

MODEL PERSEDIAAN *PERISHABLE MULTI ITEM*
MEMPERTIMBANGKAN PERMINTAAN PROBABILISTIK,
KETIDAKPASTIAN KETERSEDIAAN BAHAN BAKU,
DAN KETERBATASAN KAPASITAS ANGKUT
(Studi kasus di UMKM Kusuka Ubiku, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta)

TUGAS AKHIR



YUDHA SOPYAN KURNIAWAN
122220009

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2026

**MODEL PERSEDIAAN *PERISHABLE MULTI ITEM*
MEMPERTIMBANGKAN PERMINTAAN PROBABILISTIK,
KETIDAKPASTIAN KETERSEDIAAN BAHAN BAKU,
DAN KETERBATASAN KAPASITAS ANGKUT**

(Studi kasus di UMKM Kusuka Ubiku, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta)

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam Memperoleh Gelar
Sarjana di Teknik Industri



YUDHA SOPYAN KURNIAWAN

122220009

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA**

2026

**MULTI ITEM PERISHABLE INVENTORY MODEL
CONSIDERING PROBABILISTIC DEMAND,
UNCERTAINTY IN RAW MATERIAL AVAILABILITY,
AND TRANSPORTATION CAPACITY CONSTRAINTS**

(A Case Study at UMKM Kusuka Ubiku, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta)

AN UNDERGRADUATE THESIS

Submitted in Partial Fulfill Requirements for the
Undergraduate in Industrial Engineering



YUDHA SOPYAN KURNIAWAN

122220009

**UNDERGRADUATE OF INDUSTRIAL ENGINEERING
INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL ENGINEERING
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA**

2026

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**MODEL PERSEDIAAN *PERISHABLE MULTI ITEM*
MEMPERTIMBANGKAN PERMINTAAN PROBABILISTIK,
KETIDAKPASTIAN KETERSEDIAAN BAHAN BAKU,
DAN KETERBATASAN KAPASITAS ANGKUT**

(Studi kasus di UMKM Kusuka Ubiku, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta)

Oleh:

YUDHA SOPYAN KURNIAWAN

122220009

Telah disetujui dan disahkan

Pada tanggal: 12 Maret 2026

Dosen Pembimbing



Laila Nafisah, S.T., M.T.
NIP. 19710520 202121 2002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknik Industri

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta



Andreas Mahendra Kuncoro, S.T., M.Sc., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19811117 202203 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN DAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yudha Sopyan Kurniawan

NPM : 122220009

Jurusan : Teknik Industri FTI UPN "Veteran" Yogyakarta

menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini adalah benar-benar hasil karya penulis sendiri dan bukan merupakan hasil plagiat kecuali yang secara tertulis disitasi dalam tugas akhir ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar rujukan.

Apabila pernyataan ini terbukti merupakan hasil plagiat dari karya penulis lain dan/atau dengan sengaja menggunakan karya atau pendapat yang merupakan karya penulis lain saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi tanpa melihatkan institusi sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Yogyakarta, 5 Maret 2026

Yang menyatakan,



Yudha Sopyan Kurniawan
122220009

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul: **“Model Persediaan *Perishable Multi item* Mempertimbangkan Permintaan Probabilistik, Ketidakpastian Ketersediaan Bahan Baku, dan Keterbatasan Kapasitas Angkut”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Penulis menyadari dalam proses penyusunan skripsi ini, tidak dapat terselesaikan dengan baik tanpa bantuan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Laila Nafisah, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, masukan, nasihat dan ilmu yang sangat bermanfaat selama proses penyusunan skripsi ini. Kesabaran dan ketelitian beliau sangat membantu penulis dalam memperbaiki dan menyempurnakan penelitian ini.
2. Bapak Andreas Mahendro Kuncoro, S.T., M.Sc., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri UPN “Veteran” Yogyakarta yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
3. Bapak Lilik Setia selaku pemilik UMKM Kusuka Ubiku dan seluruh pekerja di UMKM Kusuka Ubiku, atas bimbingan, dukungan, serta kerjasama yang diberikan selama proses penelitian. Bantuan yang diberikan sangat mendukung kelancaran dan keberhasilan penelitian ini.
4. Bapak Sugito dan Ibu Piyah selaku kedua orang tua tercinta yang menjadi *support system* terbaik penulis dalam menempuh pendidikan. Terima kasih atas doa, pengorbanan, kasih sayang, serta segala upaya yang telah Bapak dan Ibu berikan. Alasan terbesar penulis bertahan hingga detik ini adalah keinginan untuk mewujudkan mimpi kecil Bapak dan Ibu agar penulis dapat menjadi sarjana pertama di keluarga.

5. Kakak penulis, Aan Sofyan Setiawan atas segala dukungan, masukan, semangat, dan bantuan yang sangat berarti selama penulis menjalani proses kuliah hingga penyusunan skripsi ini.
6. Penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman UKM ISR 2025 atas kebersamaan, dukungan, dan kepercayaan yang diberikan kepada penulis untuk memimpin organisasi ISR. Terima kasih kepada Siaumey Novia Saputri selaku Wakil Ketua, Novita Fitriani selaku Sekretaris Umum, indah Ayuning Suradhani selaku Sekretaris 1, Juita Faradiana selaku Bendahara Umum, seluruh Badan Pengurus Harian, serta Kabinet Adhikarsa Satyagraha atas kerja sama, dedikasi, dan semangat yang luar biasa selama masa kepengurusan.
7. Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan PKM-Center, yaitu Riyan, Bayu, Murdiana, Puspita, dan Dean yang telah menjadi teman seperjuangan sejak masa mahasiswa baru hingga saat ini, atas segala dukungan, semangat, dan kebersamaan yang telah diberikan.
8. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, namun telah memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi bagi pembaca yang berkepentingan, khususnya dalam bidang Teknik Industri.

Yogyakarta, 5 Maret 2026

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN DAN BEBAS PLAGIAT	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan dan Asumsi	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Persediaan	7
2.1.1 Pengertian persediaan.....	7
2.1.2 Penyebab munculnya persediaan dan fungsi persediaan	8
2.1.3 Jenis-jenis persediaan.....	9
2.1.4 Unsur-unsur persediaan.....	10
2.1.5 Komponen biaya persediaan	10
2.2 Model Persediaan	12
2.3 <i>Economic Order Quantity</i> (EOQ)	14

2.4	Model persediaan EOQ untuk produk yang mudah rusak di bawah kondisi ketidakpastian dari Patriarca <i>et al.</i> (2020).....	17
2.5	Model EOQ untuk Barang Mudah Rusak dengan Ketidakpastian Pasokan dari Yan & Wang (2013)	29
2.6	Penelitian Terdahulu.....	41
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	43
3.1	Objek Penelitian	43
3.2	Kerangka Penelitian	43
3.3	Metode Pengumpulan Data	45
3.4	Pengembangan model	52
3.4.1	Kerangka pengembangan model	52
3.4.2	Karakteristik sistem yang dikaji.....	55
3.4.3	Notasi yang digunakan.....	57
3.4.4	Formulasi model	59
3.4.5	Solusi model.....	78
3.5	Uji Validasi Model	79
3.6	Analisis Sensitivitas	79
BAB IV	PEMBAHASAN DAN ANALISIS MODEL.....	80
4.1	Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	80
4.2	Validasi Model	93
4.2.1	Penentuan kebijakan pengendalian persediaan menggunakan model usulan	95
4.2.1.1	Perhitungan panjang siklus persediaan	95
4.2.1.2	Perhitungan kuantitas pembelian optimal	95
4.2.1.3	Perhitungan total biaya persediaan model usulan	96
4.2.2	Penentuan pengendalian persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan.....	109

4.2.3	Perbandingan total biaya persediaan model usulan dengan kebijakan perusahaan	118
4.3	Analisis Uji Sensitivitas	119
4.3.1	Analisis uji sensitivitas persentase produk rusak hasil <i>screening</i> (α_i)	119
4.3.2	Analisis uji sensitivitas laju deteriorasi produk (θ_i)	127
4.3.3	Analisis uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu (φ_i)	134
4.3.4	Analisis uji sensitivitas tingkat ketersediaan bahan baku (δ_i)	141
4.3.5	Analisis uji sensitivitas waktu mulai terjadinya <i>stock-out</i> (t_3)	148
4.3.6	Rekapitulasi sensitivitas terhadap biaya persediaan	155
4.4	Analisis Hasil	158
BAB V	KESIMPULAN SARAN	162
5.1	Kesimpulan	162
5.2	Saran	162
	DAFTAR PUSTAKA	164
	LAMPIRAN	167

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Ringkasan penelitian terdahulu	42
Tabel 3.1 Rincian metode pengumpulan data	50
Tabel 4.1 Data permintaan pada bulan Januari 2024	80
Tabel 4.2 Rangkuman data-data yang telah diolah	93
Tabel 4.3 Jumlah pembelian optimal	95
Tabel 4.4 Biaya pemeriksaan item ke-i per siklus	96
Tabel 4.5 Biaya penyimpanan item ke-i per siklus	98
Tabel 4.6 Biaya pembuangan item ke-i per siklus	102
Tabel 4.7 Biaya kekurangan akibat <i>backorder</i>	103
Tabel 4.8 Biaya kekurangan akibat <i>lost sales</i>	105
Tabel 4.9 Biaya transportasi	106
Tabel 4.10 Total biaya persediaan dengan menggunakan model usulan	108
Tabel 4.11 Biaya pemeriksaan berdasarkan kebijakan perusahaan	109
Tabel 4.12 Biaya penyimpanan berdasarkan kebijakan perusahaan	110
Tabel 4.13 Biaya pembuangan berdasarkan kebijakan perusahaan	112
Tabel 4.14 Biaya kekurangan akibat <i>backorder</i> berdasarkan kebijakan perusahaan	113
Tabel 4.15 Biaya kekurangan akibat <i>lost sales</i> berdasarkan kebijakan perusahaan	114
Tabel 4.16 Biaya transportasi berdasarkan kebijakan perusahaan	116
Tabel 4.17 Total biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan	117
Tabel 4.18 Perbandingan total biaya persediaan menggunakan model usulan dengan kebijakan perusahaan	118
Tabel 4.19 Uji sensitivitas persentase produk rusak hasil <i>screening</i> (α_i)	121
Tabel 4.20 Uji sensitivitas laju deteriorasi produk (θ_i)	128
Tabel 4.21 Uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu	135
Tabel 4.22 Uji sensitivitas tingkat ketersediaan bahan baku (δ_i)	142
Tabel 4.23 Uji sensitivitas waktu mulai terjadinya <i>stock-out</i>	149

Tabel 4.24	Rekapitulasi sensitivitas terhadap biaya persediaan selama 22 periode	155
------------	---	-----

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kurva model deterministik.....	12
Gambar 2.2 Kurva model probabilistik	13
Gambar 2.3 Model <i>Economic Order Quantity</i> (EOQ).....	15
Gambar 2.4 Total biaya persediaan tahunan	16
Gambar 3.1 Kerangka penelitian	43
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> kerangka pengembangan model	54
Gambar 3.3 Sistem deskripsi	56
Gambar 3.4 Gambaran konseptual tingkat persediaan dalam satu periode siklus <i>T</i>	60
Gambar 4.1 Uji sensitivitas presentase produk rusak hasil <i>screening</i> terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan periode januari. 124	124
Gambar 4.2 Uji sensitivitas presentase produk rusak hasil <i>screening</i> terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan periode februari 125	125
Gambar 4.3 Uji sensitivitas presentase produk rusak hasil <i>screening</i> terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan periode maret... 126	126
Gambar 4.4 Uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada bulan januari..... 131	131
Gambar 4.5 Uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada bulan februari 132	132
Gambar 4.6 Uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada bulan maret..... 133	133
Gambar 4.7 Uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode januari..... 138	138
Gambar 4.8 Uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode februari 139	139
Gambar 4.9 Uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode maret..... 140	140

Gambar 4.10	Uji sensitivitas tingkat ketersediaan bahan baku terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode januari.....	145
Gambar 4.11	Uji sensitivitas tingkat ketersediaan bahan baku terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode februari	146
Gambar 4.12	Uji sensitivitas tingkat ketersediaan bahan baku terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode maret.....	147
Gambar 4.13	Uji sensitivitas waktu mulai terjadinya <i>stock-out</i> terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode januari.....	152
Gambar 4.14	Uji sensitivitas waktu mulai terjadinya <i>stock-out</i> terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode februari	153
Gambar 4.15	Uji sensitivitas waktu mulai terjadinya <i>stock-out</i> terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode maret.....	154
Gambar 4.16	Rekapitulasi sensitivitas terhadap biaya persediaan selama 22 periode.....	156

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Dokumentasi Pengamatan.....	LA-1
Lampiran B Bukti Pengambilan Data UMKM Kusuka Ubiku	LB-1
Lampiran C Laju Permintaan Tepung pada UMKM Kusuka Ubiku.....	LC-1
Lampiran D Data Permintaan Tepung Ubi Ungu, Kacang Hijau, dan Ubi Kuning	LD-1
Lampiran E Laju Permintaan Tepung Ubi Ungu, Kacang Hijau dan Ubi Kuning	LE-1
Lampiran F Data Pembelian Tepung Ubi Ungu, Kacang Hijau, dan Ubi Kuning	LF-1

ABSTRAK

Kusuka Ubiku merupakan UMKM pangan yang menghadapi pengendalian persediaan akibat tingginya variasi produk dan karakteristik bahan baku yang mudah rusak. UMKM ini mengolah bahan baku alami berupa biji-bijian, umbi, sayuran, dan buah dengan total 62 varian produk. Berdasarkan hasil observasi, tingkat kerusakan bahan baku masih tinggi dan belum mencapai target perusahaan. UMKM Kusuka Ubiku menghadapi ketidakpastian ketersediaan bahan baku akibat pengaruh musim dan pasokan dari petani, permintaan yang bersifat probabilistik, dan keterbatasan kapasitas angkut kendaraan yang berpotensi meningkatkan risiko kerugian apabila tidak dilakukan pengendalian persediaan yang tepat.

Penelitian ini mengembangkan model Patriarca *et al.* (2020) dan Yan & Wang (2013) dengan berdasarkan karakteristik sistem yang ada di UMKM Kusuka Ubiku. Variabel keputusan pada penelitian ini yaitu jumlah pembelian bahan baku dan panjang siklus persediaan yang optimal. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan model persediaan *perishable multi item* dengan mempertimbangkan permintaan probabilistik, ketidakpastian ketersediaan bahan baku, dan keterbatasan kapasitas angkut guna meminimalkan total biaya persediaan.

Berdasarkan analisis model, diperoleh panjang siklus optimal selama 9 hari. Kuantitas pembelian pada penelitian ini bersifat dinamis dan bervariasi antar periode untuk setiap item. Total biaya persediaan selama periode pengamatan diperoleh sebesar Rp26.580.434,64 sedangkan total biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan mencapai Rp28.374.029,57. Model usulan mampu memberikan penghematan biaya sebesar Rp1.793.594,93 atau setara dengan 6,3213%. Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa waktu mulai terjadinya *stock-out* merupakan parameter paling berpengaruh terhadap total biaya persediaan, sedangkan laju deteriorasi produk dan sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu memiliki pengaruh yang relatif kecil.

Kata Kunci: *EOQ*, *Perishable multi item*, Permintaan probabilistik, Ketidakpastian ketersediaan bahan baku, Keterbatasan kapasitas angkut

**MULTI ITEM PERISHABLE INVENTORY MODEL
CONSIDERING PROBABILISTIC DEMAND,
UNCERTAINTY IN RAW MATERIAL AVAILABILITY,
AND TRANSPORTATION CAPACITY CONSTRAINTS**

(A Case Study at UMKM Kusuka Ubiku, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta)

ABSTRACT

Kusuka Ubiku is a food-based Micro, Small, and Medium Enterprise (MSME) that faces inventory control challenges due to the high variety of products and the perishable nature of its raw materials. This enterprise processes natural raw materials such as grains, tubers, vegetables, and fruits into a total of 62 product variants. Based on the observation results, the level of raw material deterioration remains high and has not yet met the company's target. Kusuka Ubiku also faces uncertainty in raw material availability due to seasonal factors and supply from farmers, probabilistic demand, and limited vehicle transportation capacity, which may increase the risk of losses if proper inventory control is not implemented.

This study develops the models of Patriarca et al. (2020) and Yan and Wang (2013) based on the characteristics of the system at Kusuka Ubiku MSME. The decision variables in this research are the optimal raw material purchasing quantity and the optimal inventory cycle length. The objective of this study is to develop a multi-item perishable inventory model that considers probabilistic demand, uncertainty in raw material availability, and transportation capacity constraints in order to minimize total inventory cost.

Based on the model analysis, the optimal cycle length obtained is 9 days. The purchasing quantities in this study are dynamic and vary across periods for each item. The total inventory cost during the observation period is Rp26,580,434.64, while the total inventory cost under the company's current policy reaches Rp28,374,029.57. The proposed model is able to provide cost savings of Rp1,793,594.93 or equivalent to 6.3213%. Sensitivity analysis results indicate that the starting time of stock-out occurrence is the most influential parameter affecting total inventory cost, while the product deterioration rate and customer sensitivity to waiting time have relatively smaller effects.

Keywords: *EOQ, Perishable multi-item, Probabilistic demand, Raw material availability uncertainty, Transportation capacity constraint*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pengolahan pangan memiliki peranan dalam menjaga stabilitas pasokan bahan pangan dan mendukung perekonomian nasional. Industri ini terus menghadapi tantangan dalam menjaga kesinambungan produksi, mengontrol biaya, dan memenuhi kebutuhan pasar yang semakin kompetitif (Priatna, 2025). Dinamika industri pengolahan pangan menjadi semakin kompleks karena adanya peningkatan populasi dunia, perubahan gaya hidup masyarakat, meningkatnya permintaan produk pangan alami, serta pertumbuhan sektor usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) (Djazuli *et al.*, 2021). Kondisi tersebut menuntut perusahaan untuk memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi dalam mengelola persediaan dan memastikan kelancaran proses produksi. Tantangan ini semakin meningkat ketika perusahaan menggunakan bahan baku alami yang rentan mengalami perubahan kualitas dalam waktu singkat.

UMKM pangan merupakan sektor yang paling rentan terhadap permasalahan tersebut. UMKM membutuhkan pengendalian persediaan yang tepat karena cenderung memiliki modal terbatas, fasilitas penyimpanan sederhana, dan kapasitas produksi yang tidak sebesar perusahaan besar. Kesalahan dalam menentukan jumlah persediaan dapat menyebabkan kerugian signifikan, baik dalam bentuk bahan baku yang rusak sebelum diproses maupun produk jadi yang menumpuk tanpa permintaan. Kusuka Ubiku merupakan salah satu UMKM yang menghadapi permasalahan tersebut. Usaha yang beralamat di Kepuh Kulon, Wirokerten, Kecamatan Banguntapan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. UMKM ini mengolah berbagai jenis bahan baku alami (biji-bijian, umbi, sayuran dan buah) yang diperoleh dari 4 daerah yaitu Purwodadi, Magelang, Boyolali, dan Wonosobo. Bahan baku tersebut diolah menjadi tepung dengan proses yang meliputi pembersihan awal, perajangan (*slicing*), pengeringan, penggilingan, dan pengemasan. Kusuka Ubiku menawarkan 62 varian produk.

Variasi produk yang banyak menjadikan proses perencanaan produksi menjadi semakin kompleks, karena masing-masing jenis bahan baku memiliki karakteristik umur simpan yang berbeda. Bahan baku seperti umbi, sayuran dan buah memiliki tingkat kerusakan yang tinggi jika tidak segera diproses. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan pada bulan Oktober sampai November 2025 menunjukkan kerusakan bahan baku (umbi, sayuran dan buah) sebanyak 1.763 Kg dari total bahan baku sebanyak 15.000 Kg yang disiapkan untuk produksi 1 bulan kedepan. Dari data tersebut menunjukkan persentase bahan baku yang baik sebesar 88,25%, sedangkan pelaku usaha menginginkan persentase tersebut mencapai 97%. Selisih data tersebut menunjukkan bahwa kerusakan bahan baku (umbi, sayuran dan buah) masih terlalu tinggi. Kerusakan yang terjadi meliputi pembusukan basah, jamur, perubahan warna, pelunakan, dan bertunas. Kerusakan tersebut menyebabkan perusahaan mengalami kerugian yang signifikan.

UMKM Kusuka Ubiku juga menghadapi tantangan dalam ketersediaan bahan baku yang tidak pasti. Sebagai contoh bahan baku singkong, talas, gadung, ubi ungu, dan berbagai umbi lainnya sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca, dan ketersediaan dari petani. Pada musim hujan, tingkat kerusakan bahan baku meningkat sehingga ketersediaan bahan baku sering kali tidak sesuai dengan rencana awal. Sebaliknya, pada musim kemarau kualitas umbi cenderung lebih baik, tetapi hasil panen petani bisa menurun sehingga jumlah ketersediaan bahan baku berkurang. Kondisi ini menyebabkan variasi kuantitas dan kualitas bahan baku perusahaan dari waktu ke waktu.

Permintaan terhadap produk tepung pada UMKM Kusuka Ubiku juga bersifat probabilistik. Konsumen UMKM, pedagang kuliner, dan industri rumah tangga tidak selalu memesan dalam jumlah yang sama setiap periode. Sebagai contoh pada produk tepung ubi ungu yang permintaan dapat meningkat drastis menjelang musim pembuatan olahan seperti menjelang hari besar atau festival kuliner. Berdasarkan hasil catatan permintaan internal, jumlah pesanan tepung ubi ungu naik dari rata-rata 187 kg per bulan menjadi 353 kg pada bulan Juli 2025. Sebaliknya, pada bulan-bulan dengan aktivitas penjualan yang lebih rendah, permintaan dapat turun hingga 36 sampai 52% dari angka normal akibat beredarnya

produk substitusi dan persaingan harga di pasar. Pola permintaan yang fluktuatif ini membuat perusahaan harus menyeimbangkan antara risiko kekurangan stok dan risiko *overstock*, terutama karena tepung ubi ungu memerlukan bahan baku yang mudah rusak dan tidak dapat disimpan terlalu lama sebelum diolah.

