

**OPTIMISASI NILAI ALPHA BETA GAMMA DARI METODE
HOLT-WINTER DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA
GENETIKA UNTUK MERAMALKAN JUMLAH
KEBUTUHAN PRODUK PERTANIAN**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Program Studi Informatika



Oleh:

Rama Eka Putranto

175314121

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA**

2022

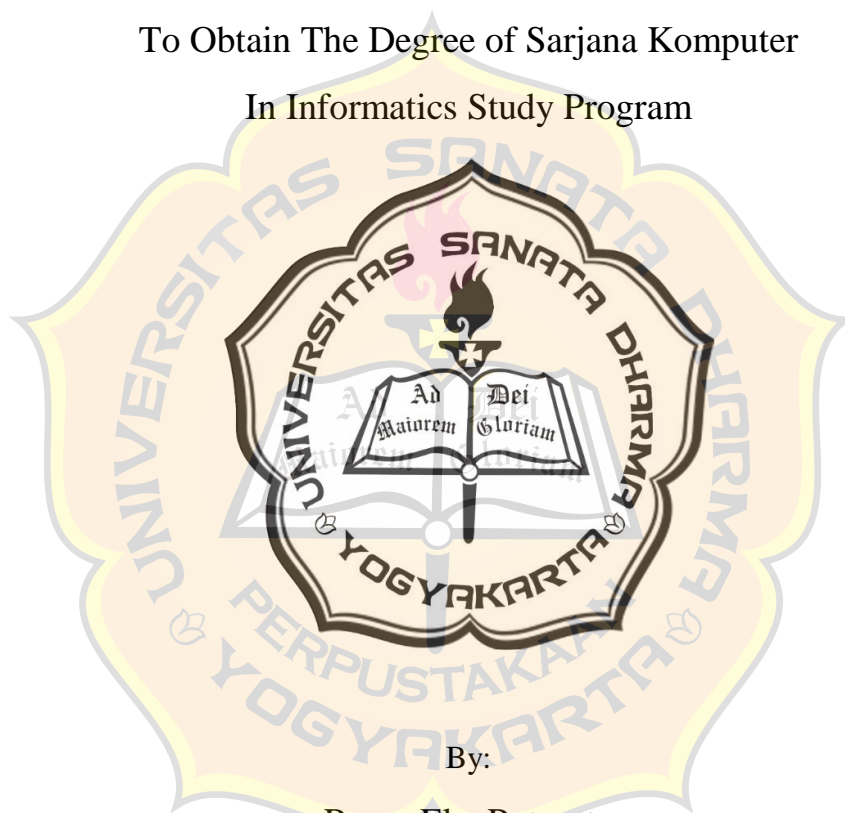
**OPTIMIZATION OF ALPHA BETA GAMMA VALUE FROM
HOLT-WINTER METHOD USING GENETIC ALGORITHM
TO FORECAST THE NUMBER OF AGRICULTURAL
PRODUCT NEEDS**

THESIS

Present as Partial Fullfillment of The Requirements

To Obtain The Degree of Sarjana Komputer

In Informatics Study Program



By:

Rama Eka Putranto

175314121

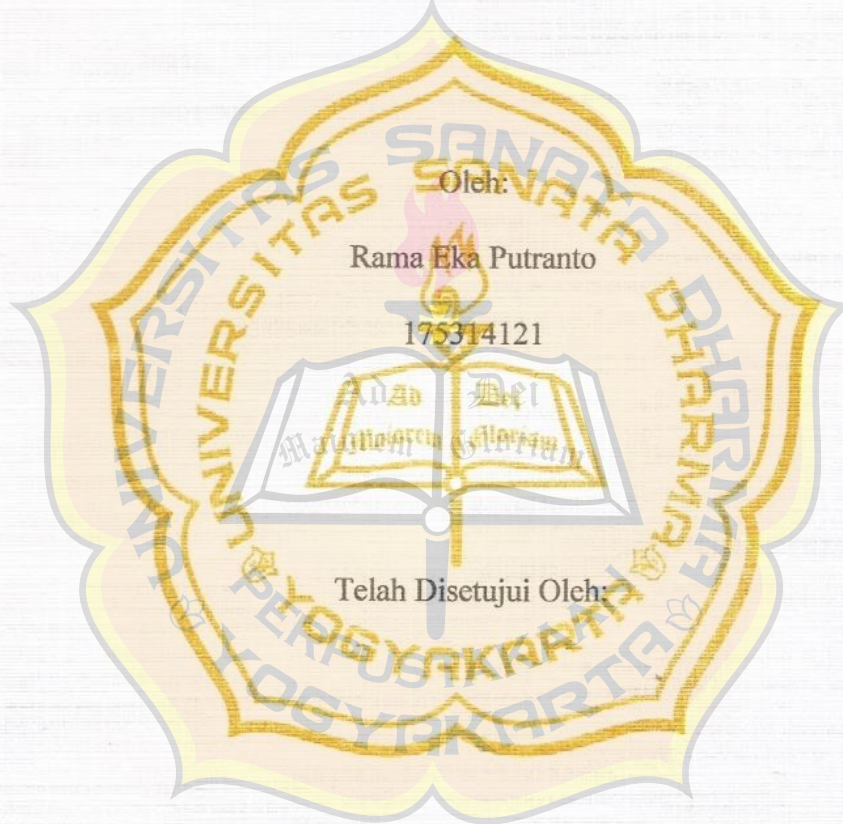
**INFORMATICS STUDY PROGRAM
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
SANATA DHARMA UNIVERSITY
YOGYAKARTA**

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

**OPTIMISASI NILAI ALPHA BETA GAMMA DARI METODE *HOLT-WINTER* DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA
UNTUK MERAMALKAN JUMLAH KEBUTUHAN PRODUK
PERTANIAN**



Dosen Pembimbing,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Haris Sriwindono', is written over the printed name.

Drs. Haris Sriwindono, M.Kom, Ph.D.

Tanggal: 3 Februari 2022

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

OPTIMISASI NILAI ALPHA BETA GAMMA DARI METODE *HOLT-WINTER* DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK MERAMALKAN JUMLAH KEBUTUHAN PRODUK PERTANIAN

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Rama Eka Putranto

175314121

Telah dipertahankan di depan Panitia Penguji

Pada tanggal 6 Januari 2022

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Panitia Penguji

Nama Lengkap

Tanda Tangan

Ketua : Agnes Maria Polina, S.Kom., M.Sc.

Sekretaris : Ir. Kartono Pinaryanto S.T., M.Cs.

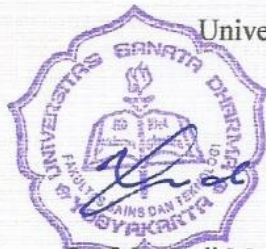
Anggota : Drs. Haris Sriwindono, M.Kom, Ph.D.

Yogyakarta, 3 Februari 2022

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Sanata Dharma

Dekan,



Prof. Ir. Sudi Mungkasi, S.Si, M.Math.Sc., PH.D.

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Sesulit apapun pekerjaanmu jika ditekuni dengan doa dan berusaha pasti akan cepat selesai”



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

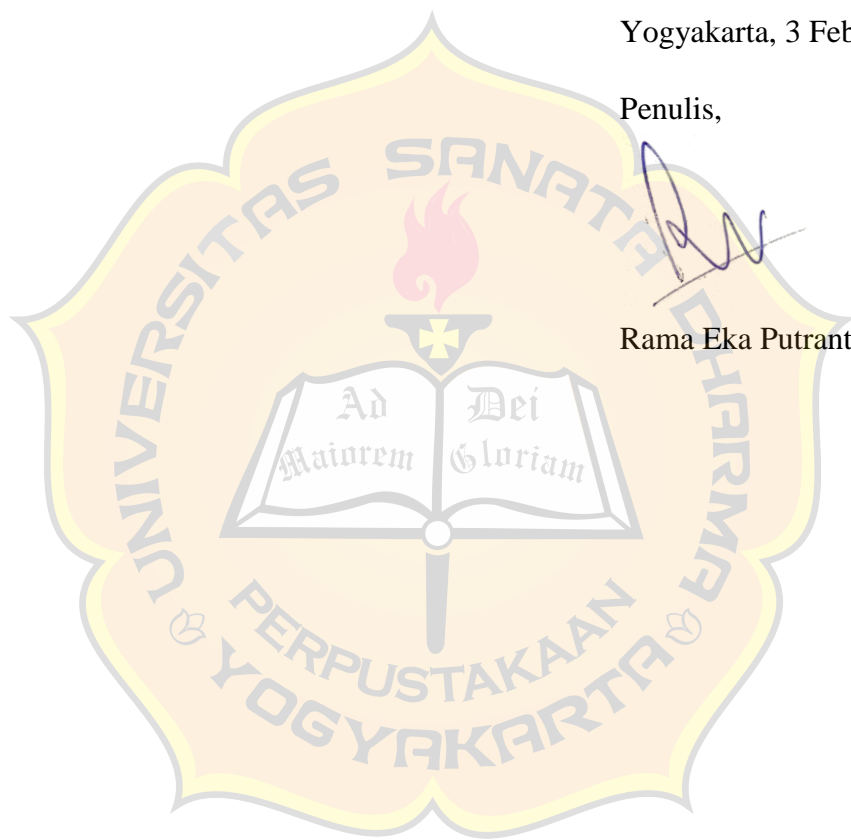
Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya tulis ini tidak mengandung atau memuat hasil karya orang lain, kecuali yang sudah saya sebutkan dalam daftar pustaka dan kutipan selayaknya karya ilmiah.

Yogyakarta, 3 Februari 2022

Penulis,



Rama Eka Putranto



LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKAMEDIS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa Universitas Sanata Dharma:

Nama : Rama Eka Putranto

NIM : 175314121

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya memberikan kepada Perpustakaan Universitas Sanata Dharma karya ilmiah saya yang berjudul:

OPTIMISASI NILAI ALPHA BETA GAMMA DARI METODE HOLT-WINTER DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK MERAMALKAN JUMLAH KEBUTUHAN PRODUK PERTANIAN

Beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan demikian saya memberikan kepada Perpustakaan Universitas Sanata Dharma hak untuk menyimpan, mengalihkan dalam bentuk media lain, mengelola di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin kepada saya maupun memberikan royalti kepada saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Yogyakarta

Pada tanggal: 3 Februari 2022

Yang menyatakan,



Rama Eka Putranto

ABSTRAK

CV Tani Organik Merapi merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di industri sayur organik yang memasok sayur ke semua retail besar / *supermarket* yang berada di Yogyakarta. Saat ini CV Tani Organik Merapi kurang mampu dalam memenuhi permintaan pasar. CV Tani Organik Merapi menjalin kemitraan dengan petani sayuran sekitar kabupaten Sleman untuk memenuhi target pasar. Namun strategi ini belum cukup untuk memenuhi target pasar. Dari permasalahan tersebut, penulis ingin membuat penelitian dengan menggunakan metode peramalan agar CV Tani Organik Merapi dapat memenuhi permintaan pasar secara maksimal.

Metode peramalan merupakan metode yang digunakan untuk membantu dalam hal perencanaan di masa mendatang. Metode ini sangat cocok untuk menyelesaikan masalah di beberapa bisnis, salah satunya pada bisnis penjualan partai besar seperti pada CV Tani Organik Merapi. Metode peramalan yang cocok adalah metode *holt-winter* multiplikatif, karena data yang diolah merupakan data permintaan *item* yang pasti data bersifat tidak stasioner atau pola data pasti berubah seiring berjalannya waktu. Dengan menggunakan algoritma genetika akan mengoptimalkan nilai parameter dari *holt-winter* supaya nilai *error* semakin kecil untuk meramalkan data. Dalam penelitian ini data yang akan digunakan adalah data *purchase order* milik CV Tani Organik Merapi yang berasal dari permintaan beberapa retail besar / *supermarket* di Yogyakarta.

Dari penelitian ini menghasilkan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) cukup rendah pada pengujian komoditas brokoli dengan membangkitkan jumlah kromosom sebanyak 50, jumlah generasi sebanyak 300, dan kelipatan mutasi mutase sebanyak 50 yang menghasilkan nilai $\alpha = 0.135$, $\beta = 0.1454$, $\gamma = 0.9988$ dan nilai MAPE = 4.23165029; pada pengujian komoditas wortel dengan membangkitkan jumlah kromosom sebanyak 50, jumlah generasi sebanyak 300, dan kelipatan mutasi sebanyak 50 yang menghasilkan nilai $\alpha = 0.0429$, $\beta = 0.9977$, $\gamma = 0.9967$ dan nilai MAPE = 8.71488914; pada pengujian komoditas tomat dengan membangkitkan jumlah kromosom sebanyak 50, jumlah generasi

sebanyak 200, dan kelipatan mutasi sebanyak 50 yang menghasilkan nilai $\alpha = 0.0028$, $\beta = 0.3038$, $\gamma = 0.8468$ dan nilai $MAPE = 4.08064189$.

Kata kunci : *Peramalan, Holt-Winter, Prediksi, Multiplikatif, Algoritma Genetika, Optimasi.*



ABSTRACT

CV Tani Organik Merapi is a company engaged in the organic vegetable industry that supplies vegetables to all major retailers / supermarkets in Yogyakarta. Currently CV Tani Organik Merapi is less able to meet market demand. CV Tani Organik Merapi establishes partnerships with vegetable farmers around Sleman district to meet the target market. However, this strategy is not sufficient to meet the target market. From these problems, the author wants to make research using forecasting methods so that CV Tani Organic Merapi can meet market demand optimally.

Forecasting method is a method used to assist in planning in the future. This method is very suitable for solving problems in several businesses, one of which is in the wholesale sales business such as CV Tani Organik Merapi. The suitable forecasting method is the multiplicative holt-winter method, because the data processed is item demand data which is certain the data is not stationary or the data pattern must change over time. By using a genetic algorithm, it will optimize the parameter value from Holt-Winter so that the error value will be smaller to predict the data. In this study, the data that will be used is purchase order data belonging to CV Tani Organik Merapi which comes from requests from several large retailers / supermarkets in Yogyakarta.

