNAKAN ALGORITMA NSGA-II**

**MUHAMMAD AQIL SIRADJ**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana pada  
Program Studi Statistika dan Sains Data

**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA DAN SAINS DATA  
SEKOLAH SAINS DATA MATEMATIKA DAN INFORMATIKA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026**



## @Hak cipta milik IPB University

### Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## @Hak cipta milik IPB University

### Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Skripsi : Optimisasi Multiobjektif Rantai Pasok Pisang di Kabupaten  
Tanggamus Menggunakan Algoritma NSGA-II

Nama : Muhammad Aqil Siradj  
NIM : G1401221099

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Dr. Agus Mohamad Soleh S.Si, M.T



Pembimbing 2:  
Sachnaz Desta Oktarina, M.Agr, Ph.D



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:  
Dr. Bagus Sartono, S.Si., M.Si  
197804112005011002

\_\_\_\_\_

Tanggal Ujian: 17 Juli 2026

Tanggal Lulus:  
(tanggal penandatanganan oleh Dekan  
Fakultas/Sekolah ...)



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian ini ialah “Optimisasi Multiobjektif Rantai Pasok Pisang di Kabupaten Tanggamus Menggunakan Algoritma NSGA-II” yang dilaksanakan sejak Desember 2025 sampai Juli 2026.

Penulis menyadari bahwa karya ilmiah yang telah dikerjakan tentunya tidak luput dari dukungan, bimbingan, penyampaian semangat dan nasehat dari berbagai pihak. Melalui prakata ini, penulis ingin memberikan apresiasi dan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dian Eka Putra, Ibu Fitriani, Aisyah Nurul Dzihni, dan Muhammad Afif Al-Ghazali selaku orang tua dan adik yang memberikan doa dan semangat kepada penulis.
2. Ibu Dr. Heti Mulyati, S.TP, M.T, Bapak Achmad Fadillah, S.E., M.Sc., Ph.D., Bapak Dr. Raden Dicky Indrawan, S.P., M.M., dan tim peneliti lainnya yang mempercayai penulis untuk ikut serta dalam melakukan penelitian yang berjudul “*Inclusive Business-Based Supply Network Optimization to Minimize Food Loss and Waste in Indonesia's Banana Value Chain*”.
3. Ibu Sachnaz Desta Oktarina, M.Agr, Ph.D. dan Bapak Dr. Agus Mohamad Soleh S.Si, M.T selaku dosen pembimbing yang memberikan arahan dan masukan bagi penulis dalam menyelesaikan karya ilmiah ini.
4. Bapak La Ode Abdul Rahman S.Si., M.Si. selaku dosen penguji sidang akhir yang memberikan saran dan masukan terhadap konsep dan penulisan terkait tugas akhir penulis.
5. Nadya sebagai orang terdekat yang selalu mendengar cerita dan meluangkan waktunya untuk menemani penulis sebelum, saat ini, dan kemudian hari.
6. Fauzan, Farel, Rizky, Fauzi, Ryan, Excel, Irsyad, Ali, dan Luthfiano sebagai teman seperjuangan yang melangkah bersama dalam menuntaskan masa pembelajaran di program studi dan yang akan datang.
7. Keluarga mahasiswa Statistika 59 yang telah memberikan kenangan hangat dan warna dalam keseharian penulis dalam jenjang perkuliahan.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