UMKM Kusuka Ubiku juga menghadapi keterbatasan kapasitas angkut dalam proses pemenuhan bahan baku. Berdasarkan wawancara dengan pemilik pada 3 November 2025, pemilik menyampaikan bahwa kendaraan yang digunakan dalam proses pengangkutan adalah mobil L300 mini dengan kapasitas maksimal hanya mampu membawa sekitar 650 kg bahan baku berupa sayuran dan buah. Keterbatasan kapasitas ini menyebabkan perusahaan tidak dapat mengambil seluruh bahan baku dari pemasok dalam satu kali perjalanan, terutama ketika pembelian bahan baku yang banyak. Akibatnya, perusahaan harus melakukan lebih dari satu kali pengangkutan yang otomatis menambah biaya transportasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengendalian persediaan sangat penting untuk dilakukan agar proses pengadaan bahan baku tetap efisien dan biaya operasional dapat diminimalkan.

Berbagai situasi masalah yang dialami UMKM tersebut diatas tentu saja menyebabkan UMKM mengalami risiko kerugian cukup tinggi. Hal ini diperparah dengan ketidaktepatan UMKM dalam menentukan jumlah bahan baku yang akan dibeli. Jika terlalu banyak yang dibeli akan cepat rusak, jika terlalu sedikit maka kebutuhan produksi tidak terpenuhi (*stockout*). Jika kondisi tersebut tidak segera diatasi, maka akan berpotensi menimbulkan risiko kerugian bagi UMKM yang semakin besar. Penelitian ini mengacu pada dua model penelitian terdahulu yaitu penelitian Yan & Wang (2013) mengenai EOQ untuk bahan baku dengan *supply uncertainty* yang menyoroti ketidakpastian pasokan dalam proses pengendalian persediaan, dan penelitian Patriarca *et al.* (2020) yang mengembangkan model EOQ untuk produk mudah rusak di bawah kondisi ketidakpastian kualitas, deteriorasi, dan potensi penjualan yang hilang (*lost sales*). Meskipun demikian, perusahaan memiliki satu faktor yang perlu diperhitungkan dalam tahapan operasional, yaitu keterbatasan kapasitas kendaraan pada proses pengadaan bahan baku. Oleh karena itu, pada penelitian ini mengembangkan model persediaan *multi-*

item dengan mempertimbangkan faktor *perishable*, permintaan probabilistik, ketidakpastian ketersediaan bahan baku dan keterbatasan kapasitas angkut agar kerugian yang timbul dapat diminimasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan, dapat dirumuskan permasalahan yaitu bagaimana mengembangkan model persediaan *perishable multi item* mempertimbangkan permintaan probabilistik, ketidakpastian ketersediaan bahan baku, dan keterbatasan kapasitas angkut sehingga dapat meminimumkan total biaya persediaan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan, tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan model persediaan *perishable multi item* mempertimbangkan permintaan probabilistik, ketidakpastian ketersediaan bahan baku, dan keterbatasan kapasitas angkut sehingga dapat meminimumkan total biaya persediaan.

1.4 Batasan dan Asumsi

Berikut batasan dan asumsi pada penelitian ini:

a. Batasan

- 1) Biaya transportasi hanya dihitung berdasarkan konsumsi bahan bakar, jarak tempuh, dan jumlah perjalanan, tanpa mempertimbangkan biaya lain seperti biaya perawatan kendaraan dan biaya tenaga kerja.
- 2) Sumber bahan baku yang dipertimbangkan hanya 1 wilayah (Magelang).
- 3) Penelitian ini tidak memasukkan kebijakan diskon kuantitas, promosi penjualan, maupun perubahan harga jual ke dalam perhitungan total biaya.
- 4) Biaya pembelian tidak termasuk variabel yang dipertimbangkan.
- 5) Tidak mempertimbangkan rute.

b. Asumsi

- 1) Sistem persediaan yang dianalisis merupakan sistem *multi item* independen, dimana setiap item tidak saling memengaruhi dari sisi permintaan maupun deteriorasi.
- 2) Produk yang mengalami deteriorasi dianggap kehilangan seluruh nilai ekonominya dan harus dibuang, sehingga tidak memiliki nilai sisa (*salvage value*).
- 3) Biaya pemeriksaan per unit yang diperiksa tetap, biaya penyimpanan per unit per periode tetap, biaya pembuangan per unit tetap, biaya *backorder* per unit yang di *backorder* tetap, dan Biaya *lost sales* per unit yang di *lost sales* tetap.
- 4) Kapasitas gudang dianggap cukup untuk menampung persediaan maksimum yang dihasilkan oleh model selama tidak melampaui batas kapasitas angkut kendaraan.
- 5) Biaya transportasi per trip bersifat tetap.
- 6) Perjalanan berjalan lancar, tanpa adanya kendala.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan model persediaan yang selaras dengan kondisi operasional perusahaan sehingga dapat menjadi dasar pengendalian persediaan yang lebih efektif. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi dan masukan strategis bagi perusahaan dalam merencanakan dan menetapkan jumlah persediaan yang optimal, mengelola persediaan dengan lebih tepat, dan menekan total biaya yang timbul dari aktivitas persediaan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini disusun ke dalam beberapa bagian yang dibagi ke dalam lima bab utama dengan penjelasan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan dan asumsi yang digunakan, manfaat yang ingin dicapai, serta sistematika penulisan laporan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi berbagai teori, literatur ilmiah, buku, dan sumber-sumber relevan lainnya yang dijadikan landasan serta acuan dalam pelaksanaan penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai objek penelitian, kerangka penelitian, metode pengumpulan data, metode pengembangan model, analisis situasi *problem*, pengembangan model, pengolahan data, variabel keputusan, solusi model, uji validasi model, dan analisis Sensitivitas.

BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISIS MODEL

Bab ini membahas pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan sebagai dasar dalam penerapan model penelitian. Data yang diperoleh kemudian divalidasi untuk memastikan kesesuaian model dengan kondisi nyata. Selanjutnya dilakukan uji sensitivitas guna mengetahui pengaruh perubahan parameter terhadap hasil model. Seluruh proses tersebut diakhiri dengan analisis hasil penelitian yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja model dan menarik kesimpulan yang relevan sesuai dengan tujuan penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil validasi model dan analisis yang telah dilakukan, serta saran yang diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan model pengendalian persediaan pada penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persediaan

2.1.1 Pengertian persediaan

Persediaan merupakan salah satu komponen dalam sistem operasi perusahaan yang berperan dalam menjaga stabilitas proses produksi dan kontinuitas layanan terhadap konsumen (Zahra *et al.*, 2025). Perusahaan pada dasarnya memiliki tujuan utama untuk memaksimalkan keuntungan sekaligus memastikan aktivitas operasional dapat berjalan tanpa hambatan. Perusahaan memerlukan manajemen persediaan yang terencana dan terkendali untuk memaksimalkan keuntungan tersebut. Proses pengendalian persediaan tersebut perlu untuk disesuaikan dengan kapasitas produksi dan permintaan pasar yang dinamis (Dzikrillah *et al.*, 2016).

Persediaan disebut sebagai akumulasi barang yang dimiliki perusahaan, baik dalam bentuk bahan baku, produk setengah jadi, maupun barang jadi yang siap digunakan atau dipasarkan. Chrisna & Hernawaty (2018) menekankan bahwa persediaan merupakan bagian dari aktiva yang tidak hanya ditujukan untuk dijual, tetapi juga mendukung keberlangsungan proses produksi perusahaan. Senada dengan hal tersebut, Faizi (2025) menjelaskan bahwa persediaan memiliki cakupan luas yang meliputi item yang berfungsi menjaga kelancaran operasional bisnis.

Manajemen persediaan yang baik guna untuk memastikan bahwa ketersediaan barang sejalan dengan kebutuhan aktual. Tanpa adanya pengendalian persediaan yang memadai, rencana produksi akan sulit direalisasikan dengan efektif. Pasaribu (2024) menyebutkan bahwa pengendalian persediaan yang tidak efektif dapat mengakibatkan terjadinya penimbunan stok yang berlebihan atau kekurangan stok yang dapat menghambat kelancaran proses operasional. Sugihartono & Sari (2025) juga menggarisbawahi bahwa efisiensi biaya sulit tercapai apabila pengendalian persediaan diabaikan.

Jumlah persediaan yang terlalu rendah dapat menimbulkan risiko *stockout* sehingga permintaan konsumen tidak dapat dipenuhi dan berakibat pada

menurunnya profitabilitas perusahaan. Sebaliknya, jika persediaan menumpuk melebihi kapasitas yang dibutuhkan, biaya penyimpanan akan meningkat dan efektivitas perusahaan menjadi terganggu. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya keseimbangan jumlah persediaan agar tujuan produksi dan kepuasan konsumen dapat tercapai secara bersamaan.

2.1.2 Penyebab munculnya persediaan dan fungsi persediaan

Persediaan adalah suatu aspek yang tidak dapat dihindarkan dalam aktivitas operasional perusahaan. Persediaan berfungsi sebagai penyeimbang antara permintaan dan pasokan, sekaligus sebagai penopang kelancaran proses produksi maupun distribusi. Pujawan & Mahendrawathi (2010) dalam Rahayu & Sarifin (2020) menyebutkan penyebab munculnya persediaan sebagai berikut:

1. Persediaan dapat timbul karena adanya perencanaan sebelumnya maupun akibat keterbatasan informasi yang dimiliki perusahaan.
2. Persediaan juga terbentuk karena adanya dorongan atau motif ekonomi dalam kegiatan produksi maupun distribusi.

Senada dengan hal tersebut, Caesarramzy *et al* (2017) menyebutkan bahwa persediaan dapat muncul akibat ketidakseimbangan antara jumlah permintaan dengan penawaran atau tingkat penjualan.

Heizer dan Render (2010) dalam Lahu & Sumarauw (2017) mengemukakan beberapa fungsi persediaan bagi perusahaan, sebagai berikut:

1. Fungsi pemisahan tahapan proses produksi (*decouple*)
Persediaan dapat digunakan untuk memisahkan ketergantungan antar tahap produksi, misalnya ketika terjadi fluktuasi pasokan dari pemasok, sehingga kelancaran produksi tetap terjaga.
2. Fungsi antisipasi variasi permintaan
Persediaan berfungsi untuk mengimbangi perubahan permintaan pasar dan menyediakan ketersediaan barang yang beragam bagi konsumen.
3. Fungsi keuntungan
Persediaan dapat memberikan keuntungan dengan sistem potongan harga kuantitas. Hal tersebut dapat terjadi karena perusahaan dapat memperoleh harga yang lebih rendah dan menekan biaya distribusi.

4. Fungsi perlindungan terhadap inflasi

Persediaan mampu menyimpan dalam jumlah tertentu dapat membantu perusahaan menghadapi risiko kenaikan harga bahan baku maupun barang jadi di masa mendatang.

2.1.3 Jenis-jenis persediaan

Persediaan memiliki peran strategis dalam kegiatan operasional perusahaan. Hal tersebut karena persediaan mencakup berbagai bentuk material maupun produk yang diperlukan untuk menunjang proses bisnis. Setiap jenis persediaan memiliki fungsi dan tujuan yang berbeda, tergantung pada posisi barang tersebut dalam alur produksi maupun distribusi. Cahyani *et al* (2019) menyebutkan bahwa persediaan memiliki beberapa jenis, diantaranya:

1. Persediaan Bahan Baku (*Raw Materials Inventory*)

Merupakan bahan dasar yang belum melalui proses produksi. Fungsi persediaan ini untuk menjaga ketersediaan material dan memisahkan ketergantungan langsung antara pemasok dengan jalannya proses produksi.

2. Persediaan Barang Setengah Jadi (*Work in Process*)

Merupakan persediaan berupa bahan baku atau komponen yang telah mengalami tahap produksi, tetapi masih belum sepenuhnya menjadi produk akhir. Barang ini masih memerlukan proses lanjutan hingga mencapai bentuk jadi.

3. Persediaan Pemeliharaan, Perbaikan, dan Operasi (*Maintenance, Repair, and Operating (MRO)*)

Persediaan jenis ini disiapkan untuk mendukung kelancaran proses produksi, terutama sebagai antisipasi apabila terjadi kerusakan mesin atau kebutuhan pemeliharaan peralatan. Pengelolaan MRO biasanya dilakukan secara terjadwal agar operasional tetap stabil.

4. Persediaan Barang Jadi (*Finished Goods Inventory*)

Merupakan produk akhir yang telah selesai diproduksi, sehingga siap dipasarkan atau dikirimkan langsung kepada konsumen.

2.1.4 Unsur-unsur persediaan

Pengelolaan persediaan memiliki beberapa elemen yang perlu diperhatikan agar sistem persediaan dapat berfungsi secara optimal. Elemen-elemen ini saling berkaitan dan berperan penting dalam menjamin kelancaran proses produksi serta pemenuhan kebutuhan konsumen. Tersine (1987) menyebutkan bahwa unsur-unsur persediaan, sebagai berikut:

1. Permintaan (*demands*) adalah unit yang diambil dari persediaan.
2. Pengisian kembali (*replenishments*) adalah unit yang dimasukkan ke dalam persediaan.
3. Biaya (*costs*) adalah pengorbanan yang dikeluarkan untuk menyimpan atau tidak menyimpan persediaan.
4. Kendala (*constraints*) adalah batasan yang dikenakan pada permintaan, pengisian kembali, dan biaya oleh manajemen atau kondisi lingkungan fisik.

2.1.5 Komponen biaya persediaan

Dalam sistem manajemen persediaan, biaya memegang peranan sebagai dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusan. Setiap kebijakan persediaan pada dasarnya bertujuan untuk mencapai keseimbangan antara ketersediaan barang dan efisiensi biaya. Asrida & Rahabeat (2022) menyebutkan bahwa biaya dalam sistem persediaan dapat dikelompokkan ke dalam beberapa kategori, diantaranya:

1. Biaya Pembelian (*Purchasing Cost*)

Biaya pembelian merupakan harga perolehan setiap unit barang apabila diperoleh dari pemasok, atau biaya produksi per unit apabila barang tersebut dihasilkan dari proses internal perusahaan. Besaran biaya ini berbeda-beda tergantung jumlah pesanan, khususnya apabila pemasok memberikan potongan harga untuk pembelian dalam jumlah besar.

2. Biaya Pengadaan (*Procurement Cost*)

Biaya pengadaan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

a. Biaya Pembelian (*Ordering Cost*)

Merupakan seluruh pengeluaran yang timbul akibat kegiatan mendatangkan barang dari pihak luar. Biaya ini dapat mencakup kegiatan seperti pemrosesan pesanan, biaya ekspedisi, biaya komunikasi (telepon, surat menyurat, fotokopi, dan administrasi), biaya pengepakan, penimbangan, pemeriksaan penerimaan barang, hingga pengiriman barang ke gudang.

b. Biaya Pembuatan (*Set Up Cost*)

Merupakan biaya yang timbul akibat aktivitas persiapan produksi di dalam perusahaan. Biaya ini biasanya mencakup penyetelan mesin serta penyiapan dokumen atau gambar kerja yang diperlukan sebelum proses produksi berlangsung.

3. Biaya Penyimpanan (*Holding Cost*)

Biaya penyimpanan muncul karena adanya barang yang disimpan dalam gudang. Komponen biaya ini antara lain:

- a. Biaya modal
- b. Biaya gudang (termasuk fasilitas dan perawatan)
- c. Biaya kerusakan serta penyusutan barang
- d. Biaya akibat barang kedaluwarsa

4. Biaya Kekurangan Persediaan (*Shortage Cost*)

Biaya ini muncul apabila jumlah persediaan tidak mampu memenuhi kebutuhan produksi atau permintaan pelanggan. Kekurangan persediaan dapat menimbulkan kerugian berupa hilangnya penjualan, terganggunya proses produksi, atau menurunnya tingkat kepuasan pelanggan.

5. Biaya Sistemik

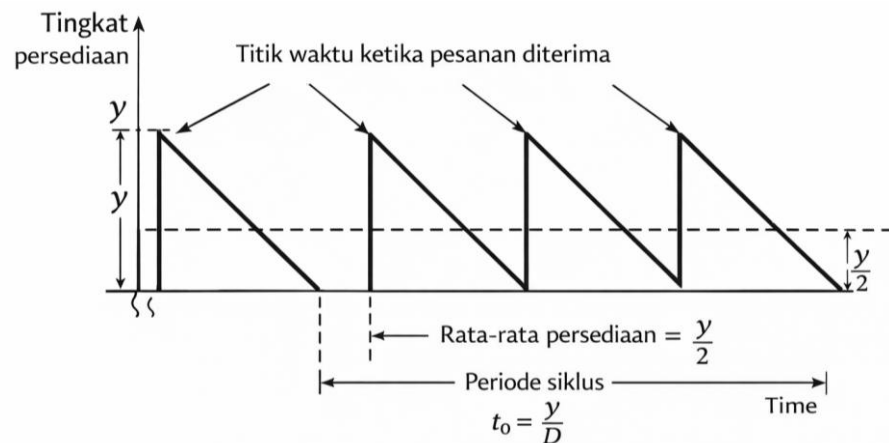
Biaya sistemik mencakup seluruh pengeluaran yang diperlukan untuk perancangan, perencanaan, dan pengelolaan sistem persediaan. Hal ini meliputi biaya pengadaan peralatan, pengembangan sistem, serta pelatihan tenaga kerja yang terlibat dalam operasional sistem persediaan. Biaya ini dapat dianggap sebagai bentuk investasi untuk mendukung keberlangsungan sistem pengadaan yang lebih efektif.

2.2 Model Persediaan

Model persediaan adalah suatu model yang digunakan untuk mengatur, merencanakan, dan mengendalikan jumlah persediaan agar kegiatan operasional dapat berjalan secara efisien. Taha (2007) dalam Jayadi (2021) menyebutkan bahwa model persediaan dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sifat permintaan barang secara umum, yaitu:

1. Model deterministik

Model deterministik merupakan suatu model dalam sistem persediaan di mana seluruh parameter dan variabel telah diketahui secara pasti. Kurva model deterministik dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kurva model deterministik

Sumber: Taha (2007)

Gambar 2.1 merupakan kurva model deterministik, dimana sumbu horizontal menyatakan waktu, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan tingkat persediaan. Persediaan berkurang secara linier akibat permintaan yang diasumsikan konstan dan pasti. Setiap kali persediaan mencapai nol, pesanan baru datang tepat waktu sehingga persediaan langsung naik ke tingkat maksimum y . Pola ini membentuk grafik gigi gergaji (*sawtooth*) yang berulang setiap satu periode siklus $t_0 = \frac{y}{D}$. Rata-rata persediaan selama satu siklus adalah $\frac{y}{2}$.

Model deterministik terbagi menjadi dua jenis:

a. Deterministik statis

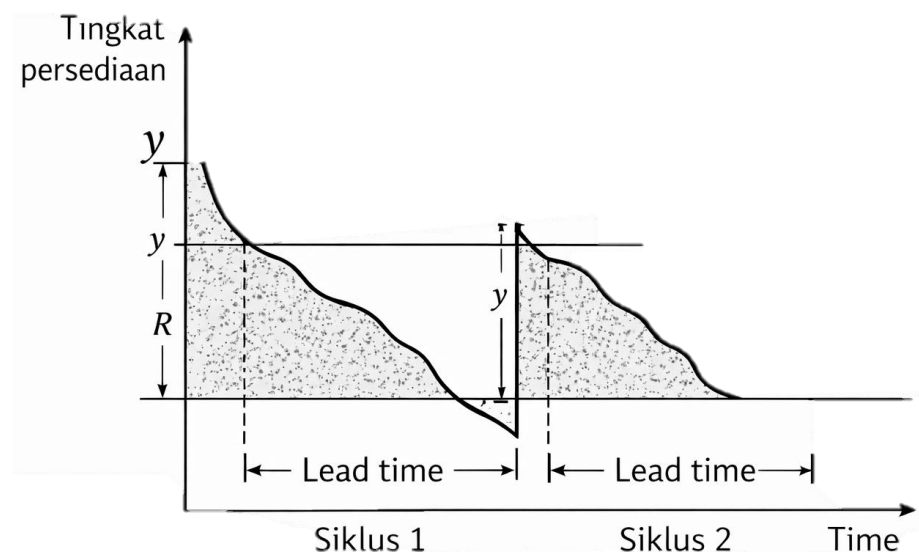
Dalam model ini, permintaan dianggap pasti dan tetap, sehingga total permintaan pada setiap periode bersifat konstan serta memiliki laju permintaan yang sama di setiap periode.

b. Deterministik dinamis

Pada model ini, permintaan setiap periode tetap dapat diprediksi, tetapi tingkat permintaannya bisa berubah dari satu periode ke periode berikutnya.