This study resulted in a fairly low Mean Absolute Percentage Error (MAPE) in broccoli commodity testing by generating 50 chromosomes, 300 generations, and 50 mutation multiples which resulted in $\alpha = 0.135$, $\beta = 0.1454$, $\gamma = 0.9988$ and MAPE value = 4.23165029; in the carrot commodity test by generating 50 chromosomes, 300 generations, and mutation multiples of 50 which resulted in $\alpha = 0.0429$, $\beta = 0.9977$, $\gamma = 0.9967$ and MAPE value = 8.71488914; in tomato commodity testing by generates the number of chromosomes as much as 50, the number of generations as many as 200, and multiple mutations of 50 which produce $\alpha = 0.0028$, $\beta = 0.3038$, $\gamma = 0.8468$ and MAPE values = 4.08064189.

Keywords: Forecasting, Holt-Winter, Prediction, Multiplicative, Genetic Algorithm, Optimization.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga skripsi berjudul **“Optimisasi Nilai Alpha Beta Gamma dari Metode *Holt-Winter* Dengan Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Meramalkan Jumlah Kebutuhan Produk Pertanian”** dapat terselesaikan. Dalam penyelesaian skripsi ini, penulis bermaksud mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, semangat, motivasi, bimbingan, serta doa yang selalu dipanjatkan untuk kelancaran dan penyelesaian skripsi ini. Ucapan terimakasih ini disampaikan kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang selalu ada untuk menyertai, memberkati, memberikan kekuatan dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Orang tua, Yuli Dyah Sihanti yang telah memberikan doa, menemani, kekuatan moral, dan dukungan secara materi.
3. Bapak Prof. Ir. Sudi Mungkasi, S.Si, M.Math.Sc., PH.D. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma.
4. Bapak Robertus Adi Nugroho, S.T., M.Eng. selaku ketua program Studi Informatika Universitas Sanata Dharma.
5. Bapak Drs. Haris Sriwindono, M.Kom, Ph.D. selaku dosen pembimbing skripsi yang dengan sabar memberikan bimbingan dan pengarahan yang terbaik dalam pengerjaan skripsi.
6. Sharon Angeline Tade Ly yang selalu membantu dalam menjelaskan metode yang dikerjakan dan menemani saat menyelesaikan skripsi.
7. Hendra, Aldy, Danur, Rendi yang selalu menghibur dalam keadaan apapun selama pengerjaan skripsi.
8. Rekan – rekan mahasiswa Teknik Informatika angkatan 2017 yang selalu menyemangati dan memotivasi penulis serta berjuang bersama untuk menyelesaikan skripsi ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	vi
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKAMEDIS	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	x
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	18
1.1 Latar Belakang.....	18
1.2 Rumusan Masalah.....	20
1.3 Tujuan Penelitian	20
1.4 Manfaat Penelitian	20
1.5 Batasan Masalah	20
1.6 Sistematika Penulisan	21
BAB II LANDASAN TEORI	22
2.1 Metode Peramalan	22
2.2 Metode <i>Holt-Winter</i>	23
2.6.1 <i>Holt-Winter</i> Multiplikatif	23
2.6.2 <i>Holt-Winter</i> Aditif.....	24
2.3 <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)	25
2.4 Definisi Algoritma Genetika.....	25
2.5 Algoritma Genetika.....	26
2.6 Langkah-Langkah Algoritma Genetika	27
2.6.1 Pembentukan Kromosom.....	27
2.6.2 Pembentukan Populasi Awal	27
2.6.3 Evaluasi Fitness.....	28

2.6.4	Seleksi.....	28
2.6.5	<i>Crossover</i>	29
2.6.6	Mutasi.....	29
2.6.7	Populasi Baru.....	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		31
3.1	Gambaran Umum.....	31
3.2	Data Penelitian.....	31
3.3	Peralatan Pendukung.....	31
3.4	Perhitungan Menggunakan <i>Holt-Winter</i>	32
3.5.1	Nilai Awal.....	34
3.5.2	Nilai Ramalan	34
3.5.3	Menghitung MAPE.....	36
3.5	Perhitungan Algoritma Genetika	37
3.6.1.	Pembentukan Kromosom.....	37
3.6.2.	Pembentukan Populasi Awal	38
3.6.3.	Evaluasi Fitness.....	38
3.6.4.	Seleksi.....	40
3.6.5.	<i>Crossover</i>	42
3.6.6.	Mutasi	44
3.6.7.	Populasi Baru	45
3.6	Desain Sistem.....	46
BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISIS HASIL		47
4.1	Implementasi Holt-Winter	47
4.1.1	Mencari Nilai Awal.....	47
4.1.2	Melakukan Peramalan.....	49
4.1.3	MAPE	50
4.2	Implementasi Algoritma Genetika	50
4.2.1.	Pembentukan Populasi Awal	50
4.2.2.	Seleksi	51
4.2.3.	<i>Crossover</i>	52
4.2.4.	Mutasi	54
4.3	Pengujian dan Analisis Hasil	55
4.3.1	Brokoli	55
4.3.2	Wortel	58

4.3.3 Tomat	61
BAB V PENUTUP	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	67



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Evaluasi MAPE	25
Tabel 3.1 Tabel Permintaan Tahun 2018 – 2020	32
Tabel 3.2 Tabel Perhitungan Holt-Winter	36
Tabel 3.3 Hasil Ramalan Pada Tanggal Selanjutnya Serta Nilai MAPE	37
Tabel 3.4 Tabel Kromosom Awal	38
Tabel 3.6 Nilai Fitness Yang Dibalikan	40
Tabel 3.6 Nilai Probabilitas Relatif dari Setiap Kromosom.....	41
Tabel 3.7 Nilai Probabilitas Kumulatif dari Setiap Kromosom	42
Tabel 3.12 Isi Gen dari Pasangan 2	43
Tabel 3.13 Hasil Crossover	43
Tabel 3.15 Hasil Mutasi	44
Tabel 4.1 Dataset Brokoli.....	55
Tabel 4.2 Hasil Kromosom dari 28 Kali Percobaan Pada Dataset Brokoli.....	56
Tabel 4.3 Hasil Ramalan Tahun Berikutnya Pada Dataset Brokoli	57
Tabel 4.4 Dataset Wortel.....	58
Tabel 4.5 Hasil Kromosom dari 28 Kali Percobaan Pada Dataset Wortel.....	59
Tabel 4.6 Hasil Ramalan Tahun Berikutnya Pada Dataset Wortel	60
Tabel 4.7 Dataset Wortel.....	61
Tabel 4.8 Hasil Kromosom dari 28 Kali Percobaan Pada Dataset Tomat.....	62
Tabel 4.9 Hasil Ramalan Tahun Berikutnya Pada Dataset Wortel	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Definisi Algoritma Genetika.....	26
Gambar 2.2 Alur Algoritma Genetika	27
Gambar 2.3 Ilustrasi Single Point Crossover	29
Gambar 2.4 Ilustrasi Reversing Mutation.....	30
Gambar 3.1 Grafik Permintaan.....	33
Gambar 3.2 Rancangan Antar Muka Sistem	46
Gambar 4. 1 Source Code Package Yang Digunakan	47
Gambar 4.2 Source Code Parameter yang Digunakan	47
Gambar 4. 3 Source Code Menentukan Nilai Awal	48
Gambar 4.4 Source Code Menghitung Nilai Awal	48
Gambar 4.5 Source Code Menghitung Nilai level, trend, seasonal dan ramalan	49
Gambar 4 6 Source Code Pengisian Hasil Ramalan	49
Gambar 4.7 Source Code Menghitung Nilai MAPE	50
Gambar 4.8 Source Code Membangkitkan Populasi Baru	50
Gambar 4.9 Source Code Method Seleksi.....	51
Gambar 4.10 Source Code Mengitung Nilai Probabilitas Relatif	51
Gambar 4.11 Source Code Menghitng Nilai Probabilitas Kumulatif.....	52
Gambar 4.12 Source Code Mencari Hasil dari Seleksi	52
Gambar 4.13 Source Code Method Crossover	52
Gambar 4.14 Source Code Proses Pertukaran Gen.	53
Gambar 4.15 Source Code Konversi ke Bilangan Desimal.....	53
Gambar 4.16 Source Code Mencari Nilai Fitness dari Hasil Crossover	54
Gambar 4.17 Source Code Method Mutasi	54
Gambar 4.18 Source Code Proses Reversing Mutation	54
Gambar 4.19 Grafik Permintaan dan Hasil Ramalan Komoditas Brokoli	58
Gambar 4.20 Grafik Permintaan dan Hasil Ramalan Komoditas Wortel.....	61
Gambar 4.21 Grafik Permintaan dan Hasil Ramalan Komoditas Tomat	64

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan primer manusia adalah sandang, pangan, papan untuk menjalani kehidupan. Pangan merupakan bagian terpenting karena manusia tanpa sandang masih bisa hidup, tanpa papan manusia juga masih bisa hidup, tetapi tanpa pangan manusia tidak bisa bertahan hidup. Pangan mempunyai banyak aspek, salah satunya sayuran. Sayuran sangat bermanfaat untuk memenuhi gizi dan membangun daya tubuh karena mengandung vitamin, mineral, dan karbohidrat. Namun kebanyakan petani sayur di Indonesia menggunakan pestisida untuk membasmi hama, oleh karena itu alangkah baiknya memilih sayuran organik.

Tani Organik Merapi atau sering disebut TOM merupakan perusahaan perdagangan dibidang hortikultura yang memproduksi sayuran organik. TOM setiap harinya menyuplai sayuran hampir ke semua retail besar di Yogyakarta. Seiring dengan waktu, TOM harus selalu bersedia untuk memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat sehingga TOM berusaha untuk selalu dapat memenuhi permintaan pasar dengan lahan milik TOM, akan tetapi dengan luas lahan 1 hektar yang dimiliki, masih kurang untuk memenuhi permintaan pasar yang terus menerus meningkat. TOM harus memperluas lahan untuk memenuhi permintaan pasar, maka lahan yang harus diperluas dan diganti dengan menjalin kemitraan dengan petani sayuran sekitar kabupaten Sleman.

Supaya produksi menjadi lebih stabil maka bisa menerapkan metode peramalan untuk memprediksi jumlah kebutuhan sayuran. Dengan menggunakan metode peramalan, maka akan memperoleh hasil prediksi jumlah sayuran dari setiap bulannya, sehingga TOM dan petani dapat menyiapkan prakiraan sayuran sebelum sayuran akan dijual sebagai pemenuhan permintaan. Metode yang digunakan salah satunya adalah *holt-winter*.

Terdapat penelitian yang pernah dilakukan mengenai metode *holt-winter* untuk memprediksi suatu nilai yaitu diantaranya penelitian yang pernah dilakukan oleh (Ginanjari Susilo et al., 2016) dengan judul “Peramalan Volume

Penggunaan Air Bersih Dengan Metode Winters Exponential Smoothing Untuk Menentukan Volume Air Bersih Yang Harus Diproduksi Oleh PDAM Tirta Satria” yang menghasilkan nilai $\alpha = 0,098192782$; $\beta = 0,7578259$ dan $\gamma = 0,098334913$ serta memperoleh nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) sebesar 3,5025378849. Kemudian terdapat juga penelitian yang pernah dilakukan oleh (Putra et al., 2019) dengan judul “Peramalan Dengan Metode Pemulusan Eksponensial Holt-Winter Dan Sarima (Studi Kasus: Jumlah Produksi Ikan (Ton) di Kota Sibolga Tahun 2000-2017)” yang menghasilkan nilai $\alpha = 0,34$; $\beta = 0,06$ dan $\gamma = 0,55$ dari metode *holt-winter* serta memperoleh nilai MAPE sebesar 6,39. Kemudian terdapat juga penelitian yang pernah dilakukan oleh (Rosalina et al., 2016) dengan judul “Metode Peramalan Holt-Winter Untuk Memprediksi Jumlah Pengunjung Perpustakaan Universitas Riau” yang menghasilkan nilai $\alpha = 0$; $\beta = 0,055$ dan $\gamma = 0,875$ serta memperoleh nilai MAPE sebesar 34,919. Kemudian terdapat juga penelitian yang pernah dilakukan oleh (Nindian Puspa Dewi, 2020) dengan judul “Implementasi Holt-Winters Exponential Smoothing untuk Peramalan Harga Bahan Pangan di Kabupaten Pamekasan” yang menghasilkan nilai MAPE terbagus dari komoditas beras yaitu 0,372 dengan nilai $\alpha = 0,8$; $\beta = 0,1$ dan $\gamma = 0,1$.

Maka dari itu untuk menyelesaikan masalah yang tertulis diatas, dapat disimpulkan metode yang digunakan adalah metode peramalan *holt-winter*. Metode ini memperkirakan secara kuantitatif apa yang akan terjadi di masa depan. Hal yang paling penting dalam metode peramalan adalah memilih pola dari data runtun yang akan diramalkan dan rentang waktu peramalan (Rosalina et al., 2015). Metode *holt-winter* adalah perkembangan dari metode *exponential smoothing* (pemulusan eksponensial) dimana mempunyai konstanta pemulusan yaitu *level* (keseluruhan), *trend* (kecenderungan), dan *seasonal* (musiman). Untuk mengoptimalkan nilai α , β , γ maka diperlukan algoritma yang membantu untuk permasalahan ini, seperti algoritma genetika. Menurut Gen dan Cheng (1997) algoritma genetika hanya melakukan sedikit perhitungan matematis yang berhubungan dengan masalah yang ingin diselesaikan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka rumusan masalah penelitian ini adalah hasil seperti apa dengan menggunakan metode *holt-winter* yang dioptimalkan dengan algoritma genetika dalam meramalkan permintaan sayuran.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang didapat dari rumusan masalah diatas yakni mengetahui nilai α , β , γ yang optimal dan mengetahui ramalan atau prediksi permintaan sayuran yang optimal dengan menggunakan metode *holt-winter* yang dioptimalkan dengan algoritma genetika sehingga TOM dapat memenuhi permintaan pasar.