*Muhammad Aqil Siradj*



## DAFTAR ISI

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| DAFTAR TABEL                                          | xi |
| DAFTAR GAMBAR                                         | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN                                       | xi |
| PENDAHULUAN                                           | 1  |
| 1.1 Latar Belakang                                    | 1  |
| 1.2 Tujuan                                            | 2  |
| TINJAUAN PUSTAKA                                      | 4  |
| 2.1 <i>Food Loss Waste</i>                            | 4  |
| 2.2 Optimisasi Multi Objektif                         | 4  |
| 2.3 <i>Genetic Algorithm</i>                          | 6  |
| 2.4 <i>Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II</i> | 8  |
| 2.5 Metrik Evaluasi MOO                               | 9  |
| 2.6 Analisis Sensitivitas                             | 10 |
| III METODE                                            | 11 |
| 3.1 Data                                              | 11 |
| 3.2 Prosedur Analisis Data                            | 12 |
| IV HASIL DAN PEMBAHASAN                               | 18 |
| 4.1 Formulasi masalah optimisasi                      | 18 |
| 4.2 Praproses dan Eksplorasi Data                     | 19 |
| 4.3 Skalarisasi dan Penyesuaian Parameter             | 22 |
| 4.4 Pemodelan NSGA-II                                 | 25 |
| 4.5 Interpretasi Model Terbaik                        | 27 |
| 4.6 Analisis Sensitivitas                             | 30 |
| V SIMPULAN DAN SARAN                                  | 33 |
| 5.1 Simpulan                                          | 33 |
| 5.2 Saran                                             | 33 |
| DAFTAR PUSTAKA                                        | 35 |
| LAMPIRAN                                              | 40 |
| RIWAYAT HIDUP                                         | 47 |



## DAFTAR TABEL

|    |                                                                      |    |
|----|----------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Jenis dan sumber data yang digunakan dalam penelitian                | 11 |
| 2  | Kombinasi <i>hyperparameter tuning</i> model NSGA-II                 | 16 |
| 3  | Jadwal dan jumlah petani berdasarkan hari panen                      | 19 |
| 4  | Contoh penyamaan satuan sebelum dan sesudah praproses                | 20 |
| 5  | Perbandingan nilai RMSE untuk kombinasi metode imputasi              | 21 |
| 6  | Hasil penyesuaian kapasitas PH                                       | 23 |
| 7  | Matriks jarak antar petani dan PH                                    | 24 |
| 8  | Perbandingan hasil akhir evaluasi model <i>hyperparameter tuning</i> | 25 |
| 9  | Karakteristik distribusi harian antar solusi                         | 29 |
| 10 | Hasil analisis sensitivitas terhadap perubahan parameter solusi FL   | 30 |
| 11 | Hasil analisis sensitivitas terhadap perubahan parameter solusi OC   | 31 |

## DAFTAR GAMBAR

|    |                                                                                                     |    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Kerangka definisi FL dan FW                                                                         | 4  |
| 2  | Ilustrasi <i>Pareto optimum</i> dan <i>Paret front</i>                                              | 5  |
| 3  | Ilustrasi dari beberapa metode <i>encoding</i>                                                      | 6  |
| 4  | Ilustrasi dari beberapa metode pindah silang                                                        | 7  |
| 5  | Ilustrasi <i>Pareto front</i> dan <i>crowding distance</i>                                          | 8  |
| 6  | Ilustrasi HV dalam optimisasi MOO                                                                   | 10 |
| 7  | Prosedur mekanisme <i>non-dominated sorting</i> dan <i>crowding distance</i> pada algoritma NSGA-II | 16 |
| 8  | Peta sebaran sampel petani dan PH di Kabupaten Tanggamus                                            | 18 |
| 9  | Plot regresi linear antara kuantitas dengan jumlah pohon                                            | 20 |
| 10 | Histogram sebaran produksi petani                                                                   | 21 |
| 11 | Distribusi kapasitas dan jumlah petani pemasok aktual setiap PH                                     | 22 |
| 12 | Boxplot sebaran nilai Rate                                                                          | 23 |
| 13 | Plot konvergensi HV seluruh kandidat model                                                          | 26 |
| 14 | Perbandingan area HV pada kandidat terbaik dari setiap populasi                                     | 26 |
| 15 | Visualisasi sebaran solusi Pareto dari model terbaik                                                | 27 |
| 16 | Analisis graf distribusi pisang harian berdasarkan skenario FL dan OC                               | 28 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |                                                        |    |
|---|--------------------------------------------------------|----|
| 1 | Faktor koreksi jarak antara petani ke PH               | 41 |
| 2 | Hasil seluruh solusi pareto dari model terbaik         | 42 |
| 3 | Data karakteristik petani untuk solusi meminimumkan FL | 43 |
| 4 | Data karakteristik petani untuk solusi meminimumkan OC | 44 |
| 5 | Data karakteristik PH untuk solusi meminimumkan FL     | 45 |
| 6 | Data karakteristik PH untuk solusi meminimumkan OC     | 46 |