2. Model probabilistik

Model probabilistik merupakan model pengendalian persediaan yang parameternya bersifat tidak pasti atau berubah-ubah. Kurva model probabilistik dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kurva model probabilistik
Sumber: Taha (2007)

Gambar 2.2 merupakan kurva model persediaan probabilistik, dimana sumbu horizontal merepresentasikan waktu, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan tingkat persediaan. Penurunan persediaan tidak berbentuk garis lurus, melainkan berfluktuasi yang menandakan bahwa permintaan bersifat acak. Ketika persediaan mencapai titik pemesanan kembali (R), perusahaan melakukan pemesanan, namun selama lead time persediaan

tetap dikonsumsi sehingga terdapat risiko kehabisan stok. Oleh karena itu, disediakan *safety stock* untuk mengantisipasi ketidakpastian tersebut. Area arsiran pada grafik menggambarkan variasi tingkat persediaan akibat fluktuasi permintaan selama satu siklus, dan pola ini berulang pada siklus berikutnya. Model probabilistik dikelompokkan menjadi dua tipe:

a. Probabilistik statis

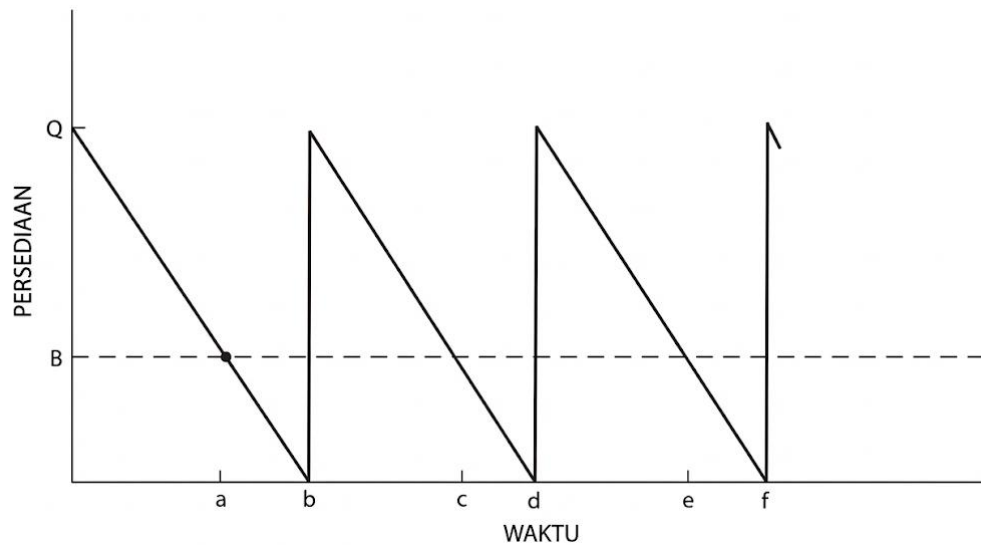
Pada tipe ini, permintaan bersifat acak dan mengikuti distribusi probabilitas yang dipengaruhi oleh waktu pada setiap periode.

b. Probabilistik dinamis

Model ini memiliki karakteristik yang hampir sama dengan probabilistik statis, namun perbedaannya terletak pada distribusi probabilitas yang dapat berubah antarperiode.

2.3 *Economic Order Quantity (EOQ)*

Economic Order Quantity (EOQ) merupakan suatu model untuk menentukan ukuran pemesanan yang mampu meminimalkan total biaya persediaan. Tersine (1987) menyatakan bahwa model EOQ bekerja dengan asumsi kondisi ideal, di mana Q merepresentasikan jumlah pemesanan setiap kali dilakukan *order*. Ketika pesanan tiba, tingkat persediaan berada pada posisi maksimum yaitu Q unit, kemudian berkurang secara bertahap mengikuti laju permintaan yang konstan. Penurunan persediaan tersebut digambarkan melalui garis miring menurun. Saat persediaan mencapai titik pemesanan ulang atau *reorder point B*, maka dilakukan pemesanan kembali sebesar Q unit. Setelah melewati waktu tunggu (*lead time*), pesanan diterima sekaligus dan langsung menambah jumlah persediaan. Garis vertikal pada grafik menggambarkan momen masuknya barang dalam jumlah besar ke dalam sistem. *Lot* baru ini tiba tepat ketika persediaan mencapai nol, sehingga rata-rata persediaan dalam satu siklus adalah $\frac{Q}{2}$. Model *Economic Order Quantity (EOQ)* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Model *Economic Order Quantity* (EOQ)

Sumber: Tersine (1987)

Keterangan Notasi Gambar:

- | | | | |
|---------------|--------------------------|----------------|---------------------------|
| Q | : Ukuran <i>lot</i> ; | $ac = ce$ | : Interval antar pesanan; |
| $\frac{Q}{2}$ | : Persediaan rata-rata; | $ab = cd = ef$ | : Waktu tunggu. |
| B | : Titik pemesanan ulang; | | |

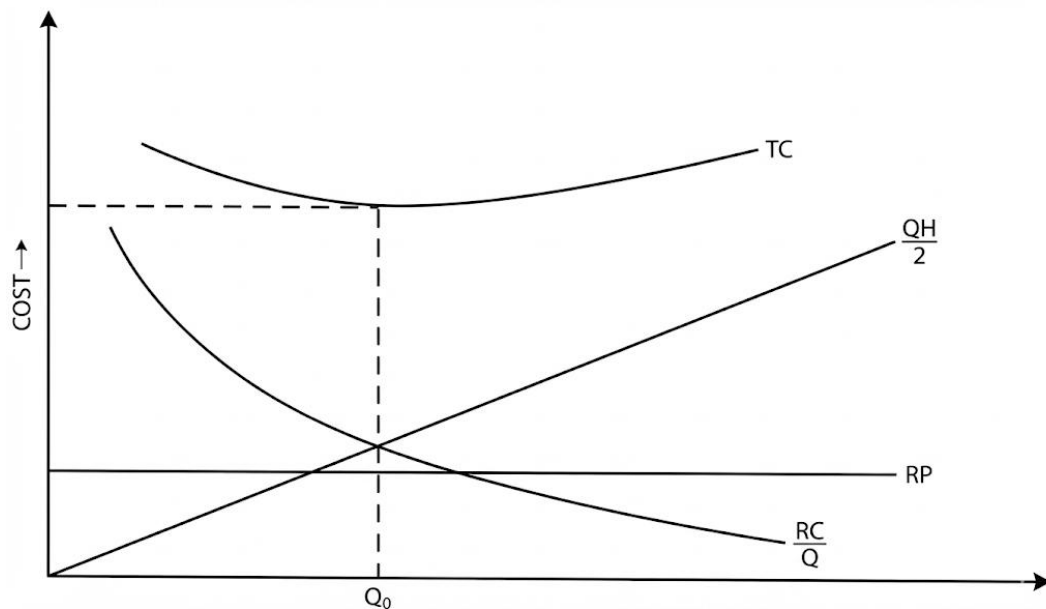
Berikut merupakan notasi-notasi yang digunakan pada model EOQ:

- | | |
|------|---|
| TC | : Total biaya persediaan tahunan |
| R | : Permintaan tahunan dalam unit; |
| P | : Biaya pembelian per item; |
| C | : Biaya pemesanan per sekali <i>order</i> ; |
| H | : Biaya penyimpanan per unit per tahun; |
| Q | : Ukuran <i>lot</i> atau jumlah pemesanan setiap <i>order</i> ; |
| F | : Presentase biaya penyimpanan tahunan terhadap biaya unit. |

Apabila kondisi *stockout* atau kehabisan stok tidak diperbolehkan, maka perhitungan total biaya persediaan tahunan dapat dihitung melalui komponen biaya pembelian, biaya pemesanan, dan biaya penyimpanan, yang dirumuskan pada Persamaan (2.1).

$$\text{Total biaya} = RP + \frac{RC}{Q} + \frac{QH}{2} \dots\dots\dots(2.1)$$

Biaya pembelian (RP) merupakan biaya tahunan yang dihitung dari mengalikan total permintaan tahunan dengan biaya pembelian per unit. Biaya pemesanan ($\frac{RC}{Q}$) merupakan biaya tahunan yang dihitung dari jumlah pesanan per tahun dikalikan dengan biaya pemesanan per *order*, sedangkan biaya penyimpanan ($\frac{QH}{2}$) merupakan biaya tahunan yang dihitung dari rata-rata persediaan dikalikan dengan biaya penyimpanan per unit per tahun. Ilustrasi Persamaan (2.1) yang merupakan total biaya persediaan tahunan dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Total biaya persediaan tahunan
Sumber: Tersine (1987)

Karena tujuan utama dari model *Economic Order Quantity* (EOQ) adalah menentukan jumlah pemesanan yang meminimalkan total biaya persediaan (TC) pada Persamaan (2.1), maka langkah pertama yang dilakukan adalah menurunkan Persamaan total biaya terhadap variabel Q . Proses ini bertujuan untuk menemukan titik minimum, yaitu kondisi ketika perubahan kecil pada nilai Q tidak lagi menurunkan biaya total. Turunan pertama dari Persamaan (2.1) menghasilkan Persamaan (2.2).

$$\frac{dTC}{dQ} = \frac{H}{2} - \frac{CR}{Q^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Untuk memperoleh nilai Q pada titik minimum, turunan tersebut disamakan dengan nol, karena titik minimum biaya terjadi ketika gradien fungsi total biaya bernilai nol, sehingga persamannya menjadi:

$$\frac{H}{2} - \frac{CR}{Q^2} = 0 \dots\dots\dots (2.3)$$

Persamaan (2.3) kemudian disusun ulang dengan memindahkan suku biaya pemesanan ke ruas kanan sehingga menjadi:

$$\frac{H}{2} = \frac{CR}{Q^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

Selanjutnya kedua ruas pada Persamaan (2.4) dikalikan dengan Q^2 untuk menghilangkan variabel pada penyebut, sehingga menjadi:

$$\frac{H}{2} Q^2 = CR \dots\dots\dots (2.5)$$

Kemudian kedua sisi Persamaan (2.5) dibagi dengan $\frac{H}{2}$, sehingga menjadi:

$$Q^2 = \frac{2CR}{H} \dots\dots\dots (2.6)$$

Akarkan kedua ruas, sehingga didapatkan EOQ, sebagai berikut:

$$Q = \sqrt{\frac{2CR}{H}} \dots\dots\dots (2.7)$$

2.4 Model persediaan EOQ untuk produk yang mudah rusak di bawah kondisi ketidakpastian dari Patriarca *et al.* (2020)

Penelitian yang dilakukan oleh Patriarca *et al* (2020) mengembangkan model EOQ untuk produk mudah rusak dengan mempertimbangkan ketidakpastian kualitas, tingkat deteriorasi, dan potensi terjadinya *lost sales*. Model yang dikembangkan untuk menangani kondisi persediaan yang permintaannya bersifat probabilistik. Adapun notasi-notasi yang digunakan pada penelitian ini, sebagai berikut:

- a : Laju permintaan pada $t = 0$ ($a > 0$), unit/waktu;
- b : Koefisien laju linear permintaan ($b \neq 0$), unit/waktu²;
- c : Koefisien laju kuadratik permintaan ($c \neq 0$), unit/waktu³;

$D(t)$	: Laju permintaan pada waktu t , unit/waktu;
$D_b(t)$	: Laju permintaan saat persediaan habis (<i>null inventory</i>), unit/waktu;
g	: Koefisien konstan dari biaya penyimpanan;
h	: Koefisien variabel dari biaya penyimpanan;
t_1	: Waktu mulai proses <i>Screening</i> ;
μ	: Waktu mulai proses deteriorasi;
t_2	: Waktu mulai terjadinya <i>stock-out</i> ;
T	: Panjang siklus persediaan (<i>inventory cycle length</i>);
α	: Persentase produk rusak terhadap kuantitas pembelian;
θ	: Laju deteriorasi, 1/waktu;
λ	: Laju <i>Screening</i> , unit/waktu;
I_0	: Tingkat persediaan maksimum pada awal siklus, unit;
$I_1(t)$	: Tingkat persediaan pada interval $[0, t_1]$, unit;
$I_\mu(t)$	: Tingkat persediaan pada interval $[t_1, \mu]$, unit;
$I_2(t)$	: Tingkat persediaan pada interval $[\mu, t_2]$, unit;
$I_3(t)$	: Tingkat persediaan pada interval $[t_2, T]$, unit;
I_μ	: Tingkat persediaan pada waktu $t = \mu$;
$I_{1d}(t_1)$	: Tingkat persediaan pada waktu t_1 , termasuk produk rusak;
$I_{1s}(t_1)$	: Tingkat persediaan pada waktu t_1 , tanpa produk rusak;
Q	: Kuantitas pembelian per siklus, unit;
Q_b	: Jumlah maksimum <i>Backorder</i> , unit;
Q_d	: Jumlah produk yang rusak akibat deteriorasi, unit;
ϕ	: Parameter Sensitivitas pelanggan terhadap waktu, 1/waktu;
$Br(t)$	: Tingkat <i>Backorder</i> pada waktu t ;
s	: Biaya pemeriksaan (<i>Screening</i>) per unit, Rp/unit;
$H(t)$	: Biaya penyimpanan (<i>holding cost</i>) per unit per waktu, Rp/unit/waktu;
d	: Biaya pembuangan produk rusak per unit, Rp/unit;
b_c	: Biaya <i>backorder</i> per unit, Rp/unit;
l_s	: Biaya <i>lost sales</i> per unit, Rp/unit;

- ScC : Biaya pemeriksaan per siklus, Rp/siklus;
 HC : Biaya penyimpanan per siklus, Rp/siklus;
 DC : Biaya pembuangan per siklus, Rp/siklus;
 ShC : Biaya kekurangan akibat *backorder* per siklus, Rp/siklus;
 LsC : Biaya kekurangan akibat *lost sales* per siklus, Rp/siklus;
 TC : Total biaya keseluruhan per siklus, Rp/periode.

Model ini mengasumsikan bahwa pada awal satu siklus persediaan, tepat setelah pemesanan diterima, tingkat persediaan berada pada kondisi maksimum yang dinyatakan sebagai $I(t = 0) = I_0$. Selama interval waktu $[0, \mu]$, produk belum mengalami deteriorasi sehingga penurunan persediaan semata-mata disebabkan oleh pemenuhan permintaan pelanggan yang dinyatakan oleh fungsi permintaan waktu-bergantung $D(t)$. Oleh karena itu, laju perubahan tingkat persediaan pada fase ini mengikuti keseimbangan stok dasar, di mana persediaan berkurang seiring waktu sesuai dengan laju permintaan. Kondisi tersebut secara matematis dapat dimodelkan menggunakan Persamaan diferensial yang menyatakan bahwa turunan pertama tingkat persediaan memiliki besaran yang sama apabila permintaan mengalami kekurangan, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (2.8).

$$\frac{\partial I(t)}{\partial t} = -D(t), 0 \leq t \leq \mu \dots \dots \dots (2.8)$$

Nilai $D(t)$ merupakan sebuah fungsi permintaan yang bernilai kuadratis ($a + bt + ct^2$), selanjutnya mensubstitusikan-nya kedalam Persamaan (2.8) menjadi

$$\frac{\partial I(t)}{\partial t} = - (a + bt + ct^2) \dots \dots \dots (2.9)$$

Persamaan (2.9) menyatakan laju perubahan tingkat persediaan terhadap waktu. Untuk memperoleh fungsi tingkat persediaan sebagai fungsi waktu, Persamaan diferensial tersebut harus diintegrasikan terhadap waktu dengan menerapkan kondisi awal pada awal siklus persediaan, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\int \frac{\partial I(t)}{\partial t} \partial t = - \int (a + bt + ct^2) \partial t \dots \dots \dots (2.10)$$

Berdasarkan hasil pada Persamaan (2.10) sehingga didapatkan hasil pada ruas kiri yaitu $\int \frac{\partial I(t)}{\partial t} \partial t = I(t)$, sedangkan pada ruas kanan didapatkan hasil yaitu

$-\int (a + bt + ct^2) dt = - (at + \frac{b}{2} t^2 + \frac{c}{3} t^3) + C$, sehingga didapatkan Persamaan baru yang dapat dituliskan pada Persamaan (2.11).

$$I_I(t) = - (at + \frac{b}{2} t^2 + \frac{c}{3} t^3) + C \dots\dots\dots (2.11)$$

Pada awal siklus persediaan, yaitu pada waktu $t = 0$, tingkat persediaan berada pada kondisi maksimum yang dinyatakan sebagai $I(t = 0) = I_0$, sehingga didapatkan Persamaan yang baru, yaitu:

$$I_I(0) = - (a(0) + \frac{b}{2} (0)^2 + \frac{c}{3} (0)^3) + C \dots\dots\dots (2.12)$$

$$I_0 = - (0 + 0 + 0) + C \dots\dots\dots (2.13)$$

$$I_0 = C \dots\dots\dots (2.14)$$

Mensubtitusikan Persamaan (2.14) kedalam Persamaan (2.11) sehingga didapatkan Persamaan (2.15).

$$I_I(t) = - (at + \frac{b}{2} t^2 + \frac{c}{3} t^3) + I_0 \dots\dots\dots (2.15)$$

$$I_I(t) = I_0 - (at + \frac{b}{2} t^2 + \frac{c}{3} t^3) \dots\dots\dots (2.16)$$

Pada tingkat persediaan untuk stok tepat sebelum produk mengalami rusak diasumsikan pada $t = t_l$, sehingga didapatkan Persamaan persediaan pada interval waktu $[0, t_l]$ yang dapat dilihat pada Persamaan (2.17).

$$I_{Id}(t_l) = I_0 - (at_l + \frac{b}{2} t_l^2 + \frac{c}{3} t_l^3) \dots\dots\dots (2.17)$$

Tingkat persediaan pada waktu t_l , tanpa produk rusak didapatkan dari banyaknya persediaan untuk stok tepat sebelum produk rusak pada waktu t_l dikurangi dengan banyaknya produk rusak akibat proses *Screening* yang bernilai αQ , sehingga didapatkan

$$I_{Is}(t_l) = I_{Id}(t_l) - \alpha Q \dots\dots\dots (2.18)$$

Tingkat persediaan pada interval $[t_l, \mu]$ dimana produk rusak dibuang pada periode ke t , sehingga didapatkan Persamaan (2.19).

$$I_{I'}(t) = I_I(t) - \alpha Q \dots\dots\dots (2.19)$$

$$I_{I'}(t) = I_0 - (at + \frac{b}{2} t^2 + \frac{c}{3} t^3) - \alpha Q \dots\dots\dots (2.20)$$

Level persediaan tepat di waktu μ (awal deteriorasi) adalah $I_{I'}(\mu) = I_\mu$ karena proses deteriorasi mulai pada waktu μ , maka perubahan persediaan pada interval $[\mu, t_2]$.

Perubahan persediaan dipengaruhi oleh penurunan permintaan $(-D(t))$ dan penurunan deteriorasi $(-\theta I_2(t))$, sehingga didapatkan

$$\frac{\partial I_2(t)}{\partial t} = -D(t) - \theta I_2(t) \dots\dots\dots (2.21)$$

$$\frac{\partial I_2(t)}{\partial t} + \theta I_2(t) = -D(t) \dots\dots\dots (2.22)$$

Besaran $D(t)$ merupakan fungsi laju permintaan bersifat kuadratis yang bernilai $a + bt + ct^2$, sehingga didapatkan

$$\frac{\partial I_2(t)}{\partial t} + \theta I_2(t) = -(a + bt + ct^2) \dots\dots\dots (2.23)$$

Persamaan umum pada teori ODE yaitu $\frac{\partial I}{\partial t} + P(t) = Q(t)$, dimana nilai $P(t)$ yaitu θ (konstanta), dan $Q(t)$ yaitu $-(a + bt + ct^2)$, sehingga didapatkan Persamaan (2.24).

$$\frac{\partial I_2}{\partial t} + \theta I_2 = -(a + bt + ct^2) \dots\dots\dots (2.24)$$

Untuk menyederhanakan Persamaan (2.24) kalikan masing-masing ruas dengan nilai $\mu(t) = e^{\theta t}$, sehingga didapatkan Persamaan (2.25).

$$\frac{\partial I_2}{\partial t} (e^{\theta t}) + \theta I_2 (e^{\theta t}) = -(a + bt + ct^2) (e^{\theta t}) \dots\dots\dots (2.25)$$

$$\frac{\partial I_2}{\partial t} (I_2(t) e^{\theta t}) = -(a + bt + ct^2) (e^{\theta t}) \dots\dots\dots (2.26)$$

Mengintegralkan Persamaan (2.26) Dari t sampai t_2 , sehingga didapatkan Persamaan yang baru, yaitu:

$$I_2(t) e^{\theta t} = - \int_t^{t_2} (a + bu + cu^2) e^{\theta u} du \dots\dots\dots (2.27)$$

Dikarenakan $I_2(t_2) = 0$, maka nilai integral dari $\int_t^{t_2} (a + bu + cu^2) e^{\theta u} du$, yaitu:

$$\int (a + bu + cu^2) e^{\theta u} du = e^{\theta u} \left[\frac{a + bu + cu^2}{\theta} - \frac{bu + 2cu}{\theta^2} + \frac{2c}{\theta^3} \right] \dots\dots\dots (2.28)$$

Mensubstitusikan $u = t_2$, dan $u = t$ pada Persamaan (2.28), sehingga didapatkan Persamaan (2.29).

$$I_2(t) e^{\theta t} = \frac{e^{\theta t_2}}{\theta} [(a + bt_2 + ct_2^2) - (\frac{bt_2 + 2ct_2}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] - \frac{e^{\theta t}}{\theta} [(a + bt + ct^2) - (\frac{bt + 2ct}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] \dots\dots\dots (2.29)$$

Pada Persamaan (2.29) masing-masing ruas memiliki variabel $e^{\theta t_2}$, sehingga dapat menyederhanakan dengan membagi masing-masing ruas, sehingga didapatkan

$$I_2(t) = \frac{1}{\theta} [(a + bt_2 + ct_2^2) - (\frac{bt_2 + 2ct_2}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] e^{\theta(t_2-t)} - [(a + bt + ct^2) - (\frac{bt + 2ct}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] \dots\dots\dots (2.30.)$$

Jumlah stok yang tersedia pada waktu μ terletak pada 2 kondisi yaitu fase tanpa deteriorasi $[t_1, \mu]$ dan fase dengan deteriorasi $[\mu, t_2]$, sehingga jumlah stok tepat sebelum deteriorasi dimulai harus sama dengan jumlah stok tepat setelah model deteriorasi mulai berlaku sehingga didapatkan Persamaan (2.31).

$$I_1'(\mu) = I_2(\mu) \dots\dots\dots (2.31)$$

Pada ruas kiri nilai dari tingkat persediaan pada interval $[t_1, \mu]$ memiliki nilai besaran sesuai dengan Persamaan (2.31), dievaluasi dengan nilai $t = \mu$, sehingga didapatkan Persamaan (2.32).