1.4 Manfaat Penelitian

a. Bagi Penulis

Penelitian ini bermanfaat untuk menambah wawasan dan pengalaman penulis dalam membuat sistem peramalan menggunakan metode *holt-winter* yang dioptimalkan menggunakan algoritma genetika.

b. Bagi Tani Organik Merapi

Mampu mengetahui ramalan dari produk sayuran yang ingin diramal untuk mengatasi permintaan pasar yang kurang terpenuhi.

c. Bagi Pembaca

Penelitian ini mampu menjadi referensi bagi penulis selanjutnya dalam mencari nilai α , β , γ yang optimal serta meramalkan sebuah produk menggunakan metode *holt-winter* yang dioptimalkan menggunakan algoritma genetika.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini mempunyai batasan sebagai berikut :

1. Data yang diproses adalah data *purchase order* pada supermarket di DIY.

2. Data yang dikumpulkan adalah data *purchase order* dari tahun 2018 sampai 2020.
3. Data yang digunakan adalah *purchase order* sayur brokoli, wortel, tomat.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. BAB I PENDAHULUAN
Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
2. BAB II LANDASAN TEORI
Bab ini membahas tentang metode peramalan *Holt-Winter* dan Algoritma Genetika untuk menguatkan dasar teori.
3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN DAN PERANCANGAN
Bab ini membahas tentang tahap - tahap penyelesaian masalah menggunakan metode peramalan *Holt-Winter* Multiplikatif dan rancangan sistem yang akan dibuat.
4. BAB IV IMPLEMENTASI SISTEM DAN ANALISIS HASIL
Bab ini membahas tentang implementasi sistem yang sudah direncanakan dan menampilkan analisis hasil keluaran sistem.
5. BAB V PENUTUP
Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran lebih lanjut.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Metode Peramalan

Peramalan atau *forecasting* merupakan metode sebagai alat bantu untuk melakukan suatu perencanaan maupun prediksi yang bersifat efisien dan efektif. Sebagai contoh, metode peramalan untuk tingkat permintaan suatu produk di sebuah toko / *supermarket*, memprediksi penggunaan air PDAM di daerah tertentu, memprediksi harga sembako di daerah tertentu yang akan datang, dan masih banyak lagi. Metode peramalan merupakan cara memperkirakan secara kuantitatif apa yang akan datang berdasarkan pada data yang relevan di masa lalu yang digunakan untuk mencari nilai dari hasil prediksi di masa mendatang.

Hal yang sangat penting dalam menggunakan metode peramalan adalah memilih pola dari data runtun yang akan diramalkan dan rentang waktu peramalan. Untuk mengenali pola dari data, terdapat empat jenis pola data, yaitu pola data horizontal, musiman, siklus dan trend. Sedangkan untuk rentang waktu terdapat tiga kategori, yaitu peramalan jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang. Peramalan jangka pendek merupakan peramalan yang didasarkan pada rentang waktu kurang dari satu tahun, sedangkan peramalan jangka menengah merupakan peramalan pada rentang waktu tiga sampai delapan belas bulan, dan peramalan jangka panjang merupakan peramalan pada rentang waktu lebih dari dua sampai tiga tahun lebih.

Suata data runtun waktu memiliki dua sifat data, yaitu data yang stasioner dan tidak stasioner. Data stasioner yang dimaksud adalah data tersebut memiliki nilai rata-rata dan variasi yang relatif konstan dari waktu ke waktu. Sedangkan data tidak stasioner yaitu data tersebut tidak memiliki rata-rata dan variasi yang tidak konstan atau juga bisa dikatakan data tersebut berubah seiring dengan berjalannya waktu ke waktu. Kedua sifat data ini berguna untuk menentukan metode peramalan yang bertujuan untuk menghasilkan nilai *error* atau nilai

kesalahan yang kecil sehingga hasil peramalan dapat dikatakan *valid* atau bisa digunakan untuk pacuan kejadian yang akan datang.

2.2 Metode *Holt-Winter*

Metode *Holt-Winter* merupakan bagian dari metode peramalan. *Holt-Winter* merupakan perkembangan dari metode pemulusan eksponensial yang menggunakan tiga konstanta pemulusan, yaitu *level* (keseluruhan), *trend* (kecenderungan), dan *seasonal* (musiman). Metode *Holt-Winter* mempunyai dua pendekatan yaitu multiplikatif dan aditif. Multiplikatif digunakan jika data yang digunakan memiliki sifat tidak stasioner atau tidak memiliki rata-rata dan variasi yang tidak konstan (data sewaktu – waktu berubah). Sedangkan aditif digunakan saat data bersifat stasioner, yaitu data tersebut memiliki nilai rata-rata dan variasi yang relatif konstan dari waktu ke waktu.

2.6.1 *Holt-Winter* Multiplikatif

Holt-winter multiplikatif mempunyai persamaan dasar sebagai berikut:

- a. Pemulusan Keseluruhan (*level*)

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.1)$$

- b. Pemulusan Kecenderungan (*trend*)

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.2)$$

- c. Pemulusan Musiman (*seasonal*)

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2.3)$$

dengan $0 \leq \alpha, \beta, \gamma \leq 1$, kemudian untuk mencari nilai prediksi / ramalan yaitu:

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m} \quad (2.4)$$

Sebelum melakukan pemulusan harus menentukan nilai awal terlebih dahulu dengan persamaan:

- a. Nilai Awal Pemulusan Keseluruhan (*level*)

$$L_s = \frac{1}{s} (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_s) \quad (2.5)$$

- b. Nilai Awal Pemulusan Kecenderungan (*trend*)

$$b_s = \frac{1}{s} \left(\frac{Y_{s+1} - Y_1}{s} + \frac{Y_{s+2} - Y_2}{s} + \dots + \frac{Y_{s+s} - Y_s}{s} \right) \quad (2.6)$$

c. Nilai Awal Pemulusan Musiman (*seasonal*)

$$S_1 = \frac{Y_1}{L_s}, S_2 = \frac{Y_2}{L_s}, \dots S_s = \frac{Y_s}{L_s} \quad (2.7)$$

Dimana :

S = Panjang musiman.

F_{t+m} = Peramalan untuk m periode berikutnya.

L_t = Nilai pemulusan keseluruhan.

b_t = Komponen *trend*.

S_t = Komponen musiman.

2.6.2 Holt-Winter Aditif

Holt-Winter aditif mempunyai persamaan dasar sebagai berikut:

a. Pemulusan Keseluruhan (*level*)

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.8)$$

b. Pemulusan Kecenderungan (*trend*):

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (2.9)$$

c. Pemulusan Musiman (*seasonal*)

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2.10)$$

dengan $0 \leq \alpha, \beta, \gamma \leq 1$, kemudian untuk mencari nilai prediksi / ramalan yaitu:

$$F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m} \quad (2.11)$$

Sebelum melakukan pemulusan harus menentukan nilai awal terlebih dahulu dengan persamaan:

a. Nilai Awal Pemulusan Keseluruhan (*level*)

$$L_s = \alpha \frac{1}{s} (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_s) \quad (2.12)$$

b. Nilai Awal Pemulusan Kecenderungan (*trend*)

$$b_s = \frac{1}{s} \left(\frac{Y_{s+1} - Y_1}{s} + \frac{Y_{s+2} - Y_2}{s} + \dots + \frac{Y_{s+s} - Y_s}{s} \right) \quad (2.13)$$

c. Nilai Awal Pemulusan Musiman (*seasonal*)

$$S_1 = Y_1 - L_s, S_2 = Y_2 - L_s, \dots S_s = Y_s - L_s \quad (2.14)$$

Dimana :

S = Panjang musiman.

F_{t+m} = Peramalan untuk m periode berikutnya.

L_t = Nilai pemulusan keseluruhan.

b_t = Komponen *trend*.

S_t = Komponen musiman.

2.3 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE adalah alat bantu untuk mencari persentase kesalahan hasil ramalan. Semakin kecil nilai persentase MAPE maka semakin baik hasil ramalan (Ibnu et al., 2016). Memeroleh MAPE dapat ditemukan menggunakan persamaan :

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100\% \quad (2.15)$$

Menurut (Kusbianto et al., 2020) nilai MAPE yang dihasilkan dapat menunjukkan kemampuan peramalan seperti dinyatakan pada tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Evaluasi MAPE

MAPE	Keterangan
<10%	Peramalan Sangat Akurat
10% sampai 20%	Peramalan Akurat
20% sampai 50%	Peramalan Cukup Akurat
>50%	Peramalan Tidak Akurat

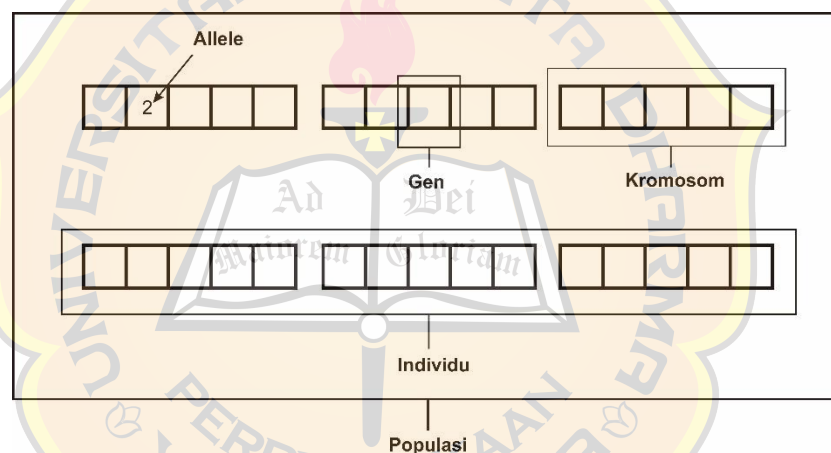
2.4 Definisi Algoritma Genetika

Sebelum menjalankan Algoritma genetika perlu mengetahui beberapa definisi Algoritma Genetika sebagai berikut, (Belluano, 2016):

1. *Gen*, sebuah nilai yang menyatakan satuan dasar yang membentuk suatu arti tertentu dalam satu kesatuan gen yang dinamakan kromosom. Dalam Algoritma Genetika, gen ini bisa berupa nilai biner, float, integer maupun karakter, atau kombinatorial
2. *Allele*, nilai dari suatu gen.

3. Kromosom, merupakan gabungan dari sekumpulan gen yang membentuk satu kesatuan dan memiliki arit tertentu.
4. Individu, bisa dikatakan sama dengan kromosom yang menyatakan satu nilai atau keadaan yang akan diproses bersama dalam satu siklus proses.
5. Populasi, merupakan sekumpulan dari individu yang akan diproses bersama dalam satu siklus evolusi.
6. Generasi, menyatakan satu siklus proses evolusi atau satu iterasi di dalam Algoritma Genetika.

Berikut ilustrasi dari definisi algoritma genetika yang ditunjukkan pada gambar 2.1 :

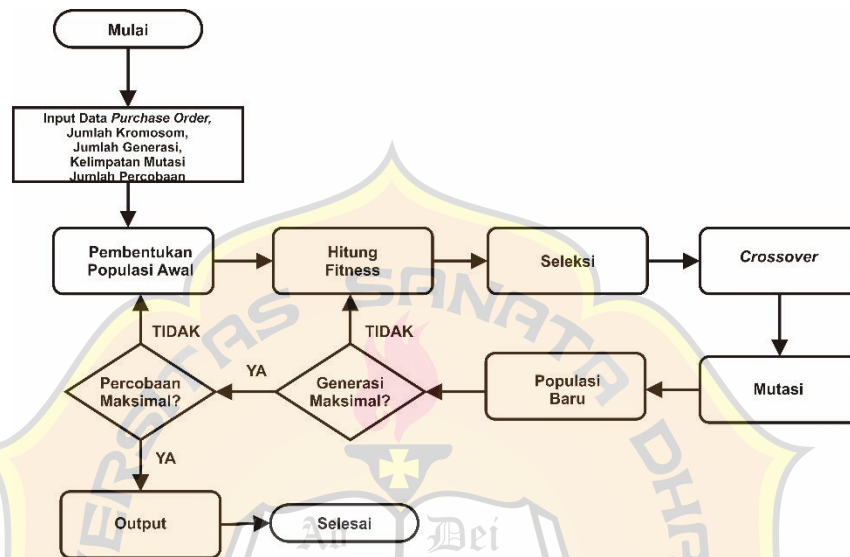


Gambar 2.1 Ilustrasi Definisi Algoritma Genetika

2.5 Algoritma Genetika

Algoritma genetika pertama kali dikembangkan oleh seorang profesor di Universitas of Michigan yaitu John Holand dari New York, Amerika Serikat yang mempublikasikan dalam bukunya yang berjudul “*Adaption in Natural and Artificial Systems*” pada tahun 1975. Algoritma genetika merupakan Teknik yang selalu digunakan untuk mencari solusi terbaik dari permasalahan yang mempunyai banyak solusi. Teknik ini akan melakukan pencarian dari beberapa solusi yang diperoleh sampai mendapatkan solusi terbaik sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan atau yang disebut sebagai fungsi fitness. Algoritma ini masuk dalam kelompok algoritma evolusioner dengan

menggunakan pendekatan evolusi Darwin di bidang Biologi seperti pewarisan sifat, seleksi alam, mutasi gen dan kombinasi (*crossover*). Karena merupakan Teknik pencarian optimal dalam bidang ilmu komputer, maka algoritma ini juga termasuk dalam kelompok algoritma metaheuristik. Berikut adalah alur dari algoritma genetika ditunjukkan pada gambar 2.2 :



Gambar 2.2 Alur Algoritma Genetika

2.6 Langkah-Langkah Algoritma Genetika

Berikut adalah Langkah-langkah serta penjelasan dalam menjalankan algoritma genetika :

2.6.1 Pembentukan Kromosom

Pembentukan kromosom merupakan tahap untuk memberikan kode/representasi penyelesaian pada gen dari suatu kromosom. Kromosom merepresentasikan suatu penyelesaian terhadap permasalahan optimasi yang dikerjakan . Satu gen mewakili satu *allele*. Nilai dari setiap *allele* ditentukan sesuai dengan batasan kendala. Suatu kromosom disebut juga dengan individu.