$$I_1'(\mu) = I_0 - (a\mu + \frac{b}{2} \mu^2 + \frac{c}{3} \mu^3) - \alpha Q \dots\dots\dots (2.32)$$

Pada ruas kanan Persamaan (2.32) tingkat persediaan pada interval $[\mu, t_2]$ memiliki besaran sesuai dengan Persamaan (2.30), di evaluasi dengan nilai $t = \mu$, sehingga didapatkan Persamaan (2.33).

$$I_2(\mu) = \frac{1}{\theta} [(a + bt_2 + ct_2^2) - (\frac{bt_2 + 2ct_2}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] e^{\theta(t_2 - \mu)} - [(a + b\mu + c\mu^2) - (\frac{bt_2 + 2c\mu}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] \dots\dots\dots (2.33)$$

Melakukan substitusi Persamaan (2.32) dan Persamaan (2.33) ke dalam Persamaan (2.31), sehingga didapatkan Persamaan (2.34).

$$I_0 - (a\mu + \frac{b}{2} \mu^2 + \frac{c}{3} \mu^3) - \alpha Q = \frac{1}{\theta} [(a + bt_2 + ct_2^2) - (\frac{bt_2 + 2ct_2}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] e^{\theta(t_2 - \mu)} - [(a + b\mu + c\mu^2) - (\frac{bt_2 + 2c\mu}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] \dots\dots\dots (2.34)$$

Banyaknya kuantitas yang dipesan dalam satu siklus persediaan harus mencakup persediaan awal maksimum serta permintaan yang tidak terpenuhi dan dicatat sebagai *Backorder*, sehingga diperoleh Persamaan (2.35).

$$Q = I_0 + Q_b \dots\dots\dots (2.35)$$

Mensubstitusikan nilai Q pada Persamaan (2.35) ke Persamaan (2.34), sehingga diperoleh Persamaan (2.36).

$$I_0 - (a\mu + \frac{b}{2} \mu^2 + \frac{c}{3} \mu^3) - \alpha(I_0 + Q_b) = \frac{1}{\theta} [(a + bt_2 + ct_2^2) - (\frac{bt_2 + 2ct_2}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] e^{\theta(t_2 - \mu)} - [(a + b\mu + c\mu^2) - (\frac{bt_2 + 2c\mu}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] \dots\dots\dots (2.36)$$

Memindahkan semua variabel ke dalam satu sisi, sehingga diperoleh Persamaan (2.37).

$$I_0 = \frac{1}{\theta}[(a + bt_2 + ct_2^2) - (\frac{bt_2 + 2ct_2}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] e^{\theta(t_2-\mu)} - [(a + b\mu + c\mu^2) - (\frac{bt_2 + 2c\mu}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] + (a\mu + \frac{b}{2}\mu^2 + \frac{c}{3}\mu^3) + \alpha(I_0 + Q_b) \dots\dots\dots(2.37)$$

Mengumpulkan variabel yang mengandung I_0 pada sisi sebelah kiri, sehingga diperoleh Persamaan (2.38).

$$I_0 - \alpha I_0 = \frac{1}{\theta}[(a + bt_2 + ct_2^2) - (\frac{bt_2 + 2ct_2}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] e^{\theta(t_2-\mu)} - [(a + b\mu + c\mu^2) - (\frac{bt_2 + 2c\mu}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] + (a\mu + \frac{b}{2}\mu^2 + \frac{c}{3}\mu^3) + \alpha Q_b \dots\dots\dots(2.38)$$

$$1-\alpha(I_0) = \frac{1}{\theta}[(a + bt_2 + ct_2^2) - (\frac{bt_2 + 2ct_2}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] e^{\theta(t_2-\mu)} - [(a + b\mu + c\mu^2) - (\frac{bt_2 + 2c\mu}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] + (a\mu + \frac{b}{2}\mu^2 + \frac{c}{3}\mu^3) + \alpha Q_b \dots\dots\dots(2.39)$$

Membagi kedua ruas dengan $1 - \alpha$, sehingga diperoleh Persamaan (2.40).

$$I_0 = \frac{\frac{1}{\theta}[(a + bt_2 + ct_2^2) - (\frac{bt_2 + 2ct_2}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] e^{\theta(t_2-\mu)} - [(a + b\mu + c\mu^2) - (\frac{bt_2 + 2c\mu}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] + (a\mu + \frac{b}{2}\mu^2 + \frac{c}{3}\mu^3) + \alpha Q_b}{1-\alpha} \dots\dots\dots(2.40)$$

Pada waktu $t \geq t_2$, maka stok telah habis sehingga nilai *inventory* bernilai negatif (*Backorder*). Perubahan *inventory* hanya disebabkan oleh permintaan yang mau menunggu. Laju penambahan *Backorder* dipengaruhi oleh permintaan dan tingkat *Backorder*, sehingga didapatkan

$$\frac{\partial I_3(t)}{\partial t} = -D_b B_r(t) \dots\dots\dots(2.41)$$

Tingkat *Backorder* bernilai diantara 0 dan 1. Nilai 0 menandakan bahwa hampir tidak ada pelanggan yang mau menunggu waktu tunggu yang panjang, dan nilai 1 menandakan bahwa hampir semua pelanggan mau menunggu karena *replenishment* segera datang. Fungsi *Backorder* dapat dituliskan pada Persamaan (2.42).

$$B_r(t) = \frac{I}{1 + \varphi(T-t)} \dots\dots\dots(2.42)$$

Mensubstitusikan Persamaan (2.42) kedalam Persamaan (2.41), sehingga di peroleh Persamaan (2.43).

$$\frac{\partial I_3(t)}{\partial t} = -D_b \frac{I}{1 + \varphi(T-t)} \dots\dots\dots(2.43)$$

$$\frac{\partial I_3(t)}{\partial t} = \frac{-D_b}{1 + \varphi(T-t)} \dots\dots\dots(2.44)$$

Tingkat persediaan pada interval $[t_2, T]$ persediaan sudah habis, maka integralkan Persamaan (2.44) dengan t_2 sampai ke t , sehingga diperoleh

$$\int_0^{I_3(t)} dI_3 = - \int_{t_2}^t \frac{D_b}{1 + \varphi(T-t)} dT \dots\dots\dots (2.45)$$

Misalkan bahwa u adalah suatu fungsi yang bernilai $1 + \varphi(T-t)$ apabila nilai u di turunkan terhadap T maka didapatkan

$$du = - \varphi dT \dots\dots\dots (2.46)$$

Sehingga,

$$dT = - \frac{du}{\varphi} \dots\dots\dots (2.47)$$

Misalkan $u = 1 + \varphi(T-t)$, maka $dT = -\frac{du}{\varphi}$ sehingga nilai ruas kanan pada Persamaan (2.45), dapat dimanipulasikan menjadi Persamaan (2.48).

$$\int_{t_2}^t \frac{D_b}{u} \left(-\frac{du}{\varphi}\right) \dots\dots\dots (2.48)$$

$$\frac{D_b}{\varphi} \int_{t_2}^t \frac{1}{u} du \dots\dots\dots (2.49)$$

$$\frac{D_b}{\varphi} [\ln(u)]_{t_2}^t \dots\dots\dots (2.50)$$

$$\frac{D_b}{\varphi} [\ln(1 + \varphi(T-t))]_{t_2}^t \dots\dots\dots (2.51)$$

$$\frac{D_b}{\varphi} [\ln(1 + \varphi(T-t)) - \ln(1 + \varphi(T-t_2))] \dots\dots\dots (2.52)$$

Maka untuk nilai $I_3(t)$ menjadi

$$I_3(t) = \frac{D_b}{\varphi} [\ln(1 + \varphi(T-t)) - \ln(1 + \varphi(T-t_2))] \dots\dots\dots (2.53)$$

Memasukkan nilai $t = T$, sehingga didapatkan Persamaan (2.54).

$$I_3(T) = \frac{D_b}{\varphi} [\ln(1 + \varphi(T-T)) - \ln(1 + \varphi(T-t_2))] \dots\dots\dots (2.54)$$

$$I_3(T) = \frac{D_b}{\varphi} [\ln(1 + \varphi(0)) - \ln(1 + \varphi(T-t_2))] \dots\dots\dots (2.55)$$

$$I_3(T) = \frac{D_b}{\varphi} [\ln(1) - \ln(1 + \varphi(T-t_2))] \dots\dots\dots (2.56)$$

$$I_3(T) = \frac{D_b}{\varphi} [0 - \ln(1 + \varphi(T-t_2))] \dots\dots\dots (2.57)$$

$$I_3(T) = - \frac{D_b}{\varphi} \ln[1 + \varphi(T-t_2)] \dots\dots\dots (2.58)$$

Jumlah *Backorder* maksimum sama dengan nilai *absolut* persediaan pada akhir siklus persediaan, sehingga didapatkan

$$Q_b = -I_3(T) \dots\dots\dots (2.59)$$

Mensubstitusikan nilai $I_3(T)$ pada Persamaan (2.58) ke dalam Persamaan (2.59), sehingga didapatkan:

$$Q_b = - \left(- \frac{D_b}{\varphi} \ln [I + \varphi (T - t_2)] \right) \dots\dots\dots (2.60)$$

$$Q_b = \frac{D_b}{\varphi} \ln [I + \varphi (T - t_2)] \dots\dots\dots (2.61)$$

Mensubstitusikan nilai persediaan maksimum (I_0) dan nilai jumlah maksimum *Backorder* (Q_b) ke dalam Persamaan (2.35), sehingga didapatkan

$$Q = \frac{\frac{1}{\theta} [(a + bt_2 + ct_2^2) - (\frac{bt_2 + 2ct_2}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})] e^{\theta(t_2 - \mu)} - [(a + b\mu + c\mu^2) - (\frac{bt + 2c\mu}{\theta}) - (\frac{2c}{\theta^2})]}{1 - \alpha} + \frac{(a\mu + \frac{b}{2}\mu^2 + \frac{c}{3}\mu^3) + \alpha Q_b}{1 - \alpha} + \frac{D_b}{\varphi} \ln [I + \varphi (T - t_2)] \dots\dots\dots (2.62)$$

Total biaya adalah pada penelitian ini didapatkan dari akumulasi biaya pemeriksaan (ScC), biaya penyimpanan (HC), biaya pembuangan (DC), Biaya kekurangan akibat *backorder* (ShC), dan Biaya kekurangan akibat *lost sales* (LsC), maka didapatkan

$$TC = ScC + HC + DC + ShC + LsC \dots\dots\dots (2.63)$$

Biaya pemeriksaan adalah biaya yang dikeluarkan untuk memeriksa kualitas produk sebelum disimpan lebih lanjut. Biaya pemeriksaan bergantung pada jumlah unit yang diperiksa, sehingga didapatkan Persamaan (2.64).

$$ScC = s(Q) \dots\dots\dots (2.64)$$

Biaya penyimpanan merupakan biaya yang timbul akibat menyimpan persediaan gudang selama waktu 3 fase, yaitu proses *Screening* $[0, t_1]$, pengeluaran produk rusak $[t_1, \mu]$, dan awal terjadinya deteriorasi ketiga $[\mu, t_2]$. Proses *Screening* terjadi pada interval pertama $[0, t_1]$, sehingga:

$$HC_1 = \int_0^{t_1} H(t) I_1(t) dt \dots\dots\dots (2.65)$$

Proses pengeluaran produk rusak terjadi pada interval kedua $[t_1, \mu]$, sehingga:

$$HC_2 = \int_{t_1}^{\mu} H(t) I_1'(t) dt \dots\dots\dots (2.66)$$

Proses awal terjadinya deteriorasi terjadi pada interval ketiga $[\mu, t_2]$, sehingga:

$$HC_3 = \int_{\mu}^{t_2} H(t) I_2(t) dt \dots\dots\dots (2.67)$$

Berdasarkan Persamaan (2.65), Persamaan (2.66), dan Persamaan (2.67), sehingga didapatkan besaran biaya penyimpanan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.68).

$$HC = HC_1 + HC_2 + HC_3 \dots\dots\dots (2.68)$$

$$HC = \int_0^{t_1} H(t) I_1(t) dt + \int_{t_1}^{\mu} H(t) I'_1(t) dt + \int_{\mu}^{t_2} H(t) I_2(t) dt \dots\dots\dots (2.69)$$

Biaya pembuangan merupakan biaya yang timbul akibat adanya produk yang dibuang. Biaya ini timbul karena adanya biaya pemusnahan dan transportasi limbah. Besaran biaya pembuangan tergantung dari biaya per unit dan jumlah total unit yang dibuang, sehingga didapatkan:

$$DC = \text{Biaya per unit} \times \text{jumlah total unit yang dibuang} \dots\dots\dots (2.70)$$

Banyaknya produk yang dibuang berasal dari produk yang rusak hasil *screening* awal dan produk yang rusak akibat deteriorasi, sehingga didapatkan

$$DC = d (\alpha Q + Q_d) \dots\dots\dots (2.71)$$

Produk rusak akibat deteriorasi terjadi saat produk usianya setelah waktu μ , Produk yang mengalami deteriorasi kehilangan fungsi ekonominya sebelum sempat terjual dan produk tersebut harus dibuang. Banyaknya produk yang rusak akibat deteriorasi didapatkan dari persediaan awal periode deteriorasi (μ) dan total yang terjual pada interval $[\mu, t_2]$, sehingga didapatkan

$$Q_d = I_{\mu} - \int_{\mu}^{t_2} D(t) dt \dots\dots\dots (2.72)$$

Stok pada saat $t = \mu$ berasal dari stok awal setelah *Screening*, dikurangi permintaan kumulatif sampai μ dan dikurangi dengan *Backorder* yang akan dipenuhi, sehingga didapatkan

$$Q_d = [I_0(1 - \alpha) - \int_0^{\mu} D(t) dt - \alpha Q_b] - [\int_{\mu}^{t_2} D(t) dt] \dots\dots\dots (2.73)$$

Banyaknya permintaan didefinisikan sebagai fungsi kuadrat yang bernilai $D(t) = a + bt + ct^2$, sehingga didapatkan

$$Q_d = [I_0(1 - \alpha) - \int_0^{\mu} [a + bt + ct^2] dt - \alpha Q_b] - [\int_{\mu}^{t_2} [a + bt + ct^2] dt] \dots\dots\dots (2.74)$$

$$Q_d = [I_0(1 - \alpha) - (a\mu + \frac{b}{2}\mu^2 + \frac{c}{3}\mu^3) - \alpha Q_b] - [\int_{\mu}^{t_2} [a + bt + ct^2] dt] \dots\dots\dots (2.75)$$

$$Q_d = [I_0 (1 - \alpha) - (a\mu + \frac{b}{2}\mu^2 + \frac{c}{3}\mu^3) - \alpha Q_b] - [(at_2 + \frac{b}{2}t_2^2 + \frac{c}{3}t_2^3) - (a\mu + \frac{b}{2}\mu^2 + \frac{c}{3}\mu^3)] \dots\dots\dots (2.76)$$

$$Q_d = I_0 (1 - \alpha) - (a\mu + \frac{b}{2}\mu^2 + \frac{c}{3}\mu^3) - \alpha Q_b - (at_2 + \frac{b}{2}t_2^2 + \frac{c}{3}t_2^3) + (a\mu + \frac{b}{2}\mu^2 + \frac{c}{3}\mu^3) \dots\dots\dots (2.77)$$

Biaya kekurangan akibat *backorder* adalah biaya yang harus dikeluarkan perusahaan ketika persediaan tidak mampu memenuhi permintaan akibat *shortage*. Perusahaan mengalami kekurangan pada interval $[t_2, T]$, pada interval waktu tersebut pelanggan menunggu, sehingga perusahaan menanggung biaya tambahan, seperti biaya administrasi *Backorder*, kompensasi pelanggan, dan penurunan tingkat layanan. Biaya kekurangan akibat *backorder* dari biaya *Backorder* per unit dikalikan dengan total unit *Backorder* kumulatif, sehingga didapatkan

$$ShC = b_c (-I_3(t)) \dots\dots\dots (2.78)$$

Karena kekurangan terjadi pada interval $[t_2, T]$, sehingga didapatkan

$$ShC = b_c [\int_{t_2}^T -I_3(t) dt] \dots\dots\dots (2.79)$$

$$ShC = b_c [-\int_{t_2}^T I_3(t) dt] \dots\dots\dots (2.80)$$

Mensubstitusikan nilai $I_3(t)$ pada Persamaan (2.53) Ke dalam Persamaan (2.80), sehingga didapatkan Persamaan (2.81).

$$ShC = b_c [-\int_{t_2}^T \frac{D_b}{\phi} [\ln (1 + \phi (T - t)) - \ln (1 + \phi (T - t_2))] dt] \dots\dots\dots (2.81)$$

$$ShC = b_c [-\frac{D_b}{\phi} \int_{t_2}^T [\ln (1 + \phi (T - t)) - \ln (1 + \phi (T - t_2))] dt] \dots\dots\dots (2.82)$$

$$ShC = -\frac{b_c D_b}{\phi} \int_{t_2}^T [\ln (1 + \phi (T - t)) - \ln (1 + \phi (T - t_2))] dt] \dots\dots\dots (2.83)$$

Memecahkan integral untuk memudahkan operasi:

$$ShC = -\frac{b_c D_b}{\phi} [\int_{t_2}^T \ln (1 + \phi (T - t)) dt - \int_{t_2}^T \ln (1 + \phi (T - t_2)) dt] \dots\dots\dots (2.84)$$

$$ShC = -\frac{b_c D_b}{\phi} [\int_{t_2}^T \ln (1 + \phi (T - t)) dt - ((T - t_2) \ln(1 + \phi(T - t_2)))] \dots\dots\dots (2.85)$$

Misalkan $u = 1 + \phi (T - t_2)$, maka $du = -\phi dt$, dan $dt = -\frac{1}{\phi} du$, sehingga Persamaan menjadi:

$$ShC = -\frac{b_c D_b}{\varphi} \left[\int_{t_2}^T \ln(u) \left(-\frac{1}{\varphi}\right) du - ((T - t_2) \ln(1 + \varphi(T - t_2))) \right] \dots\dots\dots (2.86)$$

Pada saat $t = t_2$ dengan $u = 1 + \varphi(T - t)$ dan pada saat $t = T$ dengan $u = 1$, sehingga diperoleh

$$ShC = -\frac{b_c D_b}{\varphi} \left[\int_{1 + \varphi(T - t_2)}^1 \ln(u) \left(-\frac{1}{\varphi}\right) du - ((T - t_2) \ln(1 + \varphi(T - t_2))) \right] \dots\dots\dots (2.87)$$

$$ShC = -\frac{b_c D_b}{\varphi} \left[-\frac{1}{\varphi} \int_{1 + \varphi(T - t_2)}^1 \ln(u) du - ((T - t_2) \ln(1 + \varphi(T - t_2))) \right] \dots\dots\dots (2.88)$$

Menghilangkan tanda minus pada integral dengan pembalikan batas integral dengan menggunakan teorema $\int_a^b f(u) du = -\int_b^a f(u) du$, sehingga didapatkan

$$ShC = -\frac{b_c D_b}{\varphi} \left[\frac{1}{\varphi} \int_1^{1 + \varphi(T - t_2)} \ln(u) du - ((T - t_2) \ln(1 + \varphi(T - t_2))) \right] \dots\dots\dots (2.89)$$

Menyederhanakan Persamaan dengan teorema $\int_a^b \ln(u) du = |u \ln u - u|_a^b$, sehingga didapatkan

$$ShC = -\frac{b_c D_b}{\varphi} \left[\frac{1}{\varphi} |u \ln u - u|_1^{1 + \varphi(T - t_2)} - ((T - t_2) \ln(1 + \varphi(T - t_2))) \right] \dots\dots\dots (2.90)$$

$$ShC = -\frac{b_c D_b}{\varphi} \left[\left[\frac{1}{\varphi} (1 + \varphi(T - t_2)) \ln(1 + \varphi(T - t_2)) - \varphi(T - t_2) \right] - \right. \\ \left. [((T - t_2) \ln(1 + \varphi(T - t_2)))] \right] \dots\dots\dots (2.91)$$

$$ShC = -\frac{b_c D_b}{\varphi} \left[\frac{1}{\varphi} (1 + \varphi(T - t_2)) \ln(1 + \varphi(T - t_2)) - (T - t_2) - ((T - t_2) \ln(1 + \varphi(T - t_2))) \right] \dots\dots\dots (2.92)$$

$$ShC = -\frac{b_c D_b}{\varphi} \left[\frac{1}{\varphi} \ln(1 + \varphi(T - t_2)) + (T - t_2) \ln(1 + \varphi(T - t_2)) - \right. \\ \left. (T - t_2) - ((T - t_2) \ln(1 + \varphi(T - t_2))) \right] \dots\dots\dots (2.93)$$

$$ShC = -\frac{b_c D_b}{\varphi} \left[\left(\frac{1}{\varphi} \ln(1 + \varphi(T - t_2)) - (T - t_2) \right) \right] \dots\dots\dots (2.94)$$

$$ShC = -\frac{b_c D_b}{\varphi^2} \ln(1 + \varphi(T - t_2)) - \left(-\frac{b_c D_b}{\varphi} (T - t_2) \right) \dots\dots\dots (2.95)$$

$$ShC = -\frac{b_c D_b}{\varphi^2} \ln(1 + \varphi(T - t_2)) + \frac{b_c D_b}{\varphi} (T - t_2) \dots\dots\dots (2.96)$$

$$ShC = \frac{b_c D_b}{\varphi} \left(-\frac{1}{\varphi} \ln(1 + \varphi(T - t_2)) + (T - t_2) \right) \dots\dots\dots (2.97)$$

$$ShC = b_c D_b \left(-\frac{1}{\varphi^2} \ln(1 + \varphi(T - t_2)) + \frac{(T - t_2)}{\varphi} \right) \dots\dots\dots (2.98)$$

Biaya kekurangan akibat *lost sales* merupakan biaya yang ditanggung perusahaan akibat pelanggan tidak mau menunggu. Kehilangan penjualan terjadi karena persediaan habis yang berada pada interval $[t_2, T]$. Total biaya kekurangan dipengaruhi oleh biaya *lost sales* per unit, dan laju permintaan yang hilang, sehingga didapatkan Persamaan (2.99).

$$LsC = l_s D_b (1 - B_r(t)) \dots\dots\dots (2.99)$$

Mensubstitusikan nilai $B_r(t)$ pada Persamaan (2.42) ke dalam Persamaan (2.99), sehingga didapatkan Persamaan (2.100).

$$LsC = l_s D_b (1 - \frac{1}{1 + \varphi (T-t)}) \dots\dots\dots (2.100)$$

$$LsC = l_s D_b (\frac{1 + \varphi (T-t)}{1 + \varphi (T-t)} - \frac{1}{1 + \varphi (T-t)}) \dots\dots\dots (2.101)$$

$$LsC = l_s D_b (\frac{\varphi (T-t)}{1 + \varphi (T-t)}) \dots\dots\dots (2.102)$$

Karena persediaan habis yang berada pada interval $[t_2, T]$, sehingga didapatkan Persamaan (2.103).

$$LsC = l_s \int_{t_2}^T D_b (\frac{\varphi (T-t)}{1 + \varphi (T-t)}) dt \dots\dots\dots (2.103)$$

$$LsC = l_s D_b \int_{t_2}^T (\frac{\varphi (T-t)}{1 + \varphi (T-t)}) dt \dots\dots\dots (2.104)$$

$$LsC = l_s D_b \int_{t_2}^T (1 - \frac{1}{1 + \varphi (T-t)}) dt \dots\dots\dots (2.105)$$

$$LsC = l_s D_b [\int_{t_2}^T 1 dt - \int_{t_2}^T \frac{1}{1 + \varphi (T-t)} dt] \dots\dots\dots (2.106)$$

$$LsC = l_s D_b [(T - t_2) - (\frac{1}{\varphi} \ln (1 + \varphi (T - t_2)))] \dots\dots\dots (2.107)$$

$$LsC = l_s D_b [(T - t_2) - \frac{1}{\varphi} \ln (1 + \varphi (T - t_2))] \dots\dots\dots (2.108)$$

2.5 Model EOQ untuk Barang Mudah Rusak dengan Ketidakpastian Pasokan dari Yan & Wang (2013)

Penelitian yang dilakukan oleh Yan & Wang (2013) mengembangkan model EOQ untuk bahan baku dengan mempertimbangkan *supply uncertainty* dalam proses pengendalian persediaan. Model tersebut dirancang untuk menganalisis

ketidakpastian pasokan, sementara laju permintaannya tetap diasumsikan bersifat deterministik. Adapun notasi-notasi yang digunakan pada penelitian ini, sebagai berikut:

w	: Biaya pembelian per unit barang, Rp/unit;
h	: Biaya penyimpanan persediaan per unit per satuan waktu, Rp/unit/waktu;
v	: Nilai sisa (<i>salvage value</i>) persediaan per unit pada akhir horizon, Rp/unit;
θ	: Tingkat diskonto kontinu (<i>discount rate</i>), 1/waktu;
T	: Panjang horizon penjualan (<i>sales horizon length</i>);
t	: Variabel waktu kontinu, dengan $0 \leq t \leq T$;
τ	: Waktu saat persediaan habis (<i>stock-out time</i>);
q	: Jumlah pesanan awal yang dilakukan sebelum horizon penjualan, unit;
q^*	: Jumlah pesanan optimal, unit;
Q	: Persediaan awal yang tersedia pada awal horizon penjualan, unit;
$I(t)$	: Tingkat persediaan pada waktu t , unit;
$I(T)$	: Tingkat persediaan pada waktu T , unit;
ξ	: Variabel acak yang menyatakan proporsi kuantitas pesanan yang benar-benar diterima, dimana $0 \leq \xi \leq 1$;
$E[\xi]$	: Nilai harapan dari variabel acak ξ ;
ξq	: Kuantitas aktual barang yang diterima pada awal horizon, unit;
$p(t)$	: Harga jual produk pada waktu t , Rp/unit;
$p(.)$	: Fungsi harga selama horizon penjualan, Rp/unit;
$\bar{p}(t)$	: Batas atas (<i>upper bound</i>) harga jual pada waktu t , Rp/unit;
$W(t)$	: Jumlah barang yang rusak (<i>deteriorated</i>) persatuan waktu, unit/waktu;
$a(t)$	: Laju deteriorasi persediaan pada waktu t , 1/waktu;

$J(p(.),Q)$	: Total keuntungan terdiskonto selama horizon penjualan, Rp;
$L(p,t)$	: Laba instan (tanpa faktor diskonto) pada waktu t , Rp/waktu;
A	: Konstanta keuntungan yang tidak bergantung pada harga, Rp;
$c(t)$	: Biaya relevan efektif per unit pada waktu t , Rp/unit;
$y(t)$	Variabel keadaan yang merepresentasikan akumulasi permintaan, unit;
$\lambda(t)$	: Variabel <i>adjoint</i> (<i>shadow price</i>)
H	: Fungsi hamiltonian, Rp/waktu;
μ_1	: Pengali <i>lagrange</i> untuk kendala harga tidak negatif, Rp/unit;
μ_1	: Pengali <i>lagrange</i> untuk kendala batas atas harga, Rp/unit;
$\bar{p}(t,\lambda)$	: Harga jual optimal pada waktu t , Rp/unit;
$II(q,\xi)$	: Keuntungan bersih <i>retailer</i> untuk realisasi ξ , Rp;
$E[II(q,\xi)]$	: Keuntungan harapan <i>retailer</i> , Rp.

Model pada jurnal ini mengasumsikan bahwa pada periode sebelum horizon penjualan *retailer* memesan sejumlah barang (q) dan barang yang benar-benar diterima adalah ξq , dengan batasan $0 \leq \xi \leq 1$, sehingga Persamaan persediaan awal diperoleh Persamaan (2.109).

$$Q = \xi q \dots\dots\dots (2.109)$$

Pada periode selama horizon $[0,T]$, Permintaan pelanggan terhadap produk dipengaruhi oleh kebijakan harga yang ditetapkan oleh retailer serta dapat berubah sepanjang waktu akibat dinamika pasar dan perilaku konsumen. Oleh karena itu, laju permintaan dimodelkan sebagai fungsi dari harga jual dan waktu, sehingga didapatkan

$$D(p(t),t) \dots\dots\dots (2.110)$$

Selain dipengaruhi oleh permintaan, persediaan juga mengalami pengurangan akibat deteriorasi fisik produk. Total barang yang keluar dari sistem persediaan

dalam interval waktu yang sangat kecil dipengaruhi oleh jumlah permintaan pelanggan dan jumlah barang yang mengalami kerusakan, sehingga didapatkan

$$\text{Total barang yang keluar} = [D(p(t),t) + W(t)] dt \dots\dots\dots (2.111)$$

Jika dijumlahkan dengan seluruh horizon waktu $[0,T]$, sehingga diperoleh Persamaan (2.112).

$$\text{Total barang yang keluar} = \int_0^T [D(p(t),t) + W(t)] dt \dots\dots\dots (2.112)$$

Karena jumlah barang yang tersedia bersifat terbatas, maka total barang yang keluar selama horizon penjualan tidak boleh melebihi persediaan awal yang dimiliki oleh *retailer*. Kondisi ini dinyatakan dalam bentuk kendala persediaan sebagai berikut.

$$\int_0^T [D(p(t),t) + W(t)] dt \leq Q \dots\dots\dots (2.113)$$

Pendapatan penjualan yang diperoleh pada suatu waktu bergantung pada harga jual yang ditetapkan dan laju permintaan pada waktu tersebut. Oleh karena itu, pendapatan penjualan pada waktu t dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Banyaknya pendapatan penjualan} = p(t) D(p(t),t) \dots\dots\dots (2.114)$$

Model ini mempertimbangkan nilai waktu uang, di mana pendapatan yang diterima pada waktu mendatang memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan pendapatan saat ini. Oleh karena itu, pendapatan pada waktu t dikonversi ke nilai saat awal horizon dengan menggunakan faktor diskonto eksponensial yang memiliki nilai $e^{-\theta t}$, sehingga didapatkan

$$\text{Banyaknya pendapatan penjualan} = e^{-\theta t} p(t) D(p(t),t) dt \dots\dots\dots (2.115)$$

Pendapatan total selama horizon $[0,T]$ adalah penjumlahan semua pendapatan kecil dari $t = 0$ sampai $t = T$, sehingga didapatkan:

$$\text{Banyaknya pendapatan penjualan} = \int_0^T e^{-\theta t} p(t) D(p(t),t) dt \dots\dots\dots (2.116)$$

Selain pendapatan, *retailer* juga menanggung biaya penyimpanan persediaan selama produk berada di gudang. Besarnya biaya penyimpanan pada suatu waktu bergantung pada tingkat persediaan dan biaya simpan per unit per satuan waktu.

$$\text{Biaya penyimpanan} = h I(t) \dots\dots\dots (2.117)$$

Karena biaya juga dibayar di masa depan, sehingga

$$\text{Biaya penyimpanan} = e^{-\theta t} h I(t) \dots\dots\dots (2.118)$$

Biaya simpan terjadi selama horizon $[0, T]$ adalah penjumlahan semua pendapatan kecil dari $t = 0$ sampai $t = T$, sehingga didapatkan:

$$\text{Biaya penyimpanan} = \int_0^T e^{-\theta t} h I(t) \dots\dots\dots (2.119)$$

Pada akhir horizon penjualan yaitu pada waktu ke T , sisa persediaan yang belum terjual masih memiliki nilai ekonomi yang dikenal sebagai nilai sisa (*salvage value*). Nilai ini bergantung pada jumlah persediaan yang tersisa pada akhir horizon, sehingga didapatkan

$$\text{Nilai salvage} = V I(T) \dots\dots\dots (2.120)$$

Karena diterima pada waktu ke T sehingga:

$$\text{Nilai salvage} = e^{-\theta T} V I(T) \dots\dots\dots (2.121)$$

Karena total keuntungan 3 faktor (banyaknya pendapatan penjual, biaya penyimpanan, dan nilai *salvage*), sehingga diperoleh Persamaan (2.122).

$$\text{Total keuntungan} = \text{banyaknya pendapatan penjual} - \text{biaya penyimpanan} + \text{nilai salvage} \dots\dots\dots (2.122)$$

$$J(p(\cdot), Q) = \int_0^T e^{-\theta t} p(t) D(p(t), t) dt - \int_0^T e^{-\theta t} h I(t) + e^{-\theta T} V I(T) \dots\dots\dots (2.123)$$

$$J(p(\cdot), Q) = \int_0^T e^{-\theta t} [p(t) D(p(t), t) - h I(t)] dt + e^{-\theta T} V I(T) \dots\dots\dots (2.124)$$

Selama horizon penjualan, tidak terdapat pemesanan ulang sehingga tidak ada aliran masuk persediaan. Dengan demikian, perubahan tingkat persediaan hanya disebabkan oleh penjualan produk dan deteriorasi barang yang tersisa, sehingga didapatkan

$$dI(t) = - [D(p(t), t) + a(t)I(t)] dt \dots\dots\dots (2.125)$$

Pada awal horizon penjualan dimana $t = 0$ *retailer* meminta stok hasil pemesanan jumlahnya sama dengan realisasi dari pesanan, sehingga didapatkan:

$$dI(t) = - [D(p(t), t) + a(t)I(t)] dt, i(0) = Q \dots\dots\dots (2.126)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = - [D(p(t), t) + a(t)I(t)] \dots\dots\dots (2.127)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = - D(p(t), t) - a(t)I(t) \dots\dots\dots (2.128)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} + a(t)I(t) = -D(p(t), t) \dots \dots \dots (2.129)$$

Karena produk mengalami deteriorasi yang bergantung pada waktu, sehingga diperlukan faktor integrasi dengan nilai $e^{\int_0^t a(u)du}$, sehingga masing-masing ruas kalikan dengan faktor integrasi tersebut, didapatkan Persamaan (2.130).

$$\frac{dI(t)}{dt} e^{\int_0^t a(u)du} + a(t)I(t)e^{\int_0^t a(u)du} = -D(p(t), t)e^{\int_0^t a(u)du} \dots \dots \dots (2.130)$$

Menyederhanakan ruas kiri dengan menggunakan teorema $\frac{d}{dt} [f(t)g(t)] = f'(t)g(t) + f(t)g'(t)$, sehingga ruas kiri didapatkan:

$$\frac{d}{dt} [I(t) e^{\int_0^t a(u)du}] = -D(p(t), t) e^{\int_0^t a(u)du} \dots \dots \dots (2.131)$$

Karena kondisi awal diketahui pada $t = 0$ dan $I(0) = Q$, untuk mengetahui stok pada waktu umum t maka dilakukan integrasi dengan mengubah variabel integrasi diganti dari t ke s agar memudahkan dalam pengoperasian, sehingga didapatkan

$$\int_0^t \frac{d}{ds} [I(s) e^{\int_0^s a(u)du}] ds = - \int_0^t D(p(s), s) e^{\int_0^s a(u)du} ds \dots \dots \dots (2.132)$$

Mengoperasikan sisi kiri dengan menggunakan teorema $\int_0^t \frac{d}{ds} [F(s)] ds = F(t) - F(0)$, sehingga didapatkan Persamaan (2.133).

$$I(t) e^{\int_0^t a(u)du} - I(0) e^{\int_0^0 a(u)du} = - \int_0^t D(p(s), s) e^{\int_0^s a(u)du} ds \dots \dots \dots (2.133)$$

$$I(t) e^{\int_0^t a(u)du} - Q(1) = - \int_0^t D(p(s), s) e^{\int_0^s a(u)du} ds \dots \dots \dots (2.134)$$

$$I(t) e^{\int_0^t a(u)du} = Q - \int_0^t D(p(s), s) e^{\int_0^s a(u)du} ds \dots \dots \dots (2.135)$$

Kalikan masing-masing ruas dengan $e^{-\int_0^t a(u)du}$, sehingga didapatkan:

$$I(t) = e^{-\int_0^t a(u)du} [Q - \int_0^t D(p(s), s) e^{\int_0^s a(u)du} ds] \dots \dots \dots (2.136)$$

Karena jumlah persediaan yang tersisa pada akhir horizon, sehingga mengevaluasi $t = T$, didapatkan Persamaan (2.137).

$$I(T) = e^{-\int_0^T a(u)du} [Q - \int_0^T D(p(s), s) e^{\int_0^s a(u)du} ds] \dots \dots \dots (2.137)$$

Sistem persediaan yang dihadapi *retailer* selama suatu horizon waktu terbatas. *Retailer* memulai periode dengan persediaan awal sebesar Q dan menjual produk dengan harga yang dapat berubah terhadap waktu. Fungsi keuntungan total sebagai selisih antara pendapatan penjualan, biaya penyimpanan persediaan, serta nilai sisa persediaan di akhir horizon waktu. Karena pada tingkat persediaan $I(T)$ memiliki nilai sisa sehingga kalikan nilai sisa $= Ve^{-\theta T}$ pada masing-masing ruas dari Persamaan (2.137), sehingga didapatkan

Nilai sisa

$$Ve^{-\theta T} I(T) = Ve^{-\theta T} e^{-\int_0^T a(u)du} [Q - \int_0^T D(p(s),s) e^{\int_0^s a(u)du} ds] \dots\dots\dots(2.138)$$

$$Ve^{-\theta T} I(T) = QVe^{-\theta T} e^{-\int_0^T a(u)du} - Ve^{-\theta T} e^{-\int_0^T a(u)du} \int_0^T D(p(s),s) e^{\int_0^s a(u)du} ds] \dots\dots\dots(2.139)$$

Dari Persamaan (2.139) diperoleh 2 persamaan yang berbeda yaitu hanya bergantung pada Q (bukan harga) dan tergantung pada $D(p,s)$ yaitu tergantung harga. Persamaan yang bergantung dengan Q dapat diperoleh pada Persamaan (2.140) dan Persamaan yang bergantung dengan $D(p,s)$ diperoleh pada Persamaan (2.141).

$$QVe^{-\theta T} e^{-\int_0^T a(u)du} \dots\dots\dots(2.140)$$

$$- Ve^{-\theta T} e^{-\int_0^T a(u)du} \int_0^T D(p(s),s) e^{\int_0^s a(u)du} ds \dots\dots\dots(2.141)$$

Biaya simpan

Mensubstitusikan nilai $I(t)$ pada Persamaan (2.136) pada Persamaan biaya simpan di Persamaan (2.123), sehingga didapatkan Persamaan (2.142).

$$\int_0^T e^{-\theta t} h I(t) dt \dots\dots\dots(2.142)$$

$$\int_0^T e^{-\theta t} h e^{-\int_0^t a(u)du} [Q - \int_0^t D(p(s),s) e^{\int_0^s a(u)du} ds] dt \dots\dots\dots(2.143)$$

$$h \int_0^T e^{-\theta t} e^{-\int_0^t a(u)du} [Q - \int_0^t D(p(s),s) e^{\int_0^s a(u)du} ds] dt \dots\dots\dots(2.144)$$

$$hQ \int_0^T e^{-\theta t} e^{-\int_0^t a(u)du} dt - [h \int_0^T \int_0^t e^{-\theta t} e^{-\int_s^t a(u)du} D(p(s),s) ds] dt \dots\dots\dots(2.145)$$

menyederhanakan Persamaan (2.145) dengan menggunakan teorema $\int_0^T \int_0^t (\cdot) ds dt = \int_0^T \int_s^T (\cdot) dt ds$, sehingga didapatkan

$$hQ \int_0^T e^{-\theta t} e^{-\int_0^t a(u) du} dt - \int_0^T [h \int_s^t e^{-\theta t} e^{-\int_s^t a(u) du} dt] D(p(s), s) ds \dots\dots\dots (2.146)$$

Dari Persamaan (2.146) diperoleh 2 persamaan yang berbeda yaitu hanya bergantung pada Q (bukan harga) dan tergantung pada $D(p, s)$ yaitu tergantung harga. Persamaan yang bergantung dengan Q dapat diperoleh pada Persamaan (2.147) dan Persamaan yang bergantung dengan $D(p, s)$ dapat diperoleh pada Persamaan (2.148), sehingga didapatkan

$$hQ \int_0^T e^{-\theta t} e^{-\int_0^t a(u) du} dt \dots\dots\dots (2.147)$$

$$- \int_0^T [h \int_s^t e^{-\theta t} e^{-\int_s^t a(u) du} dt] D(p(s), s) ds \dots\dots\dots (2.148)$$

Mengumpulkan semua Persamaan yang mengandung $D(p, t)$ sehingga didapatkan dari pendapatan, dari nilai sisa dan biaya simpan, sehingga didapatkan

$$\int_0^T e^{-\theta t} p(t) D(p(t), t) dt - \int_0^T V e^{-\theta T} e^{-\int_s^T a(u) du} D(p(t), t) dt - \int_0^T h \int_s^t e^{-\theta t} e^{-\int_s^t a(u) du} ds D(p(t), t) dt \dots\dots\dots (2.149)$$

$$\int_0^T e^{-\theta t} [p(t) - V e^{-\theta T} e^{-\int_s^T a(u) du} + h \int_s^T e^{-\theta(t-s)} e^{-\int_t^s a(u) du} ds] D(p(t), t) dt \dots\dots\dots (2.150)$$

Misalkan $c(t) = V e^{-\theta T} e^{-\int_s^T a(u) du} + h \int_s^T e^{-\theta(t-s)} e^{-\int_t^s a(u) du} ds$, maka didapatkan

$$\int_0^T e^{-\theta t} [p(t) - c(t)] D(p(t), t) dt \dots\dots\dots (2.151)$$

Mengumpulkan semua Persamaan yang tidak mengandung harga, sehingga didapatkan dari nilai sisa dan biaya simpan, sehingga diperoleh Persamaan (2.152).

$$A = Q V e^{-\theta T} e^{-\int_0^T a(u) du} - hQ \int_0^T e^{-\theta t} e^{-\int_0^t a(u) du} dt \dots\dots\dots (2.152)$$

Total keuntungan yang dihasilkan selama horizon waktu $[0, T]$ sebagai akibat kebijakan harga sepanjang waktu $p(t)$ dan persediaan awal sebesar Q , didapatkan Persamaan total keuntungan:

$$J(p(\cdot), Q) = A + \int_0^T e^{-\theta t} [p(t) - c(t)] D(p(t), t) dt \dots\dots\dots (2.153)$$

Konstanta A pada Persamaan (2.153) tidak bergantung pada kebijakan harga, sehingga tidak memengaruhi keputusan optimal. Oleh karena itu, masalah optimasi keuntungan dapat direduksi menjadi memaksimalkan bagian integral yang sepenuhnya bergantung pada harga, sehingga diperoleh Persamaan (2.154).

$$J(p(\cdot), Q) = \max_{p(\cdot)} \int_0^T e^{-\theta t} [p(t) - c(t)] D(p(t), t) dt \dots\dots\dots (2.154)$$

Seluruh fungsi harga selama horizon tidak boleh bernilai negatif dan tidak boleh melebihi harga maksimum pasar $\bar{p}$, sehingga diperoleh Persamaan (2.155).

$$J(p(\cdot), Q) = \max_{0 \leq p(\cdot) \leq \bar{p}} \int_0^T e^{-\theta t} [p(t) - c(t)] D(p(t), t) dt \dots\dots\dots (2.155)$$

Model ini tidak mengizinkan kekurangan persediaan karena *retailer* berhenti menjual saat stok habis, tidak adanya *Backorder* dan tidak ada *lost sales* yang dicatat sebagai persediaan negatif. Selain itu juga stok awal hanya sesar Q , tidak adanya pembelian ulang dan tidak ada produksi, sehingga tingkat persediaan pada $t = 0$, sebesar:

$$0 \leq I(0) \leq Q, \quad i(t) = 0 \text{ untuk } t \geq \tau \dots\dots\dots (2.156)$$