2.6.2 Pembentukan Populasi Awal

Pembentukan populasi awal merupakan proses membangkitkan sejumlah individu dengan *allele* secara acak atau melalui prosedur tertentu. Populasi merupakan himpunan penyelesaian acak awal yang

merupakan solusi yang mungkin dari permasalahan optimasi yang dikerjakan.

2.6.3 Evaluasi Fitness

Evaluasi fitness merupakan proses untuk mengevaluasi setiap populasi dengan menghitung nilai fitness setiap individu. Nilai fitness didapat dengan mensubstitusikan nilai setiap *allele* pada kromosom ke fungsi tujuan. Nilai fitness ini yang dijadikan acuan untuk mencari nilai terbaik dari suatu kromosom.

2.6.4 Seleksi

Seleksi individu merupakan tahap penyeleksian individu didalam suatu populasi. Individu yang memiliki nilai probabilitas yang tinggi memiliki kemungkinan yang lebih besar untuk terpilih pada proses selanjutnya. Pada skripsi ini metode yang digunakan adalah *roulette wheel selection*. Metode roda rolet ini sering digunakan dalam proses seleksi di algoritma genetika. Untuk mengerjakan metode ini, maka nilai maka nilai fitness relatif dan nilai fitness kumulatif harus diketahui terlebih dahulu.

Berikut adalah rumus untuk mencari nilai fitness relatif dari setiap kromosom:

$$P[i] = \frac{f[i]}{\sum f} \quad (2.14)$$

Dimana :

P = Probabilitas relatif.

i = kromosom ke-i.

f = Nilai fitness.

$\sum f$ = Jumlah fitness dari semua kromosom.

Setelah mendapatkan nilai fitness relatif maka mencari nilai fitness kumulatif dengan rumus:

$$C[i] = C[i-1] + P[i] \quad (2.15)$$

Dimana :

C = Probabilitas kumulatif.

i = kromosom ke- i .

P = Probabilitas relatif.

Kemudian bangkitkan bilangan acak R_i dengan $\{R_i \in R \mid 0 < R_i < 1, i = 1, 2, \dots, N\}$. Jika $R_i < C_i$ maka kromosom ke- i sebagai induk. Namun jika $C[i-1] < R[i] < C[i]$ pilih kromosom ke- i sebagai induk.

Dimana :

R = Bilangan Acak.

i = kromosom ke- i .

C = Probabilitas kumulatif.

2.6.5 Crossover

Crossover merupakan proses perpindahan silang gen dalam kromosom antara dua kromosom induk dengan tujuan melahirkan kromosom baru yang mewarisi sifat-sifat induknya yang diharapkan menghasilkan keturunan yang baik juga. Pada skripsi ini menggunakan *crossover* satu titik (*Single Point Crossover*). Dimana mencari titik untuk melakukan pertukaran gen yang sudah ditentukan, berikut gambar ilustrasi *crossover* satu titik:

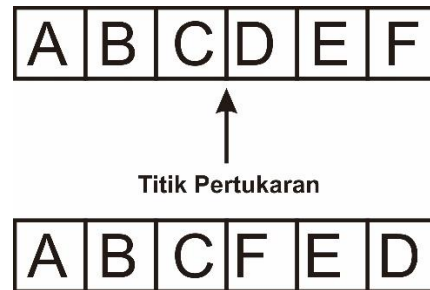


Gambar 2.3 Ilustrasi *Single Point Crossover*

2.6.6 Mutasi

Mutasi merupakan proses mengubah nilai dari satu atau beberapa gen dalam suatu kromosom. Mutasi yang digunakan pada skripsi ini adalah *Reversing Mutation*. Mutasi ini dimulai dengan cara memilih secara acak titik yang akan digunakan sebagai titik membalikan kromosom yang berada di belakang titik gen yang dipilih dengan

kromosom yang berada di depan titik gen yang dipilih. Berikut contoh ilustrasi *Reversing Mutation* :



Gambar 2.4 Ilustrasi Reversing Mutation

2.6.7 Populasi Baru

Setelah melakukan seleksi, *crossover*, dan mutasi, maka menggabungkan kromosom dari kromosom awal, hasil kromosom seleksi, hasil kromosom *crossover*, hasil kromosom mutasi, kemudian diambil kromosom dengan nilai fitness terbaik sesuai jumlah kromosom awal dan mengulangi langkah dari seleksi sampai jumlah generasi yang ditentukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum

Penelitian ini dilakukan untuk meramalkan jumlah permintaan komoditas sayuran, yaitu brokoli, wortel, dan tomat. Data yang digunakan berupa *purchase order* dari setiap komoditas pada tahun 2018 sampai 2020. Data tersebut akan diolah, sehingga menghasilkan *output* ramalan jumlah permintaan pada tahun mendatang yang tentunya sudah dioptimalkan. Berikut alur penelitian :

1. Membaca file (data *purchase order* dari komoditas yang dipilih).
2. Dilakukan perhitungan algoritma genetika dengan menginputkan jumlah kromosom, jumlah generasi, kelipatan mutasi, jumlah percobaan, yang akan menghasilkan nilai fitness (MAPE terkecil).
3. Menampilkan hasil kromosom terbaik yang berupa alpha, beta, gamma untuk dilakukan peramalan.
4. Melakukan peramalan *holt-winter* dengan alpha, beta, gamma yang optimal dari proses pengujian algoritma genetika.
5. Menampilkan hasil ramalan di tahun berikutnya.

3.2 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data dari CV Tani Organi Merapi yang berupa jumlah permintaan setiap komoditas sayuran dari seluruh *supermarket* di Daerah Istimewa Yogyakarta pada tahun 2018 sampai 2020. Penulis menggabungkan data permintaan dari setiap hari menjadi setiap bulan. Untuk komoditas brokoli berupa jumlah dari per 1 kilogram, komoditas wortel dan tomat berupa jumlah per 500 gram.

3.3 Peralatan Pendukung

Peralatan pendukung yang digunakan sebagai berikut :

1. Peralatan Perangkat Keras
 - AMD FX(tm)-6300 Six-Core Processor (3.5 Ghz)

- 16 GB RAM
- 1 TB HDD, 580 GB SSD

2. Peralatan Perangkat Lunak

- Sistem Operasi Windows 10 Pro 64-bit
- Microsoft Office 2019
- PyCharm 2021.1.2

3.4 Perhitungan Menggunakan *Holt-Winter*

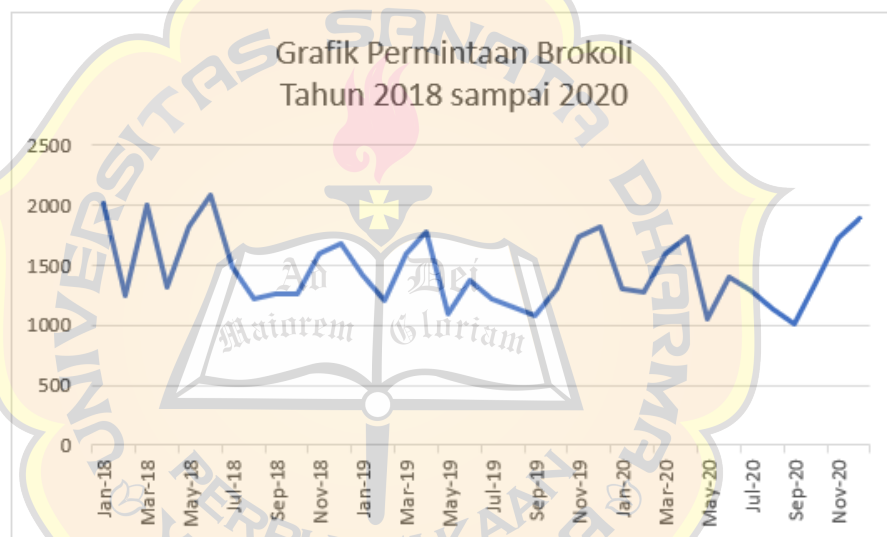
Untuk melakukan perhitungan manual, diperlukan data sampel dari *purchase order* milik CV. Tani Organik Merapi. Data yang digunakan adalah data permintaan dari seluruh *supermarket* di DIY dari tahun 2018 sampai 2020 dengan komoditas sayuran brokoli. Berikut data yang diperoleh:

Tabel 3.1 Tabel Permintaan Tahun 2018 – 2020

Tanggal	Jumlah Brokoli
Jan-18	2011
Feb-18	1251
Mar-18	2006
Apr-18	1320
May-18	1825
Jun-18	2079
Jul-18	1488
Aug-18	1218
Sep-18	1256
Oct-18	1258
Nov-18	1603
Dec-18	1687
Jan-19	1421
Feb-19	1212
Mar-19	1600
Apr-19	1776
May-19	1090
Jun-19	1372
Jul-19	1225
Aug-19	1156
Sep-19	1084
Oct-19	1301
Nov-19	1734
Dec-19	1816
Jan-20	1305

Feb-20	1282
Mar-20	1603
Apr-20	1736
May-20	1059
Jun-20	1397
Jul-20	1291
Aug-20	1139
Sep-20	1011
Oct-20	1361
Nov-20	1729
Dec-20	1887

Dari data atas, maka diperoleh grafik:



Gambar 3.1 Grafik Permintaan

Pada gambar 3.1 diatas maka tampak data bersifat tidak stasioner karena data tidak bervariasi. Terdapat penurunan drastis pada bulan Juni 2018 sampai Agustus 2018 yaitu permintaan dari 2079 *item* brokoli turun menjadi 1218 *item* permintaan brokoli dan juga kenaikan drastis pada bulan September 2020 sampai Desember 2020 yaitu dari permintaan 101 *item* naik menjadi 1887 *item*. Hal ini menunjukkan bahwa data bersifat fluktuasi. Maka dari itu metode *Holt-Winter* yang digunakan adalah multiplikatif.

3.5.1 Nilai Awal

Untuk mencari nilai awal pemulusan level, diambil nilai awal dari 12 periode (1 tahun), yaitu pada bulan Januari 2018 sampai Desember 2018. Untuk menghitung nilai awal pemulusan level digunakan persamaan (2.4) yaitu:

$$L_s = \frac{1}{s} (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_s)$$

$$L_{12} = \frac{1}{12} (2011 + 1251 + 2006 + 1320 + 1825 + 2079 + 1488 + 1218 + 1256 + 1258 + 1603 + 1687)$$

$$L_{12} = 1583,5$$

Dari 6 periode yang sudah dipilih, maka untuk mencari nilai awal pemulusan *trend* diperoleh melalui persamaan (2.5) yaitu:

$$b_{12} = \frac{1}{12} \left(\frac{Y_{s+1} - Y_1}{s} + \frac{Y_{s+2} - Y_2}{s} + \dots + \frac{Y_{s+s} - Y_s}{s} \right)$$

$$b_{12} = \frac{1}{12} \left(\frac{Y_{12+1} - Y_1}{12} + \frac{Y_{12+2} - Y_2}{12} + \frac{Y_{12+3} - Y_3}{12} + \dots + \frac{Y_{12+12} - Y_{12}}{12} \right)$$

$$b_{12} = \frac{1}{12} \left(\frac{1421 - 2011}{12} + \frac{1212 - 1251}{12} + \frac{1600 - 2006}{12} + \dots + \frac{1816 - 1687}{12} \right)$$

$$b_{12} = -15,38194444$$

Setelah mencari nilai awal pemulusan *trend*, maka selanjutnya mencari nilai awal pemulusan musiman diperoleh persamaan (2.5) yaitu:

$$S_1 = \frac{Y_1}{L_s}, S_2 = \frac{Y_2}{L_s}, \dots, S_s = \frac{Y_s}{L_s}$$

$$S_1 = \frac{2011}{1583,5}, S_2 = \frac{1251}{1583,5}, S_3 = \frac{2006}{1583,5}, S_4 = \frac{1320}{1583,5}, S_5 = \frac{1825}{1583,5}, \dots, S_{12} = \frac{1687}{1583,5}$$

$$S_1 = 1,269971582, S_2 = 0,790022103, S_3 = 1,26681402, S_4 = 0,833596464, S_5 = 1,152510262, \dots, S_{12} = 1,065361541$$

3.5.2 Nilai Ramalan

Setelah nilai awal pemulusan *level*, *trend*, dan musiman diperoleh, selanjutnya yang dilakukan adalah menghitung nilai pemulusan data, trend, dan musiman untuk periode ke-13 sampai

periode ke-36 dengan menentukan konstanta pemulusan sembarang. Dengan nilai $\alpha = 0,1$ diperoleh nilai dari pemulusan *level* periode ke-13 dengan persamaan (2.1) yaitu

$$L_{13} = \alpha \frac{Y_{13}}{S_{13-12}} + (1-\alpha)(L_{13-1} + b_{13-1})$$

$$L_{13} = 0,1 \frac{351421}{1,269971582} + (1-0,1)(1583,5 + (-15,3819))$$

$$L_{13} = 1523,1985$$

Selanjutnya mencari nilai dari pemulusan *trend* periode ke-13 dengan nilai $\beta = 0,8$ melalui persamaan (2.2) diperoleh nilai sebagai berikut :

$$b_{13} = \beta(L_{13} - L_{13-1}) + (1 - \beta)b_{13-1}$$

$$b_{13} = 0,8(1523,1985 - 1583,5) + (1 - 0,8)(-15,3819)$$

$$b_{13} = -51,3176$$

Setelah mencari nilai pemulusan *trend* periode ke-13, maka selanjutnya mencari nilai dari pemulusan musiman periode ke-13 dengan nilai $\gamma = 0,1$ dengan persamaan (2.3) yaitu:

$$S_{13} = \gamma \frac{Y_{13}}{L_{13}} + (1 - \gamma)S_{13-12}$$

$$S_{13} = 0,1 \frac{351421}{1523,1985} + (1 - 0,1) 1,269971582$$

$$S_{13} = 1,236265$$

Kemudian mencari nilai pemulusan *level*, *trend*, dan musiman dari periode ke-14 sampai periode ke-36 dengan cara seperti diatas. Setelah menemukan nilai pemulusan *level*, *trend*, dan musiman dari periode ke-14 sampai periode ke-36, maka bisa menentukan nilai ramalan dari F_{24} sampai F_{36} (ramalan 1 tahun kedepan) dengan persamaan (2.4) yaitu:

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m}$$

$$F_{24+1} = (L_{24} + b_{12} \times 1) S_{24-12+1}$$

$$F_{24+1} = (1388,128228 + 79,58305155) \times 1 \times 1,236264956$$

$$F_{24+1} = 1814,48002$$

$$F_{24+2} = (L_{24} + b_{12} \times 2)S_{24+2}$$

$$F_{24+2} = (1388,128228 + 79,58305155) \times 2 \times 0,793016703$$

$$F_{24+2} = 1227,030249$$

Setelah melakukan semua perhitungan maka di peroleh tabel prediksi sebagai berikut:

Tabel 3.2 Tabel Perhitungan Holt-Winter

Bulan-Tahun	Total Pesanan	Nilai Pemulusan level (L)	Nilai Pemulusan trend (b)	Nilai Pemulusan musiman (S)	Ramalan Total Pesanan
Jan-20	1305	1426,5	46,61407	1,204121	1814,48
Feb-20	1282	1487,464	58,09386	0,799902	1227,03
Mar-20	1603	1518,913	36,77803	1,23343	2038,828
Apr-20	1736	1598,702	71,18673	0,895374	1491,8
May-20	1059	1597,8	13,51584	1,070596	1993,061
Jun-20	1397	1558,843	-28,4623	1,246725	2398,588
Jul-20	1291	1514,276	-41,3458	0,933768	1833,929
Aug-20	1139	1470,563	-43,2401	0,784783	1591,33
Sep-20	1011	1410,506	-56,6932	0,794302	1689,64
Oct-20	1361	1384,44	-32,1919	0,836163	1790,497
Nov-20	1729	1382,586	-7,92097	1,064937	2363,845
Dec-20	1887	1410,374	20,64581	1,114478	2553,184

3.5.3 Menghitung MAPE

Berhubung nilai ramalan tidak berupa bilangan bulat, maka nilai ramalan akan dibulatkan menjadi bilangan bulat karena data yang digunakan merupakan jumlah per item. Setelah itu hitung dari setiap nilai MAPE per bulan yang berdasarkan dari persamaan (2.13):

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100\%$$

$$MAPE = \frac{4,969535715}{12} \times 100\%$$

$$MAPE = 41,41279762$$

Tabel 3. 3 Hasil Ramalan Pada Tanggal Selanjutnya Serta Nilai MAPE

Bulan-Tahun	Total Pesanan	Ramalan Total Pesanan	Nilai MAPE per Periode
Jan-20	1305	1814	0,390406
Feb-20	1282	1227	0,042878
Mar-20	1603	2039	0,271883
Apr-20	1736	1492	0,140668
May-20	1059	1993	0,882022
Jun-20	1397	2399	0,716957
Jul-20	1291	1834	0,420549
Aug-20	1139	1591	0,397129
Sep-20	1011	1690	0,671256
Oct-20	1361	1790	0,315575
Nov-20	1729	2364	0,367175
Dec-20	1887	2553	0,353039
Jan-20	1305	1814	0,390406
Nilai MAPE			41,4128

Jumlah MAPE yang diperoleh dengan pengambilan periode sampai ke-12 mendapatkan hasil 41,4128%, nilai MAPE masih terbilang cukup besar karena menentukan nilai alpha, beta dan gamma masih sembarang, maka dari itu diperlukan algoritma optimasi untuk mengoptimalkan hasil, yaitu algoritma genetika.

3.5 Perhitungan Algoritma Genetika

Setelah memahami dari perhitungan *holt-winter* dapat juga dianalisis bahwa nilai alpha, beta, gamma didapatkan dari nilai acak, maka dari itu diperlukan algoritma untuk mengoptimalkan nilai alpha, beta, gamma yaitu salah satunya adalah algoritma genetika.

3.6.1. Pembentukan Kromosom

Nilai yang akan dioptimalkan adalah nilai alpha, beta dan gamma, dengan batasan $0 \leq \alpha, \beta, \gamma \leq 1$. Selanjutnya melakukan representasi ke biner dengan persamaan:

$$(\alpha^{\max} - \alpha^{\min}) \times 10^4 = (1-0) \times 10^4 = 10000$$

$$2^{13} \leq 10000 \leq 2^{14}, \quad l_{\alpha} = 14$$

Dari persamaan diatas jumlah bit dari alpha adalah 14, untuk nilai beta dan gamma sama seperti persamaan di atas sehingga nilai bit dari beta dan gamma masing 14. Maka untuk jumlah bit pada kromosom yaitu total dari bit alpha, beta dan gamma yaitu 42.

3.6.2. Pembentukan Populasi Awal

Pada skripsi ini pembentukan isi dari kromosom dilakukan secara acak dengan batasan panjang gen yaitu 42. Dibangkitkan individu sebanyak 10 yaitu ditunjukan pada tabel 3.4 :

Tabel 3.4 Tabel Kromosom Awal

Kromosom	Gen
1	[001000010000111101111100110111001100111101]
2	[101000011110110000011111110011000110001101]
3	[011110101011010011111111001101101001110100]
4	[101000001110111110111011001101000101101111]
5	[010010110001110000001011111001010000110101]
6	[110101101101111110000000001000100011011010]
7	[001010110110011110001010010000111111011010]
8	[001100110010011110100110011011010001111101]
9	[0100011100011111110011000111101111100001000]
10	[010000110011001111100101011111111101110100]

3.6.3. Evaluasi Fitness

Setelah membangkitkan populasi awal, mengevaluasi fitness atau mencari fitness dari setiap kromosom. Setiap fitness kromosom didapat dari menghitung nilai MAPE dengan dataset sama seperti perhitungan menggunakan *holt-winter* dan parameter alpha, beta, gamma didapat dari setiap gen kromosom. 14 bit pertama mewakili alpha, 14 bit kedua mewakili beta dan 14 bit ketiga mewakili

gamma. Didapat nilai alpha, beta, gamma pada kromosom 1 yang ditunjukkan pada tabel 3.6:

Tabel 3.6 Tabel Biner ke Desimal Pada Kromosom 1

	Biner	Desimal
Alpha	00100001000011	2115
Beta	11011111001101	14285
Gamma	11001100111101	13117

Selanjutnya rubah bilangan desimal dalam bentuk angka sesuai batasan masalah dengan persamaan:

$$Nilai_i = Nilai_i^{min} + desimal(biner_{x_i}) \times \frac{Nilai_i^{max} - Nilai_i^{min}}{2^{l_{x_i}} - 1}$$

$$Alpha = 0 + 2115 \times \frac{1-0}{2^{14}-1}$$

$$Alpha = 0.12989006939753117$$

$$Beta = 0 + 14285 \times \frac{1-0}{2^{14}-1}$$

$$Beta = 0.8772953386968003$$

$$Gamma = 0 + 13117 \times \frac{1-0}{2^{14}-1}$$

$$Gamma = 0.8055640852422772$$

Untuk kromosom 2 sampai 6 sama seperti langkah diatas. Setelah mendapat nilai alpha, beta, gamma dari setiap kromosom, didapat nilai fitness (MAPE) dari setiap kromosom yang ditunjukkan pada tabel 3.7:

Tabel 3.7 Tabel Kromosm Awal

Kromosom	Alpha	Beta	Gamma	Fitness (MAPE)
1	0.1299	0.8773	0.8056	8.3005979364
2	0.6364	0.0312	0.7790	15.566700551
3	0.4823	0.2508	0.4159	17.2474366442
4	0.6325	0.9386	0.2741	19.5743174384
5	0.2952	0.0117	0.3177	17.5102346748
6	0.8445	0.8806	0.1392	21.724074084
7	0.1705	0.8905	0.2492	17.9751620982
8	0.2010	0.9181	0.8252	9.2042525663
9	0.2795	0.9555	0.7394	11.0430251326
10	0.2641	0.9801	0.9976	8.9422139798

3.6.4. Seleksi

Metode seleksi yang digunakan adalah *roulette wheel selection*, maka dari itu hitung nilai probabilitas relatif setiap kromosom. Tetapi pada kasus ini nilai fitness terbaik adalah nilai fitness terkecil, sedangkan metode seleksi *roulette wheel selection* digunakan untuk mencari nilai fitness terbesar. Maka nilai fitness setiap kromosom dibalikan dengan persamaan:

$$F[i] = \frac{1}{f[i]}$$

$$F[1] = \frac{1}{8.3005979364}$$

$$F[i] = 0.12047324875413777$$

Untuk menghitung nilai fitness dari kromosom ke-2 sampai ke-6 sama seperti pada persamaan diatas dan didapatkan hasil nilai fitness yang didapat ditunjukan pada tabel 3.6:

Tabel 3.5 Nilai Fitness Yang Dibalikan

Kromosom	Fitness
1	0.12047324875413777
2	0.06423968886173251
3	0.05797963028530862
4	0.05108734969415821
5	0.05710945733006984
6	0.046031881319006825
7	0.0556323216745922
8	0.10864543240168693
9	0.09055489668749465
10	0.11182912892254071

Kemudian menghitung nilai probabilitas relatif pada setiap kromosom dengan persamaan:

$$P[i] = \frac{f[i]}{\sum f}$$

$$P[1] = \frac{0.12047324875413777}{0.76358303593072820}$$

- $P[1] = 0.15777360560046155$

Untuk menghitung nilai probabilitas fitness kromosom ke-2 sampai ke-6 sama seperti pada persamaan diatas dan didapatkan hasil nilai probabilitas relatif setiap kromosom yang ditunjukkan pada tabel 3.6:

Tabel 3.6 Nilai Probabilitas Relatif dari Setiap Kromosom

Kromosom	Probabilitas Relatif
1	0.15777360560046155
2	0.08412927715638813
3	0.07593100888449872
4	0.06690477301121292
5	0.07479141709907078
6	0.06028405445505839
7	0.07285693769608462
8	0.14228371675289966
9	0.11859207502837942
10	0.14645313431594595

Setelah menghitung probabilitas relatif selanjutnya menghitung probabilitas kumulatif setiap kromosom dengan persamaan (2.15):

- $C[i] = C[i-1] + P[i]$
- $C[1] = C[0] + P[1]$
- $C[1] = 0 + 0.15777360560046155$
- $C[1] = 0.15777360560046155$
- $C[2] = C[1] + P[2]$
- $C[2] = 0.15777360560046155 + 0.08412927715638813$
- $C[2] = 0.3160$

Untuk menghitung nilai probabilitas kumulatif kromosom ke-3 sampai ke-6 sama seperti pada persamaan di atas dan didapatkan hasil nilai probabilitas kumulatif setiap kromosom yang ditunjukkan pada tabel 3.7:

Tabel 3.7 Nilai Probabilitas Kumulatif dari Setiap Kromosom

Kromosom	Probabilitas Kumulatif
1	0.15777360560046155
2	0.24190288275684968
3	0.3178338916413484
4	0.38473866465256135
5	0.4595300817516321
6	0.5198141362066905
7	0.5926710739027751
8	0.7349547906556747
9	0.8535468656840541
10	1

Kemudian melakukan proses roda rolet yaitu dengan membangkitkan nilai acak dari 0 sampai 1. Jika $R < C_i$ maka kromosom ke- i sebagai induk. Namun jika $C_{[i-1]} < R[i] < C[i]$ pilih kromosom ke- i sebagai induk. Jika tahap selanjutnya melakukan *crossover* maka pilih 1 induk lagi dengan membangkitkan bilangan acak, tetapi untuk menghindari pemilihan induk yang sama, maka menghitung ulang untuk mencari nilai probabilitas kumulatif tanpa melibatkan kromosom yang sudah dipilih menjadi induk, sehingga tabel kromosom hanya berisi 9.

3.6.5. Crossover

Setelah melakukan tahap seleksi, maka terpilih 2 induk yang akan melakukan proses *crossover*. Semisal kromosom yang terpilih adalah kromosom 4 dan 6, maka kromosom 4 dan 6 akan melakukan proses *crossover*. Berikutnya membangkitkan lagi bilangan acak sebanyak jumlah gen pada kromosom untuk titik penukaran gen. Semisal bilangan acak yang dibangkitkan adalah 15 maka gen ke-15 (bit ke-15) sebagai titik penukaran.