Karena nilai $I(t) \geq 0$ sehingga dapat di Mensubtitusikan pada Persamaan (2.136), sehingga didapatkan

$$Q - \int_0^t D(p(s), s) e^{\int_0^s a(u) du} ds \geq 0 \dots\dots\dots (2.157)$$

Karena faktor eksponensial selalu positif, maka diperoleh Persamaan

$$\int_0^t D(p(s), s) e^{\int_0^s a(u) du} ds \leq Q \dots\dots\dots (2.158)$$

Stok persediaan habis ketika telah mencapai waktu $t = \tau$ dimana $I(\tau) = 0$, sehingga nilai $I(\tau) = 0$ dapat diMensubtitusikan pada Persamaan (2.136), sehingga didapatkan

$$Q - \int_0^\tau D(p(s), s) e^{\int_0^s a(u) du} ds = 0 \dots\dots\dots (2.159)$$

Kendala persediaan pada model ini dinyatakan dalam bentuk integral kumulatif yang bergantung pada waktu dan tingkat deteriorasi. Untuk mempermudah analisis selanjutnya, diperkenalkan sebuah variabel keadaan yang merepresentasikan akumulasi permintaan efektif selama horizon penjualan sehingga didapatkan

$$y(t) = \int_0^t D(p(s), s) e^{\int_0^s a(u) du} ds \dots\dots\dots (2.160)$$

Permasalahan optimasi yang dikembangkan merupakan masalah kontrol optimal kontinu dengan kendala dinamis. Untuk menyelesaikan masalah ini, digunakan prinsip maksimum *Pontryagin* dengan membentuk fungsi *Hamiltonian* yang menggabungkan laba instan dan dinamika variabel keadaan, sehingga dapat dituliskan:

$$H = L(p, t) + \lambda f(p, t) \dots\dots\dots (2.161)$$

Laba instan diperoleh dari pendapatan penjualan saat periode t dikurangi dengan biaya relevan per unit, sehingga didapatkan

$$H = [p(t) - c(t)]D(p(t), t) + \lambda f(p, t) \dots\dots\dots (2.162)$$

dinamika variabel keadaan dipengaruhi oleh laju penggunaan stok awal akibat penjualan, sehingga didapatkan

$$H = [p(t) - c(t)]D(p(t), t) + \lambda D(p(t), t) e^{\int_0^t a(u) du} \dots\dots\dots (2.163)$$

Persamaan (2.163) menunjukkan nilai ekonomi tanpa memperhatikan harga. Namun, karena harga secara nyata dibatasi oleh kondisi pasar, solusi tersebut belum tentu *feasible*. Oleh karena itu, kendala harga dimasukkan melalui fungsi *Lagrangian* untuk memaksa solusi optimal tetap berada dalam interval harga yang diperbolehkan. Untuk mendapatkan nilai ekonomi dengan memperhatikan harga dengan menambahkan biaya *pinalty* jika harga ingin negatif, dan jika harga melebihi batas maksimum, sehingga didapatkan Persamaan (2.164).

$$L(p, \lambda, \mu_1, \mu_2, t) = H(p, \lambda, t) + \mu_1 p + \mu_2 (p - \bar{p}) \dots\dots\dots (2.164)$$

Mensubstitusikan nilai H dari Persamaan (2.163) ke dalam Persamaan (2.164), sehingga didapatkan

$$L(p, \lambda, \mu_1, \mu_2, t) = [p(t) - c(t)]D(p(t), t) + \lambda D(p(t), t) e^{\int_0^t a(u) du} + \mu_1 p + \mu_2 (p - \bar{p}) \dots (2.165)$$

Prinsip maksimum pontryagin menyebutkan bahwa kontrol optimal terhadap harga $(p(t))$ harus memenuhi kondisi $\frac{dL}{dp} = 0$, sehingga perlu menurunkan Persamaan (2.165), didapatkan 3 jenis turunan yaitu turunan suku keuntungan langsung, suku nilai bayangan, dan suku kendala harga. Nilai turunan suku keuntungan langsung didapatkan pada Persamaan (2.166).

$$\frac{d}{dp} ([p(t) - c(t)]D(p(t), t)) = D(p, t) + [p(t) - c(t)] \frac{dD(p, t)}{dp} \dots (2.166)$$

Nilai turunan suku nilai bayangan, didapatkan:

$$\frac{d}{dp} (\lambda D(p(t), t) e^{\int_0^t a(u) du}) = \lambda e^{\int_0^t a(u) du} \frac{dD(p, t)}{dp} \dots (2.167)$$

Nilai suku kendala harga biaya *pinalty* jika harga ingin negatif, didapatkan

$$\frac{d}{dp} (\mu_1 p) = \mu_1 \dots (2.168)$$

Nilai suku kendala jika harga melebihi batas maksimum, didapatkan

$$\frac{d}{dp} (\mu_2 (p - \bar{p})) = -\mu_2 \dots (2.169)$$

Gabungkan seluruh hasil turunan, sehingga didapatkan

$$\frac{dL(p, \lambda, \mu_1, \mu_2, t)}{dp} = D(p, t) + [p(t) - c(t)] \frac{dD(p, t)}{dp} + \lambda e^{\int_0^t a(u) du} \frac{dD(p, t)}{dp} + \mu_1 + \mu_2 \dots (2.170)$$

$$\frac{dL(p, \lambda, \mu_1, \mu_2, t)}{dp} = D(p, t) + [p(t) - c(t) + \lambda e^{\int_0^t a(u) du}] \frac{dD(p, t)}{dp} + \mu_1 - \mu_2 \dots (2.171)$$

Nilai bayangan persediaan berubah secara eksponensial terhadap waktu dengan laju diskonto θ , sehingga didapatkan Persamaan (2.172).

$$\lambda'(t) = \theta \lambda(t) \dots (2.172)$$

$$\frac{d\lambda}{dt} = \theta \lambda(t) \dots (2.173)$$

$$\frac{d\lambda}{\lambda} = \theta dt \dots (2.174)$$

Lakukan integral untuk sisi kiri terhadap λ dan sisi kanan terhadap t , sehingga diperoleh

$$\int \frac{1}{\lambda} d\lambda = \int \theta dt \dots (2.175)$$

$$\ln |\lambda| = \theta t + C \dots\dots\dots (2.176)$$

Eksponensialkan Persamaan (2.176), sehingga didapatkan

$$e^{\ln |\lambda|} = e^{\theta t + C} \dots\dots\dots (2.177)$$

$$|\lambda| = e^{\theta t} e^C \dots\dots\dots (2.178)$$

Misalkan C_I , memiliki nilai yang sama dengan e^C , sehingga didapatkan

$$|\lambda| = e^{\theta t} C_I \dots\dots\dots (2.179)$$

$$\lambda(t) = e^{\theta t} C_I \dots\dots\dots (2.180)$$

$$C_I = \lambda(t) e^{-\theta t} \dots\dots\dots (2.181)$$

Karena harga bayangan tidak boleh ≤ 0 , sehingga mengevaluasi nilai $t = T$, sehingga didapatkan

$$C_I = \lambda(T) e^{-\theta T} \dots\dots\dots (2.182)$$

Mensubstitusikan nilai C_I pada Persamaan (2.181), sehingga didapatkan

$$\lambda(t) = e^{\theta t} \lambda(T) e^{-\theta T} \dots\dots\dots (2.183)$$

Sehingga didapatkan harga bayangan optimal

$$\lambda(t) = \lambda(T) e^{\theta(t-T)} \dots\dots\dots (2.184)$$

Untuk memaksimalkan Hamiltonian terhadap variabel kontrol harga setelah mensubstitusikan solusi Persamaan *adjoint*. Harga optimal didefinisikan sebagai argumen yang memaksimalkan keuntungan instan yang telah dikoreksi oleh nilai bayangan persediaan, dengan tetap mempertimbangkan batas harga maksimum pasar, sehingga dapat Mensubstitusikan Persamaan (2.183) untuk menggantikan nilai harga bayangan pada Persamaan (2.163), sehingga didapatkan

$$H(p,t) = [p(t) - c(t)]D(p(t),t) + \lambda(T) e^{\theta(t-T)} D(p(t),t) e^{\int_0^t a(u)du} \dots\dots\dots (2.185)$$

$$H(p,t) = [p(t) - c(t)] + \lambda(T) e^{\theta(t-T)} e^{\int_0^t a(u)du} D(p(t)) \dots\dots\dots (2.186)$$

Untuk mendapatkan harga optimal dengan memaksimalkan nilai fungsi hamiltonian, sehingga didapatkan

$$\bar{p}(t,\lambda) = \arg \max_{\bar{p} \geq 0} \{ [p(t) - c(t) + \lambda(T) e^{\theta(t-T)} e^{\int_0^t a(u)du}] D(p(t)) \} \dots\dots\dots (2.187)$$

Kondisi kendala persediaan yang aktif dalam prinsip maksimum *Pontryagin*, di mana total permintaan efektif akibat kebijakan harga optimal harus sama dengan persediaan awal Q , sehingga didapatkan

$$\int_0^T D(\bar{p}(s, \lambda(T)), s) e^{\int_0^s a(u) du} ds = Q \dots\dots\dots (2.188)$$

Retailer hanya membayar barang yang benar-benar diterima sehingga didapatkan
Biaya beli = wQ (2.189)

Mensubtitusikan nilai Q pada Persamaan (2.109) ke dalam Persamaan (2.189),
didapatkan

$$\text{Biaya beli} = w\zeta q \dots\dots\dots (2.190)$$

Retailer tidak memperlmasalahkan risiko/ketidakpastian, selama rata-rata (nilai harapan) keuntungannya paling besar. rata-rata keuntungan yang diperoleh jika situasi acak terjadi berulang-ulang dalam jangka panjang, sehingga didapatkan Persamaan (2.191).

$$II(q, \zeta) = J(p^*(., q\zeta), q\zeta) - w\zeta q \dots\dots\dots (2.191)$$

Karena proporsi barang yang diterima bersifat acak, *retailer* diasumsikan bersikap *risk-neutral* dan mengevaluasi keputusan pemesanan berdasarkan keuntungan harapan. Oleh karena itu, jumlah pemesanan optimal ditentukan dengan memaksimalkan nilai harapan keuntungan, sehingga didapatkan

$$q^* = \max_{q \geq 0} EII(q, \zeta) \dots\dots\dots (2.192)$$

$$q^* = \max_{q \geq 0} \{E[J(p^*(., q\zeta), q\zeta) - w\zeta q]\} \dots\dots\dots (2.193)$$

2.6 Penelitian Terdahulu

Sebuah penelitian membutuhkan acuan dari penelitian-penelitian sebelumnya. Hal tersebut karena setiap studi yang sudah dilakukan memberikan gambaran, perkembangan, dan pemahaman baru yang dipengaruhi oleh perbedaan situasi, kondisi, maupun tujuan penelitiannya. Peneliti perlu melihat kembali hasil-hasil penelitian terdahulu agar penelitian yang dilakukan memiliki dasar yang kuat dan jelas. Berikut beberapa penelitian yang dianggap relevan dan mendukung topik penelitian peneliti. Ringkasan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ringkasan penelitian terdahulu

No	Kriteria	Peneliti					Penelitian Saat Ini
		Yan & Wang (2013)	Patriarca <i>et al</i> (2020)	Dobson <i>et al</i> (2017)	Silitonga & Julieta (2022)	Ginola <i>et al</i> (2025)	
1.	<i>Single Item</i>	✓	✓	✓		✓	
2.	<i>Multi item</i>				✓		✓
3.	Permintaan Deterministik	✓		✓	✓	✓	
4.	Permintaan Probabilistik		✓				✓
5.	Produk mudah rusak	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6.	Ketidakpastian Ketersediaan Bahan Baku	✓					✓
7.	Kapasitas Angkut						✓

BAB III

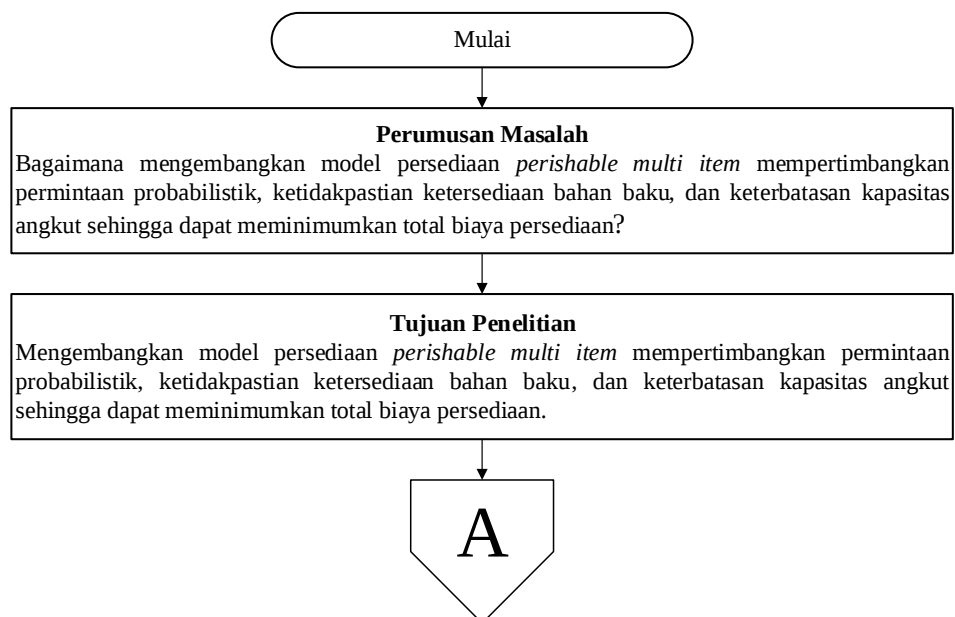
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

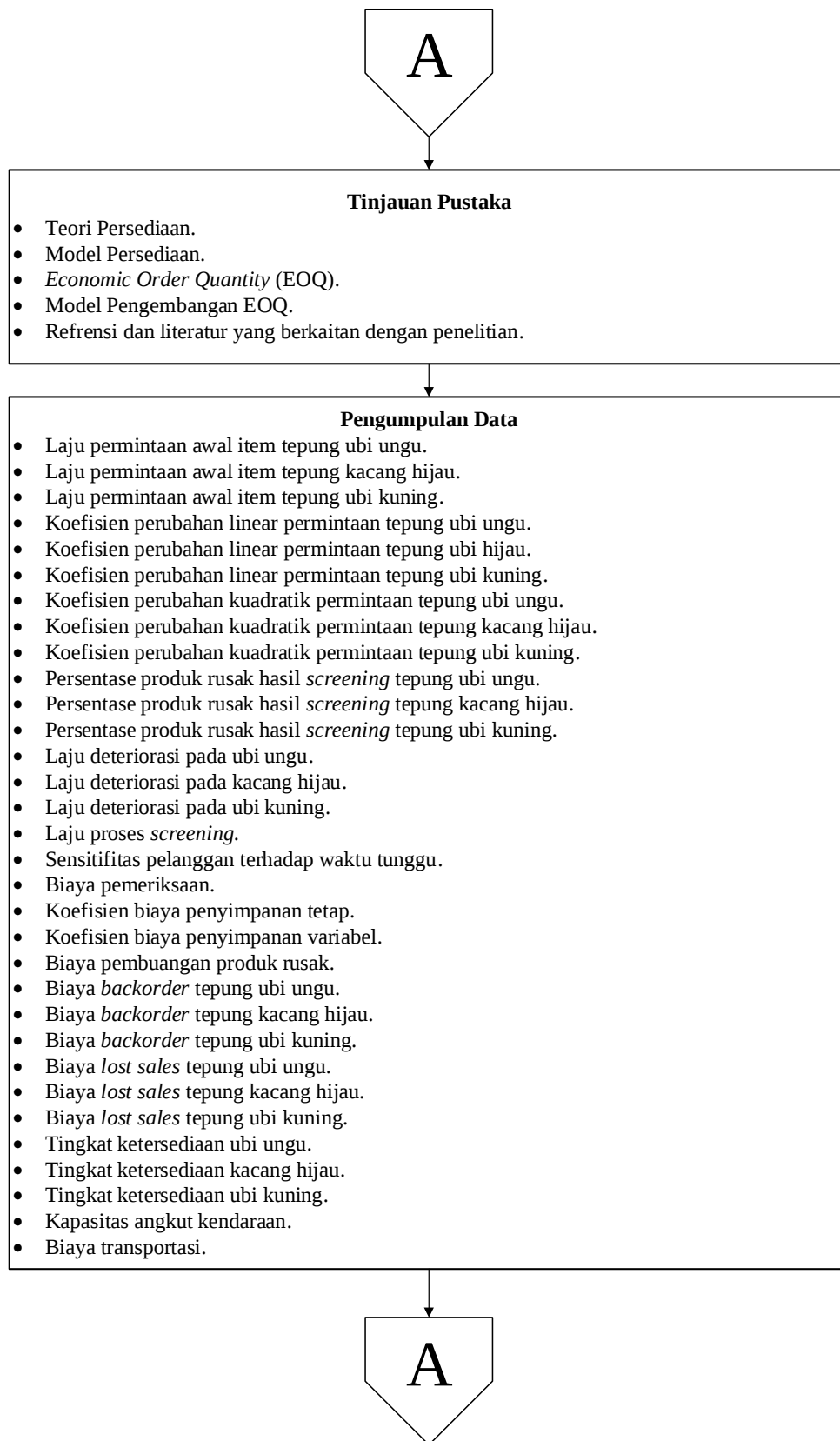
Penelitian ini dilakukan di UMKM Kusuka Ubiku yang merupakan sebuah usaha agroindustri yang memproduksi berbagai jenis tepung. Usaha ini berlokasi di Kepuh Kulon, Wirokerten, Kecamatan Banguntapan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Kusuka Ubiku memproduksi sebanyak 62 varian tepung yang berasal dari bahan seperti biji-bijian, buah, umbi, dan sayuran. Penelitian ini menggunakan beberapa variabel, seperti penentuan jumlah produksi yang optimal, sifat bahan baku yang mudah rusak, ketidakpastian permintaan yang berubah-ubah, dan keterbatasan kapasitas kendaraan untuk mengangkut bahan baku. Penelitian ini dilaksanakan pada periode 28 Oktober hingga 29 November 2025.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian adalah urutan tahapan yang dirancang secara terstruktur untuk melakukan penelitian agar memperoleh hasil sesuai dengan tujuan yang ditetapkan. Kerangka penelitian yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kerangka penelitian



Gambar 3.1 Kerangka penelitian (lanjutan)



Gambar 3.1 Kerangka penelitian (lanjutan)

3.3 Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dari objek penelitian melalui observasi, wawancara, dan pencatatan aktivitas operasional UMKM Kusuka Ubiku. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah:

1. Laju permintaan awal item tepung ubi ungu
Laju permintaan awal item tepung ubi ungu merupakan besarnya laju permintaan item tepung ubi ungu pada awal siklus persediaan, yaitu pada saat $t = 0$.
2. Laju permintaan awal item tepung kacang hijau
Laju permintaan awal item tepung kacang hijau merupakan besarnya laju permintaan item tepung kacang hijau pada awal siklus persediaan, yaitu pada saat $t = 0$.
3. Laju permintaan awal item tepung ubi kuning
Laju permintaan awal item tepung ubi kuning merupakan besarnya laju permintaan item tepung ubi kuning pada awal siklus persediaan, yaitu pada saat $t = 0$.
4. Koefisien perubahan linear permintaan tepung ubi ungu
Koefisien perubahan linear permintaan tepung ubi ungu merupakan kecenderungan perubahan permintaan secara linear terhadap waktu.
5. Koefisien perubahan linear permintaan tepung kacang hijau
Koefisien perubahan linear permintaan tepung ubi hijau merupakan kecenderungan perubahan permintaan secara linear terhadap waktu.
6. Koefisien perubahan linear permintaan tepung ubi kuning
Koefisien perubahan linear permintaan tepung ubi kuning merupakan kecenderungan perubahan permintaan secara linear terhadap waktu.
7. Koefisien perubahan kuadratik permintaan tepung ubi ungu
Koefisien perubahan kuadratik permintaan tepung ubi ungu merupakan percepatan atau perlambatan perubahan permintaan terhadap waktu sehingga membentuk pola nonlinear.
8. Koefisien perubahan kuadratik permintaan tepung kacang hijau
Koefisien perubahan kuadratik permintaan tepung kacang hijau merupakan percepatan atau perlambatan perubahan permintaan terhadap waktu sehingga membentuk pola nonlinear.

9. Koefisien perubahan kuadratik permintaan tepung ubi kuning
Koefisien perubahan kuadratik permintaan tepung ubi kuning merupakan percepatan atau perlambatan perubahan permintaan terhadap waktu sehingga membentuk pola nonlinear.
10. Persentase produk rusak hasil *screening* tepung ubi ungu
Persentase produk rusak hasil *screening* tepung ubi ungu merupakan menyatakan proporsi ubi ungu yang tidak memenuhi standar kualitas setelah dilakukan proses *Screening*.
11. Persentase produk rusak hasil *screening* tepung kacang hijau
Persentase produk rusak hasil *screening* tepung kacang hijau merupakan proporsi kacang hijau yang tidak memenuhi standar kualitas setelah dilakukan proses *Screening*.
12. Persentase produk rusak hasil *screening* tepung ubi kuning
Persentase produk rusak hasil *screening* tepung ubi kuning merupakan proporsi ubi kuning yang tidak memenuhi standar kualitas setelah dilakukan proses *Screening*.
13. Laju proses *Screening*
Laju proses *Screening* merupakan kemampuan sistem dalam melakukan pemeriksaan kualitas bahan baku per satuan waktu.
14. Waktu proses *Screening* (t_1)
Waktu t_1 merupakan waktu proses *Screening* terhadap bahan baku yang diterima pada awal siklus persediaan.
15. Waktu awal terjadinya deteriorasi bahan baku (t_2)
Parameter t_2 merupakan waktu awal terjadinya deteriorasi bahan baku dalam satu siklus persediaan.
16. Waktu terjadinya kondisi stok habis (t_3)
Parameter t_3 merupakan waktu terjadinya kondisi stok habis karena mengalami deteriorasi dalam satu siklus persediaan yang menyebabkan terjadinya *backorder* dan *lost sales* hingga akhir siklus.