Tabel 3.8 Isi Gen dari Pasangan 2

Induk	Gen
4	[1010000011101111110111011001101000101101111]
6	[1101011011011111110000000001000100011011010]

Gen ke-15 kekanan dari induk 4 akan saling bertukar isi dengan gen ke-15 kekanan dari induk 6, sehingga akan menghasilkan anak baru sebagai berikut:

Tabel 3.9 Hasil Crossover

Anak Baru	Gen	Fitness
4'	[1010000011101111100000000010001000 11011010]	20.92212 32117
6'	[1101011011011111101110110011010001 01101111]	21.17637 41473

Anak baru akan menggantikan kromosom awal yang paling jelek sehingga didapat generasi baru yang ditunjukkan pada tabel 13.13:

Tabel 3.13 Tabel Kromosm Baru

Kromosom	Gen	Fitness (MAPE)
1	[00100001000011110111110011011100 1100111101]	8.3005979 364
2	[10100001111011000001111111001100 0110001101]	15.566700 551
3	[01111010101101001111111100110110 1001110100]	17.247436 6442
4	[10100000111011111011101100110100 0101101111]	19.574317 4384

5	[01001011000111000000101111100101 0000110101]	17.510234 6748
6	[10100000111011111000000000100010 0011011010]	20.922123 2117
7	[00101011011001111000101001000011 1111011010]	17.975162 0982
8	[00110011001001111010011001101101 0001111101]	9.2042525 663
9	[01000111000111111100110001111011 1100001000]	11.043025 1326
10	[01000011001100111110010101111111 1101110100]	8.9422139 798

3.6.6. Mutasi

Setelah melakukan tahap *crossover* maka terpilih lah kromosom untuk melakukan tahap mutasi, semisal kromosom ke-4 terpilih menjadi induk, maka kromosom ke-4 akan melakukan mutasi. Kemudian membangkitkan bilangan acak antara 1 sampai 42 untuk menentukan gen mana yang akan menjadi titik bermutasi dalam proses *Reversing Mutation*, semisal bilangan acak adalah 3, maka membalikan kromosom yang berada di belakang titik gen yang dipilih dengan kromosom yang berada di depan titik gen yang dipilih. maka hasil dari mutasi sebagai berikut:

Tabel 3.10 Hasil Mutasi

Induk	Gen	Fitness (MAPE)
4	[101000001110111110111011001101000101101111]	19.5743174384
4'	[101111101101000101100110111011111011100000]	18.8375024164

Anak baru akan menggantikan kromosom awal yang paling jelek sehingga didapat generasi baru yang ditunjukkan pada tabel 13.16:

Tabel 3.16 Tabel Kromosm Baru

Kromo som	Gen	Fitness (MAPE)
1	[00100001000011110111110011011 1001100111101]	8.3005979 364
2	[1010000111101100000111111001 1000110001101]	15.566700 551
3	[0111101010110100111111100110 1101001110100]	17.247436 6442
4	[10100000111011111011101100110 1000101101111]	19.574317 4384
5	[01001011000111000000101111100 1010000110101]	17.510234 6748
6	[00000111011111011101100110100 0101101111101]	18.837502 4164
7	[00101011011001111000101001000 0111111011010]	17.975162 0982
8	[00110011001001111010011001101 1010001111101]	9.2042525 663
9	[01000111000111111100110001111 0111100001000]	11.043025 1326
10	[01000011001100111110010101111 1111101110100]	8.9422139 798

3.6.7. Populasi Baru

Setelah melakukan proses genetika, maka didapat kromosom-kromosom baru, maka ulangi langkah dari seleksi sampai mutasi sampai generasi yang sudah ditentukan.

3.6 Desain Sistem

**OPTIMISASI NILAI ALPHA BETA GAMMA DARI METODE
HOLT-WINTER DENGAN MENGGUNAKAN
ALGORITMA GENETIKA UNTUK MERAMALKAN
JUMLAH KEBUTUHAN PRODUK PERTANIAN**

OPEN DATA

KELIPATAN MUTASI

INPUT JUMLAH KROMOSOM

INPUT JUMLAH PERCOBAAN

INPUT JUMLAH GENERASI

PROSES

SIMPAN

HASIL ALGORITMA GENETIKA

ALPHA
BETA
GAMMA
MAPE

Gambar 3.2 Rancangan Antar Muka Sistem

Gambar 3.2 merupakan rencana rancangan antar muka sistem yang akan digunakan. Terdapat tombol OPEN yang berfungsi untuk memilih *file* data yang akan diolah dan akan langsung menampilkan isi *file* yang telah dipilih. Kemudian terdapat beberapa kolom untuk mengisi bilangan seperti pada INPUT JUMLAH KROMOSOM, INPUT JUMLAH GENERASI, KELIPATAN MUTASI dan INPUT JUMLAH PERCOBAAN. Kemudian terdapat tombol PROSES, dimana tombol PROSES berfungsi untuk menjalankan program dan akan menampilkan hasil algoritma genetika serta menampilkan hasil ramalan. Dan terakhir terdapat tombol SIMPAN yang berfungsi untuk menyimpan hasil ramalan yang sudah dioptimalkan menggunakan algoritma genetika.

BAB IV

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS HASIL

4.1 Implementasi Holt-Winter

```
import csv
import random
from random import randint
from operator import itemgetter
```

Gambar 4. 1 *Source Code Package* Yang Digunakan

Pada gambar 4.1 merupakan *Source Code package* yang akan digunakan sebagai alat bantu menjalankan program. *csv* digunakan untuk membaca data yang berformat csv. *random* digunakan untuk membangkitkan bilangan acak dari 0 sampai 1. *randit* digunakan untuk membangkitkan bilangan acak yang mempunyai parameter range bilangan apa saja yang akan dibangkitkan. *itemgetter* digunakan untuk mencari kata kunci dalam kata.

Untuk implementasi *holt-winter* dibutuhkan 4 parameter, yaitu *dataset*, *alpha*, *beta*, *gamma*.

```
def holt(df, a, bet, g):
```

Gambar 4.2 *Source Code Parameter* yang Digunakan

Pada gambar 4.2 merupakan *Source Code* dari *method holt-winter*. *df* adalah parameter untuk *dataset*, *a* untuk *alpha*, *bet* untuk *beta*, dan *g* untuk *gamma*.

4.1.1 Mencari Nilai Awal

Pada tahapan ini dilakukan untuk menghitung nilai awal. Nilai awal sama dengan jumlah periode yang akan dicari, pada skripsi ini data yang akan diramalkan adalah 12 bulan kedepan, maka untuk nilai awal terdapat pada periode ke-12.

```

14     dff=[]
15     jum=12
16     for i in range(int(jum)):
17         dff.append(int(df[i][1]))

```

Gambar 4.3 Source Code Menentukan Nilai Awal

Pada gambar 4.3 merupakan *Source Code* untuk menentukan nilai awal. Pada baris 14, `dff=[]` merupakan inialisasi *array* untuk menampung isi dari 12 periode awal yang nantinya akan diolah menjadi nilai awal, dan pada baris 15 merupakan variabel untuk menghentikan *looping* sesuai ketentuan pada baris selanjutnya. Baris 16 sampai 17 adalah proses pengisian *array dff*.

```

19     uji=[]
20     for i in range(int(jum), len(df)):
21         uji.append(int(df[i][1]))
22     SNilaiAwal=[]
23     LAwal=(1/jum)*sum(dff)
24     for i in dff:
25         SNilaiAwal.append(i/LAwal)
26     ramalan=[]
27     bAwal=(1/jum)*(sum(uji[0:jum])-sum(dff))/jum

```

Gambar 4.4 Source Code Menghitung Nilai Awal

Pada gambar 4.4. merupakan *Source Code* untuk menghitung nilai awal. Pada baris 19, `uji=[]` merupakan *array* untuk menampung periode 12 selanjutnya dari periode nilai awal yang nantinya digunakan untuk perhitungan nilai pemulusan kecenderungan (*trend*). Kemudian untuk mencari pemulusan keseluruhan (*level*) terdapat pada baris 23. Untuk perhitungan pemulusan kecenderungan (*trend*) terdapat pada baris 27. Dan untuk perhitungan nilai pemulusan kecenderungan (*trend*) terdapat pada baris 23 sampai 25 dimana nilai *trend* akan diambil diindex terakhir

pada array *SNilaiAwal*. Baris 26 digunakan untuk menampung hasil ramalan.

4.1.2 Melakukan Peramalan

```

29     LA=[]
30     bA=[]
31     L=a*(uji[0]/SNilaiAwal[0])+(1-a)*(L Awal+bAwal)
32     b=bet*(L-L Awal)+(1-bet)*bAwal
33     S=g*uji[0]/L+(1-g)*SNilaiAwal[0]
34     r = round((L Awal + bAwal * 1) * SNilaiAwal[0])
35     ramalan.append(r)
36     SNilaiAwal.append(S)
37     LA.append(L)
38     bA.append(b)

```

Gambar 4.5 Source Code Menghitung Nilai *level*, *trend*, *seasonal* dan ramalan

Pada Gambar 4.5 merupakan *Source Code* menghitung nilai pemulusan dari periode selanjutnya yang berfungsi untuk menentukan nilai ramalan. Pada baris 29 merupakan inisialisasi *array* yang akan menampung hasil nilai pemulusan keseluruhan (*level*) dan baris 30 untuk nilai pemulusan kecenderungan (*trend*). Gambar 4.5 juga merupakan pengisian nilai *level* dan nilai *trend* index pertama karena terdapat perhitungan yang melibatkan nilai awal sehingga tidak bisa untuk *dilooping*.

```

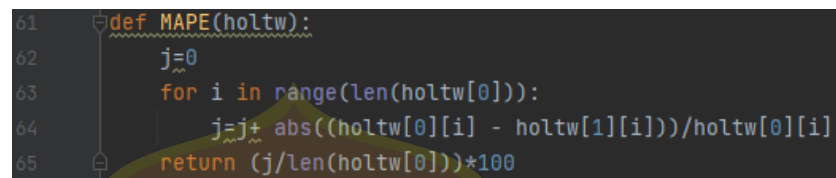
for i in range(1,len(uji)):
    L=a*uji[i]/SNilaiAwal[i]+(1-a)*(LA[i-1]+bA[i-1])
    b = bet * (L - LA[i-1]) + (1 - bet) * bA[i-1]
    S = g * uji[i] / L + (1 - g) * SNilaiAwal[i]
    LA.append(L)
    bA.append(b)
    SNilaiAwal.append(S)
    r = round((L Awal + bAwal * (i+1)) * SNilaiAwal[i])
    ramalan.append(r)
periode=len(ramalan)-jum
ujiPeriode=uji[periode:len(ramalan)]
ramalanPeriode=ramalan[periode:len(ramalan)]
return ujiPeriode,ramalanPeriode

```

Gambar 4 6 Source Code Pengisian Hasil Ramalan

Pada gambar 4.6 merupakan *Source Code* pengisian nilai pemuluan pada index selanjutnya. *Method* ini juga akan mengembalikan nilai dari 12 periode terakhir dan juga nilai ramalan selanjutnya yang berfungsi juga untuk memudahkan menghitung hasil MAPE.

4.1.3 MAPE



```

61 def MAPE(holtw):
62     j=0
63     for i in range(len(holtw[0])):
64         j=j+ abs((holtw[0][i] - holtw[1][i]))/holtw[0][i]
65     return (j/len(holtw[0]))*100

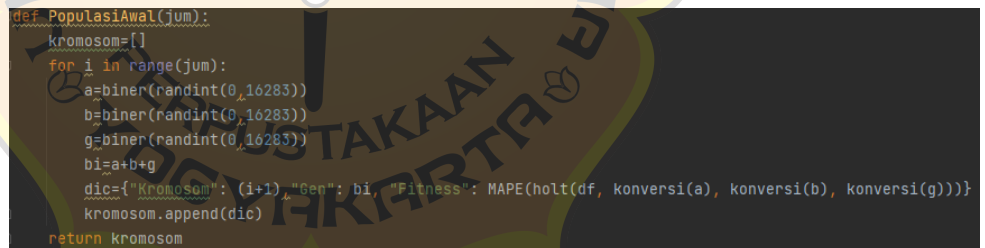
```

Gambar 4.7 *Source Code* Menghitung Nilai MAPE

Pada gambar gambar 4.7 merupakan *method* untuk mencari nilai MAPE yang parameternya adalah *array* 2 dimensi (hasil dari *method* *holt*)

4.2 Implementasi Algoritma Genetika

4.2.1. Pembentukan Populasi Awal



```

def PopulasiAwal(jum):
    kromosom=[]
    for i in range(jum):
        a=biner(randint(0,16283))
        b=biner(randint(0,16283))
        g=biner(randint(0,16283))
        bi=a+b+g
        dic={"kromosom": (i+1),"Gen": bi, "Fitness": MAPE(holt(df, konversi(a), konversi(b), konversi(g)))}
        kromosom.append(dic)
    return kromosom

```

Gambar 4.8 *Source Code* Membangkitkan Populasi Baru

Pada gambar 4.8 merupakan *method* untuk membangkitkan populasi awal, dimana *method* tersebut berparameterkan jumlah kromosom yang akan dibangkitkan. *Method* pada gambar 4.8 menggunakan fungsi *random* untuk membangkitkan nilai dari setiap gen dan juga menggunakan fungsi *dictionaries* yang berfungsi untuk menyimpan nilai data sehingga mudah untuk mengubah dalam proses algoritma genetika

4.2.2. Seleksi

```

99  def Seleksi(kromosom):
100      ii=0
101      hasil=[]
102      while ii<2:
103          P=[]
104          C=[]
105          jf=0

```

Gambar 4.9 Source Code Method Seleksi

Pada gambar 4.9 merupakan *Source Code* dari *method Seleksi*, dimana parameternya adalah *array* yang berisi *dictionary* kromosom (hasil *method PopulasiAwal*). *P=[]* merupakan inisialisasi *array* untuk mengisi probabilitas relatif, *C=[]* untuk mengisi probabilitas kumulatif, *jf=0* untuk menampung jumlah fitness keseluruhan.

```

106      for i in kromosom:
107          jf=jf+1/(i.get("Fitness"))
108      for i in kromosom:
109          p=(1/i.get("Fitness"))/jf
110          P.append(p)

```

Gambar 4.10 Source Code Mengitung Nilai Probabilitas Relatif

Pada Gambar 4.10 merupakan *Source Code* untuk menghitung nilai probabilitas relatif dari setiap kromosom, dimana baris 106 sampai 107 untuk menjumlahkan seluruh fitness kromosom dan baris 108 sampai 110 adalah proses pengisian nilai probabilitas relatif pada setiap kromosom.

```

111      C.append(P[0])
112      for i in range(1,len(P)):
113          h=C[i-1]+P[i]
114          C.append(h)

```

Gambar 4.11 *Source Code* Menghitng Nilai Probabilitas Kumulatif

Pada gambar 4.11 merupakan *Source Code* untuk menghitung nilai probabilitas kumulatif dari setiap kromosom. Pada baris 11 merupakan pengisian dari *array C* (*array* probabilitas kumulatif) index pertama dikarenakan untuk probabilitas kumulatif kromosom ke-0 berisi probabilitas kromosom pertama. Baris 112 sampai 114 merupakan pengisian dari nilai probabilitas kumulatif.

```
while(j==0):
    if a <= c[jj]:
        dic = {"Kromosom": kromosom[jj].get("Kromosom"), "Gen": kromosom[jj].get("Gen"),
              "Fitness": kromosom[jj].get("Fitness")}
        hasil.append(dic)
        j=1
    else:
        jj=jj+1
    tampung=[]
    for i in kromosom:
        if i.get("Kromosom")!=hasil[0].get("Kromosom"):
            dic = {"Kromosom": i.get("Kromosom"), "Gen": i.get("Gen"),
                  "Fitness": i.get("Fitness")}
            tampung.append(dic)
    kromosom=tampung
```

Gambar 4.12 *Source Code* Mencari Hasil dari Seleksi

Pada gambar 4.12 merupakan proses dari seleksi menggunakan roda rolet dan juga akan mengisikan hasil seleksi di *array terpilih*.