17. Biaya pemeriksaan per Kg

Biaya pemeriksaan per Kg merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan yang dihitung dengan mempertimbangkan biaya tenaga kerja saat melakukan proses *Screening*.

18. Koefisien biaya penyimpanan tetap

Biaya penyimpanan tetap merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk biaya fasilitas gudang yang tidak bergantung pada jumlah persediaan, seperti penggunaan lampu, AC, air, kebersihan dan perawatan ringan gudang.

19. Koefisien biaya penyimpanan variabel

Biaya penyimpanan variabel merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan dan cenderung meningkat seiring bertambahnya jumlah persediaan, seperti penataan ulang, penggunaan karung dan papan penyimpanan.

20. Biaya *backorder* tepung ubi ungu per Kg

Biaya *backorder* merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan akibat penundaan pemenuhan permintaan pelanggan, seperti biaya administrasi dan penurunan kepuasan pelanggan.

21. Biaya *backorder* tepung kacang hijau per Kg

Biaya *backorder* merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan akibat penundaan pemenuhan permintaan pelanggan, seperti biaya administrasi dan penurunan kepuasan pelanggan.

22. Biaya *backorder* tepung ubi kuning per Kg

Biaya *backorder* merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan akibat penundaan pemenuhan permintaan pelanggan, seperti biaya administrasi dan penurunan kepuasan pelanggan.

23. Biaya *lost sales* tepung ubi ungu per Kg

Biaya *lost sales* tepung ubi ungu merupakan biaya kerugian akibat hilangnya peluang penjualan ketika pelanggan tidak bersedia menunggu.

24. Biaya *lost sales* tepung kacang hijau per Kg

Biaya *lost sales* tepung kacang hijau merupakan biaya kerugian akibat hilangnya peluang penjualan ketika pelanggan tidak bersedia menunggu.

25. Biaya *lost sales* tepung ubi kuning per Kg

Biaya *lost sales* tepung ubi kuning merupakan biaya kerugian akibat hilangnya peluang penjualan ketika pelanggan tidak bersedia menunggu.

26. Tingkat ketersediaan ubi ungu

Tingkat ketersediaan ubi ungu merupakan proporsi ubi ungu yang benar-benar diterima dibandingkan dengan jumlah yang dipesan akibat ketidakpastian ketersediaan ubi ungu.

27. Tingkat ketersediaan kacang hijau

Tingkat ketersediaan kacang hijau merupakan proporsi kacang hijau yang benar-benar diterima dibandingkan dengan jumlah yang dipesan akibat ketidakpastian ketersediaan kacang hijau.

28. Tingkat ketersediaan ubi kuning

Tingkat ketersediaan ubi kuning merupakan proporsi ubi kuning yang benar-benar diterima dibandingkan dengan jumlah yang dipesan akibat ketidakpastian ketersediaan ubi kuning.

29. Kapasitas angkut kendaraan

Kapasitas angkut kendaraan merupakan batas maksimum jumlah bahan baku yang dapat diangkut dalam satu kali perjalanan.

30. Biaya transportasi per trip

Biaya transportasi mencakup biaya bahan bakar, dan biaya operasional kendaraan untuk rute Yogyakarta-Magelang.

Data sekunder pada penelitian ini diperoleh dari studi literatur dan kebijakan atau laporan pendukung yang relevan dengan penelitian. Data sekunder yang digunakan antara lain adalah:

1. Laju deteriorasi pada ubi ungu
Laju deteriorasi pada ubi ungu merupakan tingkat kerusakan ubi ungu selama periode penyimpanan setelah melewati waktu tertentu.
2. Laju deteriorasi pada kacang hijau
Laju deteriorasi pada kacang hijau merupakan tingkat kerusakan kacang hijau selama periode penyimpanan setelah melewati waktu tertentu.
3. Laju deteriorasi pada ubi kuning
Laju deteriorasi pada ubi kuning merupakan tingkat kerusakan ubi kuning selama periode penyimpanan setelah melewati waktu tertentu.
4. Sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu
Sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu merupakan tingkat ketidaksabaran pelanggan ketika terjadi kekurangan persediaan.
5. Biaya pembuangan produk rusak per Kg
Biaya pembuangan produk rusak merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk membuang produk yang rusak dengan mengacu pada anggaran pengelolaan limbah di wilayah Yogyakarta.

Data dalam penelitian ini diperoleh melalui beberapa metode pengumpulan yang berbeda, yaitu wawancara, observasi langsung, dokumentasi, dan studi literatur. Penggunaan berbagai metode tersebut dilakukan karena adanya keterbatasan ketersediaan data, namun data yang diperoleh telah disesuaikan dengan kondisi aktual pada studi kasus di lapangan. Adapun rincian metode pengumpulan data dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rincian metode pengumpulan data

Data				Jenis Data	Metode Pengumpulan	Sumber Data
Laju permintaan tepung ubi ungu	awal item			Numerik	Dokumentasi	Dokumen Perusahaan
Laju permintaan tepung kacang hijau	awal item			Numerik	Dokumentasi	Dokumen Perusahaan
Laju permintaan tepung ubi kuning	awal item			Numerik	Dokumentasi	Dokumen Perusahaan

Data	Jenis Data	Metode Pengumpulan	Sumber Data
Koefisien perubahan linear permintaan tepung ubi ungu	Numerik	Dokumentasi	Dokumen Perusahaan
Koefisien perubahan linear permintaan tepung kacang hijau	Numerik	Dokumentasi	Dokumen Perusahaan
Koefisien perubahan linear permintaan tepung ubi kuning	Numerik	Dokumentasi	Dokumen Perusahaan
Koefisien perubahan kuadratik permintaan tepung ubi ungu	Numerik	Dokumentasi	Dokumen Perusahaan
Koefisien perubahan kuadratik permintaan tepung kacang hijau	Numerik	Dokumentasi	Dokumen Perusahaan
Koefisien perubahan kuadratik permintaan tepung ubi kuning	Numerik	Dokumentasi	Dokumen Perusahaan
Persentase produk rusak hasil <i>screening</i> tepung ubi ungu	Numerik	Wawancara dan Observasi	Pemilik UMKM
Persentase produk rusak hasil <i>screening</i> tepung kacang hijau	Numerik	Wawancara dan Observasi	Pemilik UMKM
Persentase produk rusak hasil <i>screening</i> tepung ubi kuning	Numerik	Wawancara dan Observasi	Pemilik UMKM
Laju deteriorasi pada ubi ungu	Numerik	Studi Literatur	Zuari & Rahayoe (2013)
Laju deteriorasi pada kacang hijau	Numerik	Studi Literatur	Faisal <i>et al</i> (2019)
Laju deteriorasi pada ubi kuning	Numerik	Studi Literatur	Zuari & Rahayoe (2013)
Laju proses <i>Screening</i>	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu	Kuantitatif Index	Studi Literatur	Patriarca <i>et al</i> (2020)
Waktu proses <i>Screening</i> pada ubi ungu	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Waktu proses <i>Screening</i> pada kacang hijau	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Waktu proses <i>Screening</i> pada ubi kuning	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Waktu awal terjadinya deteriorasi bahan baku	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Waktu terjadinya kondisi stok habis	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Biaya pemeriksaan kualitas per unit	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Koefisien biaya penyimpanan tetap	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM

Data	Jenis Data	Metode Pengumpulan	Sumber Data
Koefisien biaya penyimpanan variabel	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Biaya pembuangan produk rusak per unit	Numerik	Studi Literatur	Website Kalurahan Poncosari
Biaya <i>backorder</i> tepung ubi ungu per Kg	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Biaya <i>backorder</i> tepung kacang hijau per Kg	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Biaya <i>backorder</i> tepung ubi kuning per Kg	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Biaya <i>lost sales</i> tepung ubi ungu per Kg	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Biaya <i>lost sales</i> tepung kacang hijau per Kg	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Biaya <i>lost sales</i> tepung ubi kuning per Kg	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Tingkat ketersediaan ubi ungu	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Tingkat ketersediaan kacang hijau	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Tingkat ketersediaan ubi kuning	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Kapasitas angkut kendaraan	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM
Biaya transportasi per trip	Numerik	Wawancara	Pemilik UMKM

3.4 Pengembangan model

3.4.1 Kerangka pengembangan model

Kerangka pengembangan model yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada Simatupang (1995) dalam Wijaya (2016) adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi permasalahan dan tujuan

Pada tahap ini dilakukan penyusunan pertanyaan penelitian yang dirancang agar tidak bersifat terlalu luas maupun terlalu sempit terhadap sistem yang akan dikaji, yaitu UMKM Kusuka Ubiku dan diselaraskan dengan jurnal yang dijadikan sebagai acuan. Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan perumusan masalah, menetapkan tujuan pemodelan, dan mengidentifikasi karakteristik sistem yang dianalisis.

2. Model konseptual

Model konseptual merupakan suatu model representasi yang menggambarkan hubungan antarvariabel yang memengaruhi perilaku suatu sistem. Dalam penelitian ini, model konseptual disusun dengan mengacu pada jurnal yang dijadikan sebagai rujukan dan divisualisasikan dalam bentuk bagan yang menunjukkan pola posisi persediaan sesuai dengan karakteristik sistem yang dianalisis.

3. Formulasi model

Formulasi model merupakan tahap perumusan perilaku sistem ke dalam bentuk variabel dan notasi matematis. Pada tahap ini, peneliti menyusun formulasi model persediaan *multi item* dengan bahan baku mudah rusak, permintaan probabilistik, ketidakpastian ketersediaan bahan baku dan keterbatasan kapasitas angkut.

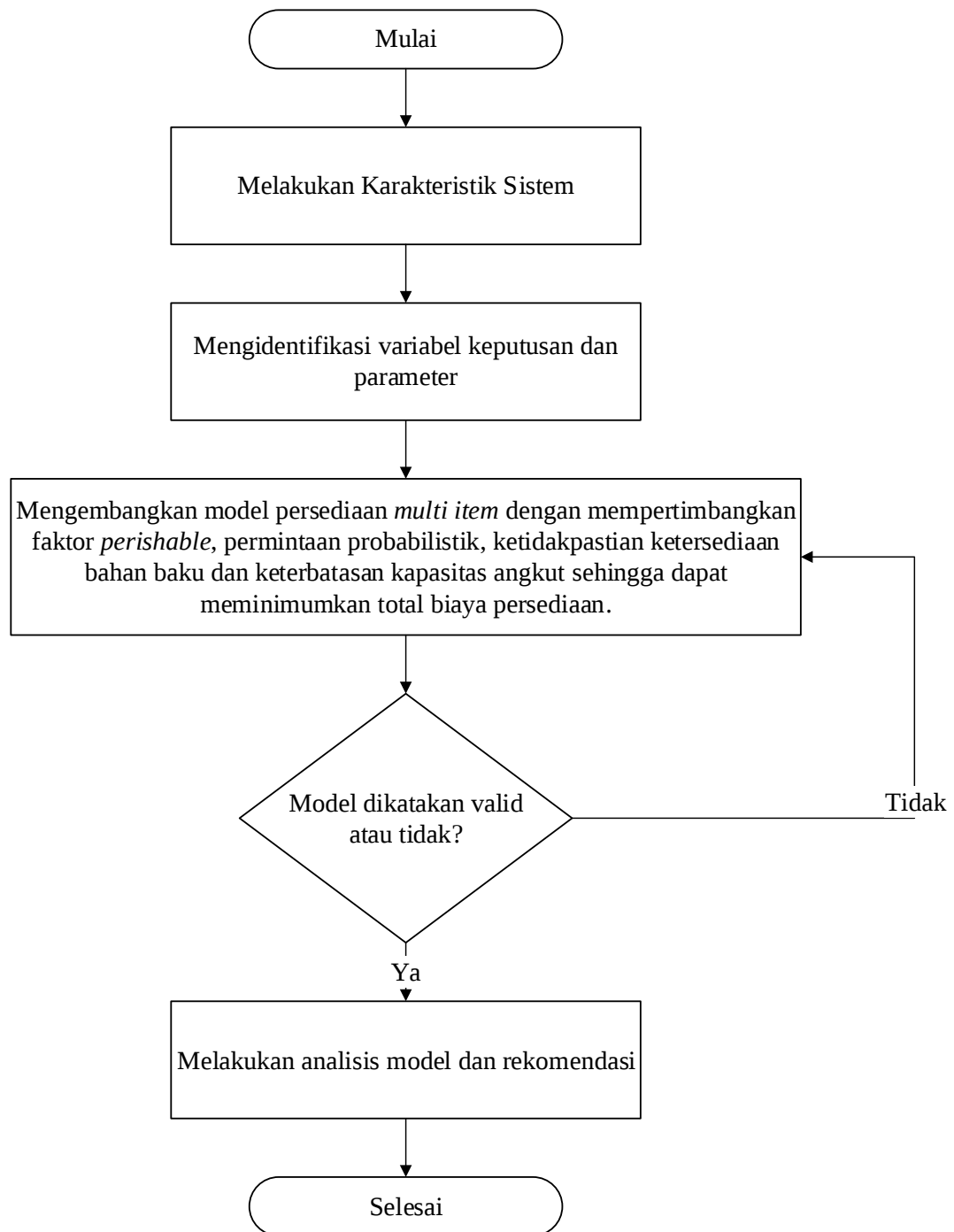
4. Validasi model

Tahapan ini dilakukan untuk memastikan bahwa model yang dikembangkan telah merepresentasikan kondisi nyata perusahaan secara memadai sehingga hasil yang diperoleh bersifat realistis. Validasi model dilakukan dengan memasukkan data aktual yang diperoleh dari perusahaan ke dalam formulasi model yang telah disusun.

5. Analisis model dan rekomendasi

Analisis model dilakukan untuk menilai kesesuaian model yang dikembangkan dengan sistem nyata berdasarkan hasil validasi. Hasil analisis digunakan sebagai dasar pemberian rekomendasi pengembangan model selanjutnya.

Flowchart kerangka pengembangan model dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Flowchart* kerangka pengembangan model

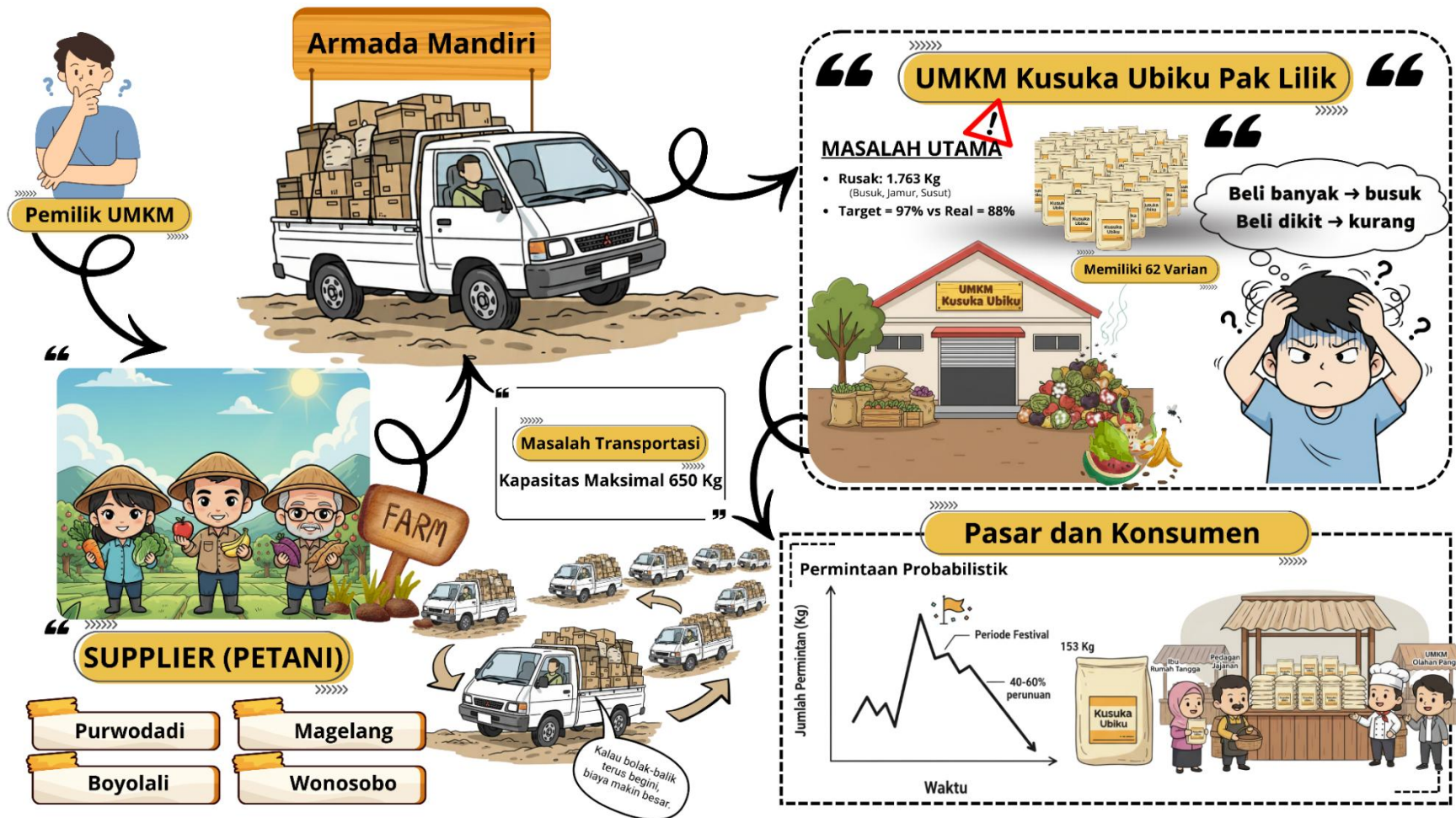
3.4.2 Karakteristik sistem yang dikaji

UMKM Kusuka Ubiku merupakan usaha pengolahan pangan yang memproduksi berbagai jenis tepung berbahan baku umbi, sayuran, dan buah dengan tingkat variasi produk yang tinggi. Permasalahan utama yang dihadapi perusahaan yaitu tingginya tingkat kerusakan bahan baku sebelum proses produksi. Hasil observasi menunjukkan bahwa persentase bahan baku layak olah hanya mencapai 88,25%, masih berada di bawah target perusahaan sebesar 97%. Kondisi tersebut menunjukkan kerugian akibat deteriorasi bahan baku masih relatif tinggi dan berdampak pada menurunnya efisiensi operasional perusahaan.

Permintaan produk tepung pada UMKM Kusuka Ubiku bersifat probabilistik dan berfluktuasi akibat pengaruh musim, tren pasar, serta momen tertentu seperti hari besar dan festival kuliner. Ketidakpastian permintaan tersebut menyulitkan perusahaan dalam menentukan jumlah produksi dan pemesanan bahan baku secara tepat. Kesalahan dalam perencanaan dapat menyebabkan kelebihan persediaan yang meningkatkan risiko kerusakan bahan baku maupun kekurangan persediaan yang berpotensi menimbulkan *stockout* dan kehilangan peluang penjualan.

Permasalahan pengendalian persediaan semakin kompleks dengan adanya keterbatasan kapasitas angkut dalam proses pengadaan bahan baku. Kendaraan yang digunakan memiliki kapasitas maksimum sebesar 650 kg per perjalanan, sehingga pada kondisi tertentu perusahaan harus melakukan pengangkutan secara berulang. Situasi ini berdampak langsung pada peningkatan biaya transportasi dan menurunkan efisiensi sistem pengadaan bahan baku.

Berdasarkan kondisi tersebut, UMKM Kusuka Ubiku menghadapi *trade-off* antara risiko *overstock* dan *understock* dalam pengendalian persediaan bahan baku. Oleh karena itu, diperlukan suatu model pengendalian persediaan bahan baku *multi item* yang mampu mengakomodasi karakteristik bahan baku mudah rusak, permintaan probabilistik, ketidakpastian ketersediaan bahan baku, dan keterbatasan kapasitas angkut. Model ini diharapkan dapat membantu perusahaan dalam menentukan jumlah pemesanan bahan baku yang optimal, menurunkan tingkat kerusakan, meminimalkan risiko *stockout*, dan mengoptimalkan total biaya persediaan.