4.2.3. Crossover

```
138 def Crossover(kromosom):
139     r=randint(0,41)
140     anak=[]
141     temp1=""
142     temp2=""
143     temp3=""
144     temp4=""
```

Gambar 4.13 *Source Code Method Crossover*

Pada gambar 4.13 merupakan *source code* dari *method Crossover*, dimana parameternya adalah *array* hasil dari *method Seleksi*. Baris 139 berfungsi untuk membangkitkan bilangan acak yang akan digunakan untuk mencari titik *crossover*. Baris 141

sampai 144 digunakan untuk menampung gen yang bertujuan untuk tempat penyambungan gen hasil *crossover*.

```

145     k1=kromosom[0].get("Gen")
146     k2=kromosom[1].get("Gen")
147     for i in range(0,r):
148         temp1=temp1+k1[i]
149     for i in range(r,len(k1)):
150         temp2=temp2+k1[i]
151
152     for i in range(0,r):
153         temp3=temp3+k2[i]
154     for i in range(r,len(k2)):
155         temp4=temp4+k2[i]
156     hasil1=temp1+temp4
157     hasil2=temp3+temp2

```

Gambar 4.14 Source Code Proses Pertukaran Gen.

Pada gambar 4.14 merupakan proses pertukaran gen sesuai dengan aturan *Single Point Crossover*, dimana variabel hasil1 merupakan gen dari anak ke-1 dan variabel hasil2 merupakan gen anak ke-2

```

159     aTemp=""
160     for i in range(14):
161         aTemp=aTemp+hasil1[i]
162     a=konversi(aTemp)
163
164     bTemp=""
165     for i in range(14,28):
166         bTemp = bTemp + hasil1[i]
167     b = konversi(bTemp)
168
169     gTemp=""
170     for i in range(28, 42):
171         gTemp = gTemp + hasil1[i]
172     g = konversi(gTemp)

```

Gambar 4.15 Source Code Konversi ke Bilangan Desimal

Pada gambar 4.15 merupakan proses konversi gen menjadi nilai desimal dari alpha, beta, gamma pada anak ke-1, untuk anak ke-2

sama seperti *source code* diatas, hanya ubah array hasil1 menjadi hasil2.

```
dic = {"Kromosom": kromosom[0].get("Kromosom"), "Gen": hasil1
      "Fitness": MAPE(holt(df,a,b,g))}
anak.append(dic)
dic = {"Kromosom": kromosom[1].get("Kromosom"), "Gen": hasil2
      "Fitness": MAPE(holt(df,a2,b2,g2))}
anak.append(dic)

return anak
```

Gambar 4.16 *Source Code* Mencari Nilai Fitness dari Hasil *Crossover*

Pada gambar 4.16 merupakan proses menghitung nilai fitness atau MAPE dari hasil *crossover* dan juga mengubah ke format awal supaya mudah untuk melakukan tahap berikutnya.

4.2.4. Mutasi

```
198 def Mutasi(kromosom):
199     r=randint(0,41)
200     anak=[]
201     temp1=""
202     temp2=""
```

Gambar 4.17 *Source Code* Method Mutasi

Pada gambar 4.17 merupakan *source code* dari *method* Mutasi, dimana parameternya adalah *array* yang berisi hasil dari *method* Seleksi. *Method Mutasi* sangat mirip dengan *method crossover*, hanya berbeda saat penukaran gen dan juga hanya menghasilkan 1 anak.

```
204     k1=kromosom[0].get("Gen")
205     for i in range(0, r):
206         temp1 = temp1 + k1[i]
207
208     for i in range(r, len(k1)):
209         temp2=temp2+k1[i]
210     temp1 = temp1+temp2[::-1]
```

Gambar 4.18 *Source Code* Proses Reversing Mutation

Pada gambar 4.18 merupakan proses *Reversing Mutation*, untuk proses selanjutnya sama persis pada *metdod crossover* karena hanya tinggal mengkonversikan ke nilai alpha, beta, gamma dan menghitung nilai fitness atau MAPE.

4.3 Pengujian dan Analisis Hasil

Dalam pengujian, akan dilakukan ramalan pada dataset brokoli, wortel, dan tomat menggunakan metode *holt-winter* dengan pengoptimalan alpha, beta, gamma menggunakan algoritma genetika. Jumlah kromosom, generasi, kelipatan mutasi, dan percobaan akan dibangkitkan bervariasi.

4.3.1 Brokoli

Pada dataset brokoli, terdapat jumlah permintaan dari *supermarket* diseluruh kota Yogyakarta dari setiap bulan pada tahun 2018 sampai 2020 yang ditunjukkan pada tabel 4.1:

Tabel 4.1 Dataset Brokoli

Bulan-Tahun	Jumlah Permintaan
Jan-18	2011
Feb-18	1251
Mar-18	2006
Apr-18	1320
May-18	1825
Jun-18	2079
Jul-18	1488
Aug-18	1218
Sep-18	1256
Oct-18	1258
Nov-18	1603
Dec-18	1687
Jan-19	1421
Feb-19	1212
Mar-19	1600
Apr-19	1776
May-19	1090
Jun-19	1372
Jul-19	1225

Aug-19	1156
Sep-19	1084
Oct-19	1301
Nov-19	1734
Dec-19	1816
Jan-20	1305
Feb-20	1282
Mar-20	1603
Apr-20	1736
May-20	1059
Jun-20	1397
Jul-20	1291
Aug-20	1139
Sep-20	1011
Oct-20	1361
Nov-20	1729
Dec-20	1887

Tabel 4.2 Hasil Kromosom dari 28 Kali Percobaan Pada Dataset Brokoli

No	Jumlah Kromosom	Jumlah Generasi	Kelipatan Mutasi	Alpha	Beta	Gamma	MAPE
1	30	100	50	0.0297	0.7266	0.6943	10.8720175
2	30	200	50	0.1717	0.0024	0.8634	7.50703654
3	30	300	50	0.0565	0.5027	0.7374	6.97013615
4	30	100	75	0.0563	0.5097	0.7021	7.51828681
5	30	200	75	0.1713	0.096	0.9011	6.35922809
6	30	300	75	0.1739	0.0727	0.9619	5.48714881
7	30	100	100	0.0396	0.7471	0.8798	7.14170821
8	30	200	100	0.1604	0.1226	0.8533	6.78693768
9	30	300	100	0.1212	0.1627	0.9244	5.14000360
10	40	100	50	0.2121	0.0857	0.9636	7.23327909
11	40	200	50	0.0933	0.3087	0.8338	5.90773661
12	40	300	50	0.1376	0.0934	0.9413	5.56841197
13	40	100	75	0.0931	0.1317	0.9612	7.81772188
14	40	200	75	0.1412	0.1353	0.8311	6.57524009
15	40	300	75	0.1497	0.0319	0.9994	5.99114461
16	40	100	100	0.031	0.8614	0.6722	9.41035149
17	40	200	100	0.0554	0.5454	0.9328	6.48104599
18	40	300	100	0.0865	0.3265	0.8324	5.80477452
19	50	100	50	0.1387	0.1331	0.9322	5.20791227
20	50	200	50	0.163	0.1234	0.9915	5.12203192
21	50	300	50	0.135	0.1454	0.9988	4.23165029
22	50	100	75	0.1365	0.0601	0.9528	6.09219747
23	50	200	75	0.1126	0.2285	0.9181	5.1761947
25	50	300	75	0.1167	0.2044	0.9967	4.61438029

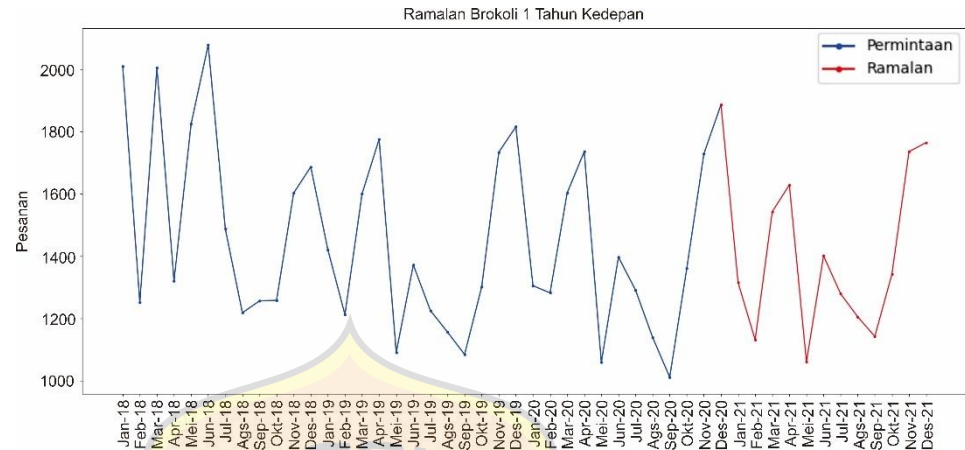
26	50	100	100	0.0645	0.4916	0.8306	6.01033880
27	50	200	100	0.0834	0.3388	0.8984	5.34817463
28	50	300	100	0.1222	0.1836	0.9255	4.9885306

Pada tabel 4.2 terdapat kromosom terbaik pada percobaan ke-21, membangkitkan jumlah kromosom sebanyak 50, jumlah generasi sebanyak 300, dan kelipatan mutasi sebanyak 50 yang menghasilkan nilai $\alpha = 0.135$, $\beta = 0.1454$, $\gamma = 0.9988$ dan nilai MAPE = 4.23165029. Setelah mendapatkan nilai α , β , γ dari kromosom terbaik maka tabel ramalan *holt-winter* untuk tahun berikutnya ditunjukkan pada tabel 4.3:

Tabel 4.3 Hasil Ramalan Tahun Berikutnya Pada Dataset Brokoli

Bulan	Hasil Ramalan
Januari	1315
Februari	1131
Maret	1543
April	1629
Mei	1060
Juni	1401
Juli	1279
Agustus	1205
Seotember	1142
Oktober	1342
November	1736
Desember	1765

Pada gambar 4.19 ditampilkan grafik dari data permintaan dan hasil ramalan dari komoditas brokoli:



Gambar 4.19 Grafik Permintaan dan Hasil Ramalan Komoditas Brokoli

Gambar 4.19 merupakan grafik dari data permintaan dan hasil ramalan komoditas brokoli menggunakan metode *holt-winter* yang dioptimalkan menggunakan algoritma genetika. Sumbu y menunjukkan jumlah permintaan dari setiap satu bulan dan sumbu x menunjukkan tanggal dari permintaan dan ramalan permintaan. Grafik dengan warna biru menunjukkan data permintaan faktual dan grafik dengan warna merah menunjukkan ramalan permintaan.

4.3.2 Wortel

Pada dataset wortel, terdapat jumlah permintaan dari *supermarket* diseluruh kota Yogyakarta dari setiap bulan pada tahun 2018 sampai 2020 yang ditunjukkan pada tabel 4.4:

Tabel 4.4 Dataset Wortel

Bulan-Tahun	Jumlah Permintaan
Jan-18	3596
Feb-18	1839
Mar-18	3220
Apr-18	2150
May-18	2467
Jun-18	2571
Jul-18	2617
Aug-18	2294

Sep-18	1706
Oct-18	1922
Nov-18	2507
Dec-18	2232
Jan-19	3304
Feb-19	2036
Mar-19	3356
Apr-19	1916
May-19	2724
Jun-19	2577
Jul-19	2413
Aug-19	2306
Sep-19	1389
Oct-19	1594
Nov-19	2293
Dec-19	3025
Jan-20	3131
Feb-20	2026
Mar-20	3061
Apr-20	1951
May-20	2395
Jun-20	2363
Jul-20	3059
Aug-20	2123
Sep-20	1305
Oct-20	1357
Nov-20	1907
Dec-20	3250

Tabel 4.5 Hasil Kromosom dari 28 Kali Percobaan Pada Dataset Wortel

No	Jumlah Kromosom	Jumlah Generasi	Kelipatan Mutasi	Alpha	Beta	Gamma	MAPE
1	30	100	50	0.0545	0.5945	0.8597	9.86896249
2	30	200	50	0.0287	0.9289	0.9499	9.11083414
3	30	300	50	0.0392	0.9254	0.967	8.93622653
4	30	100	75	0.0218	0.738	0.6835	10.8139602
5	30	200	75	0.0112	0.7898	0.9347	9.70831880
6	30	300	75	0.0365	0.878	0.8719	9.49231959
7	30	100	100	0.0081	0.2027	0.9048	10.1927942
8	30	200	100	0.0555	0.5526	0.9893	9.25670258
9	30	300	100	0.0178	0.9068	0.9904	9.15602602
10	40	100	50	0.0612	0.4306	0.9905	9.45472752
11	40	200	50	0.0509	0.924	0.9772	8.94041355
12	40	300	50	0.0482	0.9525	0.9491	9.02864735

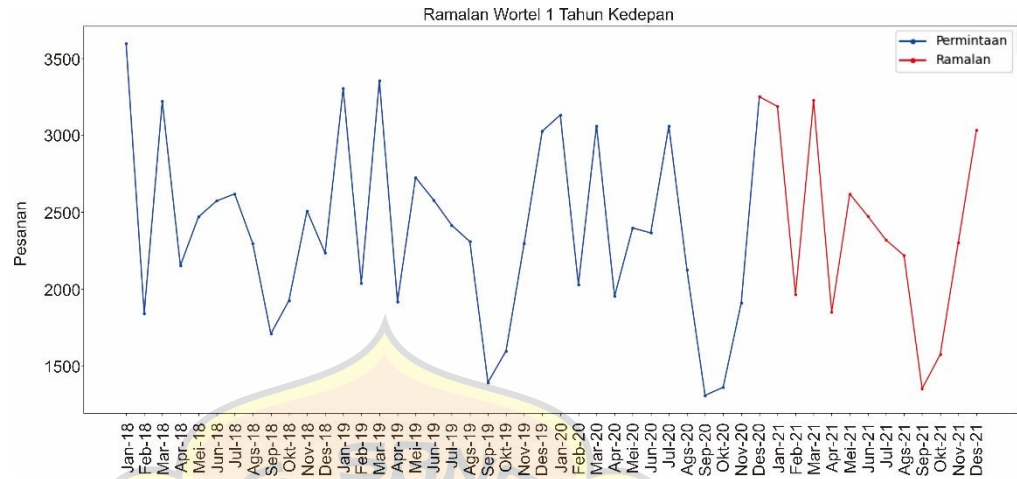
13	40	100	75	0.0536	0.8373	0.9644	9.09999181
14	40	200	75	0.0332	0.9032	0.9769	8.93827779
15	40	300	75	0.0416	0.8825	0.9859	8.87812420
16	40	100	100	0.0359	0.7883	0.9789	9.02349708
17	40	200	100	0.0412	0.8545	0.9996	8.83603759
18	40	300	100	0.043	0.9745	0.9728	8.86756847
19	50	100	50	0.0542	0.8484	0.957	9.13988620
20	50	200	50	0.0411	0.9617	0.9975	8.74492571
21	50	300	50	0.0429	0.9977	0.9967	8.71488914
22	50	100	75	0.0402	0.9605	0.9969	8.74987675
23	50	200	75	0.0438	0.9563	0.9789	8.85147814
25	50	300	75	0.0346	0.9218	0.9839	8.86547540
26	50	100	100	0.0395	0.9638	0.9852	8.81414989
27	50	200	100	0.044	0.9883	0.9456	9.00094374
28	50	300	100	0.0431	0.8481	0.9802	8.93858539

Pada tabel 4.5 terdapat kromosom terbaik pada percobaan ke-21, membangkitkan jumlah kromosom sebanyak 50, jumlah generasi sebanyak 300, dan kelipatan mutasi sebanyak 50 yang menghasilkan nilai $\alpha = 0.0429$, $\beta = 0.9977$, $\gamma = 0.9967$ dan nilai MAPE = 8.71488914. Setelah mendapatkan nilai α , β , γ dari kromosom terbaik maka tabel ramalan *holt-winter* untuk tahun berikutnya ditunjukkan pada tabel 4.6:

Tabel 4.6 Hasil Ramalan Tahun Berikutnya Pada Dataset Wortel

Bulan	Hasil Ramalan
Januari	3187
Februari	1962
Maret	3226
April	1847
Mei	2617
Juni	2471
Juli	2317
Agustus	2216
Seotember	1348
Oktober	1571
November	2301
Desember	3032

Pada gambar 4.20 ditampilkan grafik dari data permintaan dan hasil ramalan dari komoditas wortel:



Gambar 4.20 Grafik Permintaan dan Hasil Ramalan Komoditas Wortel

Gambar 4.20 merupakan grafik dari data permintaan dan hasil ramalan komoditas wortel menggunakan metode *holt-winter* yang dioptimalkan menggunakan algoritma genetika. Sumbu y menunjukkan jumlah permintaan dari setiap satu bulan dan sumbu x menunjukkan tanggal dari permintaan dan ramalan permintaan. Grafik dengan warna biru menunjukkan data permintaan faktual dan grafik dengan warna merah menunjukkan ramalan permintaan.

4.3.3 Tomat

Pada dataset tomat, terdapat jumlah permintaan dari *supermarket* diseluruh kota Yogyakarta dari setiap bulan pada tahun 2018 sampai 2020 yang ditunjukkan pada tabel 4.7:

Tabel 4.7 Dataset Wortel

Bulan-Tahun	Jumlah Permintaan
Jan-18	2192
Feb-18	1671
Mar-18	2374
Apr-18	1938
May-18	1980
Jun-18	2061

Jul-18	2064
Aug-18	1754
Sep-18	1436
Oct-18	1656
Nov-18	1444
Dec-18	2019
Jan-19	2418
Feb-19	1761
Mar-19	1582
Apr-19	2147
May-19	2467
Jun-19	1230
Jul-19	1364
Aug-19	1444
Sep-19	1594
Oct-19	1736
Nov-19	1847
Dec-19	3326
Jan-20	2102
Feb-20	1902
Mar-20	1683
Apr-20	2155
May-20	2276
Jun-20	1379
Jul-20	1367
Aug-20	1521
Sep-20	1601
Oct-20	1766
Nov-20	1792
Dec-20	3012

Tabel 4.8 Hasil Kromosom dari 28 Kali Percobaan Pada Dataset Tomat

No	Jumlah Kromosom	Jumlah Generasi	Kelipatan Mutasi	Alpha	Beta	Gamma	MAPE
1	30	100	50	0.0117	0.6947	0.8591	4.97235673
2	30	200	50	0.0003	0.5519	0.7894	4.58688212
3	30	300	50	0.0017	0.8831	0.831	4.17461756
4	30	100	75	0.0077	0.3571	0.8937	4.48700912
5	30	200	75	0.012	0.0868	0.7797	4.83454593
6	30	300	75	0.0037	0.3738	0.8896	4.32441377
7	30	100	100	0.0198	0.2241	0.9484	5.75930730
8	30	200	100	0.0208	0.0354	0.8711	4.73250883

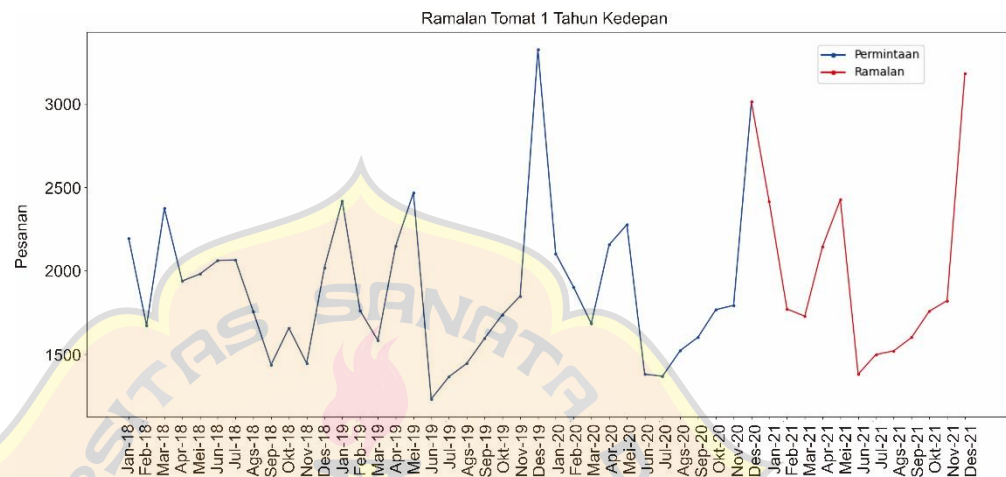
9	30	300	100	0.0009	0.461	0.9108	4.52253246
10	40	100	50	0.0197	0.2079	0.8861	4.99610799
11	40	200	50	0.0109	0.0895	0.8127	4.54140727
12	40	300	50	0.0034	0.3533	0.8298	4.21046949
13	40	100	75	0.0044	0.706	0.8276	4.23005539
14	40	200	75	0.0107	0.1657	0.9139	4.75710724
15	40	300	75	0.0154	0.0308	0.906	4.69080524
16	40	100	100	0.0144	0.1066	0.914	4.80232047
17	40	200	100	0.0098	0.3584	0.8537	4.37927599
18	40	300	100	0.0171	0.0082	0.9102	4.75631229
19	50	100	50	0.0052	0.4726	0.8379	4.17195222
20	50	200	50	0.0082	0.2095	0.8347	4.28558447
21	50	300	50	0.0053	0.3429	0.8502	4.11258028
22	50	100	75	0.0096	0.8985	0.8653	4.96375866
23	50	200	75	0.000	0.0407	0.8402	4.14133250
25	50	300	75	0.0014	0.747	0.8622	4.15318676
26	50	100	100	0.0017	0.6115	0.8276	4.20873447
27	50	200	100	0.0028	0.3038	0.8468	4.08064189
28	50	300	100	0.004	0.9901	0.8361	4.18150775

Pada tabel 4.8 terdapat kromosom terbaik pada percobaan ke-27, membangkitkan jumlah kromosom sebanyak 50, jumlah generasi sebanyak 200, dan kelipatan mutasi sebanyak 50 yang menghasilkan nilai $\alpha = 0.0028$, $\beta = 0.3038$, $\gamma = 0.8468$ dan nilai $MAPE = 4.08064189$. Setelah mendapatkan nilai α , β , γ dari kromosom terbaik maka tabel ramalan *holt-winter* untuk tahun berikutnya ditunjukkan pada tabel 4.9:

Tabel 4.9 Hasil Ramalan Tahun Berikutnya Pada Dataset Wortel

Bulan	Hasil Ramalan
Januari	2414
Februari	1770
Maret	1727
April	2145
Mei	2426
Juni	1379
Juli	1497
Agustus	1519
Seotember	1599
Oktober	1757
November	1820
Desember	3183

Pada gambar 4.21 ditampilkan grafik dari data permintaan dan hasil ramalan dari komoditas tomat:



Gambar 4.21 Grafik Permintaan dan Hasil Ramalan Komoditas Tomat

Gambar 4.21 merupakan grafik dari data permintaan dan hasil ramalan komoditas brokoli menggunakan metode *holt-winter* yang dioptimalkan menggunakan algoritma genetika. Sumbu y menunjukkan jumlah permintaan dari setiap satu bulan dan sumbu x menunjukkan tanggal dari permintaan dan ramalan permintaan. Grafik dengan warna biru menunjukkan data permintaan faktual dan grafik dengan warna merah menunjukkan ramalan permintaan.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan hasil analisis hasil pada BAB IV, terkait ramalan jumlah permintaan beberapa sayuran di CV Tani Oraganik Merapi menggunakan metode *holt-winter* yang mengoptimalkan alpha, beta, gamma menggunakan algoritma genetika dengan membangkitkan jumlah kromosom, jumlah generasi dan kelipatan mutasi secara bervariasi didapat hasil :

1. Pada komoditas brokoli, nilai alpha, beta, gamma paling optimal yaitu, $\alpha = 0.135$, $\beta = 0.1454$, $\gamma = 0.9988$, menghasilkan nilai MAPE = 4.23165029. Pada komoditas wortel yaitu nilai $\alpha = 0.0429$, $\beta = 0.9977$, $\gamma = 0.9967$, menghasilkan nilai MAPE = 8.71488914. Pada komoditas tomat yaitu nilai $\alpha = 0.0028$, $\beta = 0.3038$, $\gamma = 0.8468$ dan nilai MAPE = 4.08064189.
2. Algoritma genetika mampu mengoptimalkan parameter *holt-winter* dengan hasil MAPE dibawah 10% untuk komoditas brokoli, wortel dan tomat. Dimana hasil MAPE tersebut mengindikasikan bahwa model yang digunakan masuk kategori peramalan sangat akurat.
3. Dari semua percobaan yang telah dilakukan, hasil MAPE terkecil terdapat pada percobaan 21 komoditas brokoli dan wortel serta pada percobaan 27 komoditas tomat dengan membangkitkan jumlah kromosom sebanyak 50, jumlah kromosom cukup mempengaruhi hasil MAPE dikarenakan semakin banyak kromosom dibangkitkan semakin banyak juga peluang kromosom awal unggulan tercipta.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya :

1. Menggunakan *dataset* yang jumlah permintaan dan pemenuhan yang mempunyai selisih cukup banyak.
2. Membandingkan hasil ramalan dengan data aktual.
3. Melakukan peramalan harga pasar pada sayuran tertentu dengan metode *holt-winter* yang dioptimalkan menggunakan algoritma genetika.
4. Menggunakan metode lain untuk menghitung nilai *error* jika data yang diramal hanya berjumlah puluhan.



DAFTAR PUSTAKA

- Gen, M., & Cheng. (1997). *Genetic Algorithms and Engineering Design*. Canada: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Ginanjari Susilo Jurusan Matematika, I., Jenderal Soedirman, U., Yulia Iswiyanti Jurusan Matematika, I., Jenderal Soedirman Elga Puri Megantari Jurusan Matematika, U., Jenderal Soedirman Laila Ziadatu Mawaddah, U., Aurum Salehah Jurusan Matematika, D., Jenderal Soedirman Agustini Tripena Br Sb Jurusan Matematika, U., & Jenderal Soedirman Agung Prabowo, U. (2016). *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Terapannya*. 126402, 744.
- Kusbianto, D., Pemenang, M. U., & Fudianto, M. A. (2020). *PENJUALAN OBAT TERNAK BERBASIS WEB (Studi Kasus PT Otasindo Prima Satwa Cabang Surabaya)*.
- Nindian Puspa Dewi. (2020). Implementasi Holt-Winters Exponential Smoothing untuk Peramalan Harga Bahan Pangan di Kabupaten Pamekasan. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 11(2), 223–236. <https://doi.org/10.31849/digitalzone.v11i2.4797>
- Putra, E. F., Asdi, Y., & Maiyastri, M. (2019). PERAMALAN DENGAN METODE PEMULUSAN EKSPONENSIAL HOLT-WINTER DAN SARIMA (Studi Kasus: Jumlah Produksi Ikan (Ton) di Kota Sibolga Tahun 2000-2017). *Jurnal Matematika UNAND*, 8(1), 75. <https://doi.org/10.25077/jmu.8.1.75-83.2019>
- Rosalina, E., Sugiarto, S., & Gamal, M. D. . (2016). Metode Peramalan Holt-Winter Untuk Memprediksi Jumlah Pengunjung Perpustakaan Universitas Riau. *Repository FMIPA*, 7(1), 1–8.
- Zainudin, Z., (2013). *Algoritma Genetika: Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi*. Yogyakarta: ANDI.