Gambar 3.3 Sistem deskripsi

3.4.3 Notasi yang digunakan

Berikut notasi yang digunakan pada penelitian ini:

- i : Indeks item, $i = 1, 2, \dots, n$
- a_i : Laju permintaan item ke- i pada $t = 0$ ($a > 0$), Kg/hari;
- b_i : Koefisien laju linear permintaan item ke- i ($b \neq 0$), Kg/hari²;
- c_i : Koefisien laju kuadratik permintaan item ke- i ($c \neq 0$), Kg/hari³;
- $D_i(t)$: Laju permintaan item ke- i pada waktu t , Kg/hari;
- $D_{bi}(t)$: Laju permintaan item ke- i saat persediaan habis (*null inventory*), Kg/hari;
- g : Koefisien konstan dari biaya penyimpanan, Rp/Kg/hari;
- h : Koefisien variabel dari biaya penyimpanan, Rp/Kg/hari;
- δ_i : Variabel acak yang menyatakan tingkat ketersediaan bahan baku untuk item ke- i , dimana $0 < \delta_i \leq 1$;
- t_1 : Waktu mulai proses *Screening* ;
- t_2 : Waktu mulai proses deteriorasi;
- t_3 : Waktu mulai terjadinya *stock-out*;
- T : Panjang siklus persediaan (*inventory cycle length*);
- α_i : Persentase produk rusak item ke- i terhadap kuantitas pembelian;
- θ_i : Laju deteriorasi item ke- i , 1/hari;
- λ_i : Laju *Screening* item ke- i , Kg/hari;
- I_0 : Tingkat persediaan maksimum pada awal siklus, Kg;
- $I_{i1}(t)$: Tingkat persediaan item ke- i pada interval waktu $[0, t_1]$, Kg;
- $I_{i2}(t)$: Tingkat persediaan item ke- i pada interval $[t_1, t_2]$, Kg;
- $I_{i3}(t)$: Tingkat persediaan item ke- i pada interval $[t_2, t_3]$, Kg;
- $I_{i4}(t)$: Tingkat persediaan item ke- i pada interval $[t_3, T]$, Kg;
- I_{t2} : Tingkat persediaan pada waktu $t = t_2$;
- $I_{ild}(t_1)$: Tingkat persediaan item ke- i pada waktu t_1 , termasuk produk rusak;

$I_{ils}(t_1)$	: Tingkat persediaan item ke- i pada waktu t_1 , tanpa produk rusak;
Q_i	: Kuantitas pembelian item ke- i per siklus, Kg;
Qa_i	: Kuantitas pembelian bahan baku aktual item ke- i yang diterima dalam satu siklus persediaan, Kg;
Q_{bi}	: Jumlah maksimum <i>Backorder</i> item ke- i , Kg;
Q_{di}	: Jumlah produk item ke- i yang rusak akibat deteriorasi, Kg;
ϕ_i	: Parameter Sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu item ke- i , 1/hari;
$B_{ri}(t)$	: Tingkat <i>Backorder</i> item ke- i pada waktu t ;
s	: Biaya pemeriksaan (<i>Screening</i>) per Kg, Rp/Kg;
$H_i(t)$	: Biaya penyimpanan (<i>holding cost</i>) item ke- i per Kg per hari, Rp/Kg/hari;
d	: Biaya pembuangan produk rusak per Kg, Rp/Kg;
b_{ci}	: Biaya <i>backorder</i> per Kg item ke- i , Rp/Kg;
l_{si}	: Biaya <i>lost sales</i> per Kg item ke- i , Rp/Kg;
ScC_i	: Biaya pemeriksaan item ke- i per siklus, Rp/siklus;
HC_i	: Biaya penyimpanan item ke- i per siklus, Rp/siklus;
DC_i	: Biaya pembuangan item ke- i per siklus, Rp/siklus;
ShC_i	: Biaya kekurangan akibat <i>backorder</i> item ke- i per siklus, Rp/siklus;
LsC_i	: Biaya kekurangan akibat <i>lost sales</i> item ke- i per siklus, Rp/siklus;
$TraC$	: Biaya transportasi item ke- i per siklus, Rp/periode;
TC	: Total biaya keseluruhan item ke- i per siklus, Rp/periode;
C_t	: Biaya transportasi/trip, Rp/trip;
N	: Jumlah trip per periode;
Cps	: Kapasitas angkut kendaraan, Kg/trip;
I_{trip}	: Perjalanan pergi pulang.

3.4.4 Formulasi model

Model dasar yang menjadi pedoman dalam pengembangan model persediaan ini yaitu model Patriarca *et al* (2020) dan mode Yan & Wang (2013). Model yang dikembangkan oleh Patriarca *et al* (2020) yaitu sistem persediaan untuk satu jenis produk (*single item*) dengan mempertimbangkan karakteristik permintaan yang bersifat probabilistik dan kondisi produk yang mudah mengalami kerusakan. Sedangkan model yang dikembangkan oleh Yan & Wang (2013) yaitu model sistem persediaan untuk bahan baku dengan *supply uncertainty* yang menyoroti ketidakpastian pasokan dalam proses pengendalian persediaan. Dari kedua model tersebut, dikembangkan sebuah model persediaan pada penelitian ini yang lebih kompleks. Pemodelan utama menganut model Patriarca *et al* (2020) yang akan dikembangkan menjadi kasus *multi item* dengan tetap memasukkan unsur permintaan probabilistik dan tingkat deteriorasi produk, serta menambahkan batasan kapasitas kendaraan sebagai faktor baru yang relevan dalam proses pengadaan. Selain itu juga akan ditambahkan variabel ketidakpastian ketersediaan bahan baku yang menganut model (Yan & Wang, 2013).

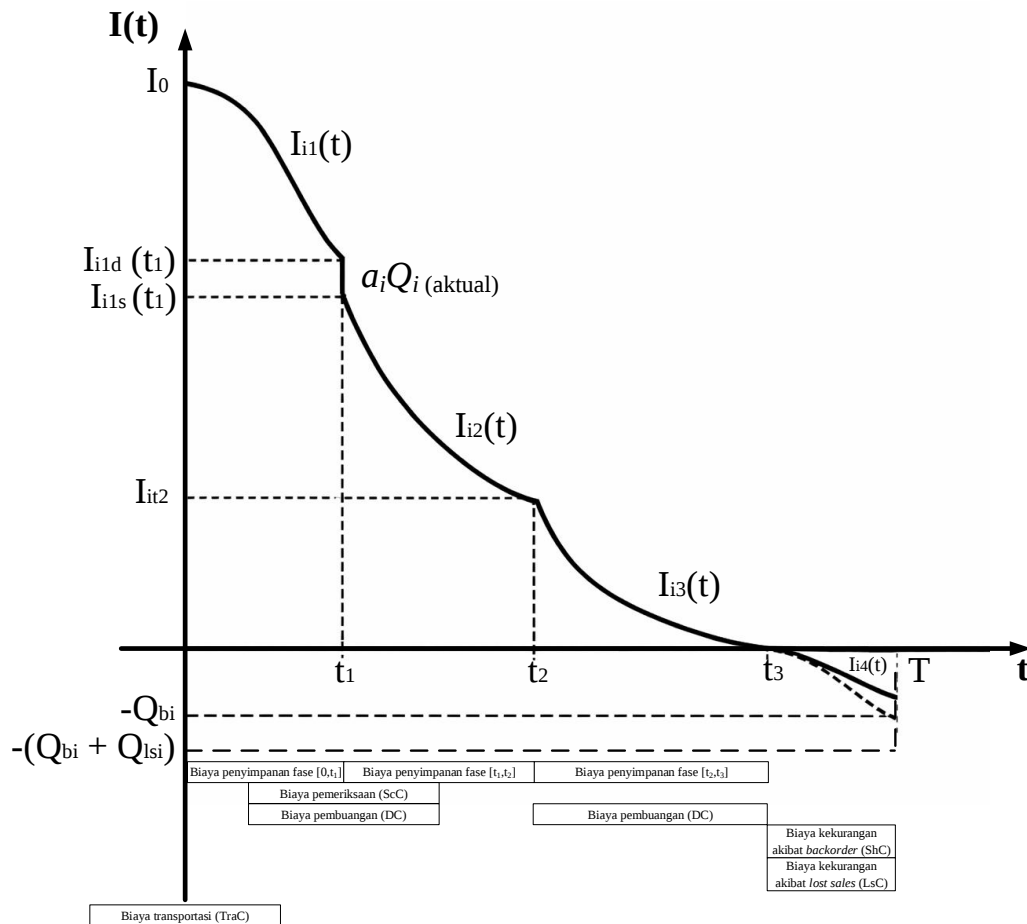
Model usulan ini diharapkan dapat menentukan jumlah pengadaan bahan baku per siklus, tingkat persediaan maksimum yang diizinkan dalam sistem, dan total biaya persediaan yang minimal. Fungsi tujuan dari model ini adalah meminimasi total biaya persediaan dalam satu periode perencanaan. Total biaya persediaan yang dipertimbangkan, terdiri dari biaya pemeriksaan (*Screening* kualitas), biaya penyimpanan, biaya kerugian akibat produk rusak, biaya *Backorder*, biaya *lost sales*, dan biaya transportasi.

Pada model ini, satu siklus persediaan dibagi beberapa fase waktu yaitu:

- 1) Fase $[0, t_1]$ merupakan fase dilakukannya *Screening* kualitas. Pada fase ini persediaan menurun akibat pemenuhan permintaan dan adanya produk yang rusak akibat *Screening* belum dikeluarkan. Produk yang rusak terjadi pada saat t_1 .
- 2) Fase $[t_1, t_2]$ merupakan fase yang memiliki produk baik untuk diproduksi dan belum terjadinya deteriorasi.

- 3) Fase $[t_2, t_3]$ merupakan fase dimana produk mulai mengalami deteriorasi dan stok turun lebih cepat untuk meminimasi bahan baku yang disediakan tidak mengalami pembusukan untuk segera di proses.
- 4) Fase $[t_3, T]$ merupakan fase yang dimana terjadinya stok habis, terjadinya *Backorder parsial*, dan *lost sales*.

Berikut merupakan gambaran konseptual tingkat persediaan dalam satu periode siklus T yang digunakan untuk merepresentasikan dinamika perubahan level persediaan terhadap waktu dan sebagai dasar konseptual dalam menjelaskan kondisi operasional yang terjadi sebelum dilakukan perumusan model matematis secara formal. Gambaran konseptual tingkat persediaan dalam satu periode siklus T dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Gambaran konseptual tingkat persediaan dalam satu periode siklus T

Tingkat persediaan item ke- i memiliki besaran yang sama apabila permintaan item ke- i mengalami kekurangan, sehingga dapat dituliskan pada Persamaan (3.1).

$$\frac{\partial I_{II}(t)}{\partial t} = -D_i(t), 0 \leq t \leq t_I \dots\dots\dots (3.1)$$

Fungsi permintaan item ke- i terhadap waktu, $D_i(t)$ merupakan fungsi dari permintaan produk ke- i . Berdasarkan dari pengujian terhadap permintaan produk ke- i , menghasilkan fungsi permintaan berbentuk kuadratik (Lampiran C) yang diformulasikan sebagai $D_i(t) = a_i + b_it + c_it^2$ sehingga jika diMensubtitusikan kedalam Persamaan (3.1) menjadi Persamaan (3.2).

$$\frac{\partial I_{II}(t)}{\partial t} = - (a_i + b_it + c_it^2) \dots\dots\dots (3.2)$$

Persamaan (3.2) menyatakan laju perubahan tingkat persediaan terhadap waktu. Untuk memperoleh fungsi tingkat persediaan sebagai fungsi waktu, Persamaan diferensial tersebut harus mengintegalkkan terhadap waktu dengan menerapkan kondisi awal pada awal siklus persediaan, sehingga dapat dirumuskan pada Persamaan (3.3).

$$\int \frac{\partial I_{II}(t)}{\partial t} \partial t = - \int (a_i + b_it + c_it^2) \dots\dots\dots (3.3)$$

Berdasarkan hasil pada Persamaan (3.3) sehingga didapatkan hasil pada ruas kiri yaitu $\int \frac{\partial I_{II}(t)}{\partial t} \partial t = I_{II}(t)$, sedangkan pada ruas kanan didapatkan hasil yaitu $-\int (a_i + b_it + c_it^2) \partial t = -(a_it + \frac{b_i}{2} t^2 + \frac{c_i}{3} t^3) + C$, sehingga didapatkan Persamaan baru yang dituliskan pada Persamaan (3.4).

$$I_{II}(t) = - (a_it + \frac{b_i}{2} t^2 + \frac{c_i}{3} t^3) + C \dots\dots\dots (3.4)$$

Pada awal siklus persediaan, yaitu pada waktu $t = 0$, tingkat persediaan berada pada kondisi maksimum yang dinyatakan sebagai $I(t = 0) = I_0$, sehingga didapatkan Persamaan yang baru, yaitu:

$$I_{II}(0) = - (a_i(0) + \frac{b_i}{2} (0)^2 + \frac{c_i}{3} (0)^3) + C \dots\dots\dots (3.5)$$

$$I_0 = - (0 + 0 + 0) + C \dots\dots\dots (3.6)$$

$$I_0 = C \dots\dots\dots (3.7)$$

Mensubtitusikan Persamaan (3.7) kedalam Persamaan (3.4) sehingga didapatkan

$$I_{i1}(t) = - (a_i t + \frac{b_i}{2} t^2 + \frac{c_i}{3} t^3) + I_0 \dots\dots\dots (3.8)$$

$$I_{i1}(t) = I_0 - (a_i t + \frac{b_i}{2} t^2 + \frac{c_i}{3} t^3) \dots\dots\dots (3.9)$$

Pada tingkat persediaan untuk stok tepat sebelum di *Screening* pada $t = t_1$, sehingga didapatkan Persamaan persediaan pada interval waktu $[0, t_1]$ dapat dilihat pada Persamaan (3.10).

$$I_{i1d}(t) = I_{i1}(t) \dots\dots\dots (3.10)$$

$$I_{i1d}(t) = I_0 - (a_i t + \frac{b_i}{2} t^2 + \frac{c_i}{3} t^3) \dots\dots\dots (3.11)$$

$$I_{i1d}(t_1) = I_0 - (a_i t_1 + \frac{b_i}{2} t_1^2 + \frac{c_i}{3} t_1^3) \dots\dots\dots (3.12)$$

Tingkat persediaan pada waktu t_1 , tanpa produk rusak didapatkan dari banyaknya persediaan untuk stok tepat sebelum di *Screening* pada waktu t_1 dikurangi dengan banyaknya produk rusak. Jika presentase produk rusak terhadap kuantitas pembelian sebesar α_i , maka tingkat persediaan tanpa produk rusak pada waktu t_1 didapatkan

$$I_{i1s}(t_1) = I_{i1d}(t_1) - \alpha_i Q a_i \dots\dots\dots (3.13)$$

Tingkat persediaan pada interval $[t_1, t_2]$ dimana tanpa produk rusak pada periode ke t , sehingga didapatkan

$$I_{i2}(t) = I_{i1}(t) - \alpha_i Q a_i \dots\dots\dots (3.14)$$

$$I_{i2}(t) = I_0 - (a_i t + \frac{b_i}{2} t^2 + \frac{c_i}{3} t^3) - \alpha_i Q a_i \dots\dots\dots (3.15)$$

Pada interval $[t_2, t_3]$ perubahan persediaan dipengaruhi oleh penurunan permintaan ($-D_i(t)$) dan penurunan deteriorasi ($-\theta I_{i3}(t)$), sehingga didapatkan Persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\partial I_{i3}(t)}{\partial t} = - D_i(t) - \theta I_{i3}(t) \dots\dots\dots (3.16)$$

$$\frac{\partial I_{i3}(t)}{\partial t} + \theta I_{i3}(t) = - D_i(t) \dots\dots\dots (3.17)$$

Besaran laju permintaan $D_i(t)$ merupakan fungsi permintaan yang bernilai $(a_i + b_i t + c_i t^2)$, sehingga didapatkan

$$\frac{\partial I_{i3}(t)}{\partial t} + \theta I_{i3}(t) = - (a_i + b_i t + c_i t^2) \dots\dots\dots (3.18)$$

Persamaan umum pada teori ODE yaitu $\frac{\partial I}{\partial t} + P(t) = Q(t)$, dimana nilai $P(t)$ yaitu θ (konstanta), dan $Q(t)$ yaitu $-(a_i + b_i t + c_i t^2)$, sehingga didapatkan

$$\frac{\partial I_3}{\partial t} + \theta_i I_3 = - (a_i + b_i t + c_i t^2) \dots\dots\dots (3.19)$$

Untuk menyederhanakan Persamaan (3.19) kalikan masing-masing ruas dengan *integrating faktor* yang bernilai $\mu(t) = e^{\theta_i t}$, sehingga didapatkan

$$\frac{\partial I_3}{\partial t} (e^{\theta_i t}) + \theta_i I_3 (e^{\theta_i t}) = - (a_i + b_i t + c_i t^2) (e^{\theta_i t}) \dots\dots\dots (3.20)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (I_3(t) e^{\theta_i t}) = - (a_i + b_i t + c_i t^2) (e^{\theta_i t}) \dots\dots\dots (3.21)$$

Mengintegralkan Persamaan (3.21) Dari t sampai t_3 , sehingga didapatkan Persamaan yang baru, yaitu

$$I_3(t_3) e^{\theta_i t_3} - I_3(t) e^{\theta_i t} = - \int_t^{t_3} (a_i + b_i u + c_i u^2) e^{\theta_i u} du \dots\dots\dots (3.22)$$

Pada akhir fase deteriorasi nilai dari $I_3(t_3) = 0$, maka nilai integral dari $\int_t^{t_3} (a_i + b_i u + c_i u^2) e^{\theta_i u} du$, yaitu:

$$\int (a_i + b_i u + c_i u^2) e^{\theta_i u} du = e^{\theta_i u} \left[\frac{a_i + b_i u + c_i u^2}{\theta_i} - \frac{b_i u + 2c_i u}{\theta_i^2} + \frac{2c_i}{\theta_i^3} \right] \dots\dots\dots (3.23)$$

Mensubstitusikan $u = t_3$, dan $u = t$ pada Persamaan (3.23), sehingga didapatkan

$$I_3(t) e^{\theta_i t} = \frac{e^{\theta_i t_3}}{\theta} [(a_i + b_i t_3 + c_i t_3^2) - (\frac{b_i t_3 + 2c_i t_3}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] - \frac{e^{\theta_i t}}{\theta_i} [(a_i + b_i t + c_i t^2) - (\frac{b_i t + 2c_i t}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] \dots\dots\dots (3.24)$$

Pada Persamaan (3.24) masing-masing ruas memiliki variabel $e^{\theta_i t_3}$, sehingga dapat menyederhanakan dengan membagi masing-masing ruas, sehingga didapatkan Persamaan (3.25).

$$I_3(t) = \frac{1}{\theta_i} [(a_i + b_i t_3 + c_i t_3^2) - (\frac{b_i t_3 + 2c_i t_3}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] e^{\theta_i(t_3 - t)} - [(a_i + b_i t + c_i t^2) - (\frac{b_i t + 2c_i t}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] \dots\dots\dots (3.25)$$

Jumlah stok yang tersedia pada waktu t_2 terletak pada 2 kondisi yaitu fase tanpa deteriorasi $[t_1, t_2]$ dan fase dengan deteriorasi $[t_2, t_3]$, sehingga jumlah stok tepat sebelum deteriorasi dimulai harus sama dengan jumlah stok tepat setelah model deteriorasi mulai berlaku sehingga didapatkan

$$I_2(t_2) = I_3(t_2) \dots\dots\dots (3.26)$$

Pada ruas kiri nilai dari tingkat persediaan pada interval $[t_1, t_2]$ memiliki nilai besaran sesuai dengan Persamaan (3.26), dievaluasi dengan nilai $t = t_2$, sehingga didapatkan

$$I_{i2}(t_2) = I_0 - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) - \alpha_i Q_{ai} \dots \dots \dots (3.27)$$

Pada ruas kanan Persamaan (3.27) tingkat persediaan pada interval $[t_2, t_3]$ memiliki besaran sesuai dengan Persamaan (3.25), di evaluasi dengan nilai $t = t_2$, sehingga didapatkan

$$I_{i3}(t_2) = \frac{1}{\theta_i} [(a_i + b_i t_3 + c_i t_3^2) - (\frac{b_i t_3 + 2c_i t_3}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] e^{\theta_i(t_3 - t_2)} - [(a_i + b_i t_2 + c_i t_2^2) - (\frac{b_i t_2 + 2c_i t_2}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] \dots \dots \dots (3.28)$$

Melakukan substitusi Persamaan (3.27) dan Persamaan (3.28) ke dalam Persamaan (3.26), sehingga didapatkan

$$I_0 - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) - \alpha_i Q_i = \frac{1}{\theta_i} [(a_i + b_i t_3 + c_i t_3^2) - (\frac{b_i t_3 + 2c_i t_3}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] e^{\theta_i(t_3 - t_2)} - [(a_i + b_i t_2 + c_i t_2^2) - (\frac{b_i t_2 + 2c_i t_2}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] \dots \dots \dots (3.29)$$

Banyaknya kuantitas yang dipesan dalam satu siklus persediaan harus mencakup persediaan awal maksimum dan permintaan yang tidak terpenuhi dan dicatat sebagai *backorder*, sehingga diperoleh

$$Q_i = I_0 + Q_{bi} \dots \dots \dots (3.30)$$

Ketidakpastian ketersediaan bahan baku pada penelitian ini dimodelkan sebagai proporsi bahan baku yang benar-benar tersedia dari jumlah yang direncanakan untuk dipesan. Parameter ini merepresentasikan kondisi ketidakpastian yang dipengaruhi oleh faktor cuaca, musim panen, dan keterbatasan suplai dari petani, sehingga didapatkan

$$0 < \delta_i \leq 1 \dots \dots \dots (3.31)$$

Akibat adanya ketidakpastian ketersediaan jumlah bahan baku yang diterima oleh perusahaan tidak selalu sama dengan jumlah pemesanan yang direncanakan. Oleh karena itu, kuantitas bahan baku aktual yang tersedia dalam satu siklus persediaan dinyatakan sebagai fungsi dari tingkat ketersediaan bahan baku, sehingga didapatkan

$$Q_{ai} = \delta_i Q_i \dots \dots \dots (3.32)$$

$$Q_{ai} = \delta_i (I_0 + Q_{bi}) \dots \dots \dots (3.33)$$

$$Q_{ai} = \delta_i I_0 + \delta_i Q_{bi} \dots \dots \dots (3.34)$$

Mensubstitusikan nilai Q_{ai} pada Persamaan (3.34) ke Persamaan (3.29) pada variabel Q_i , sehingga diperoleh Persamaan (3.35).

$$I_0 - (ait_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) - \alpha_i(\delta_i I_0 + \delta_i Q_{bi}) = \frac{1}{\theta_i} [(a_i + b_it_3 + c_it_3^2) - (\frac{b_it_3 + 2c_it_3}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] e^{\theta_i(t_3 - t_2)} - [(a_i + b_it_2 + c_it_2^2) - (\frac{b_it_2 + 2c_it_2}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] \dots\dots\dots (3.35)$$

Memindahkan semua variabel ke dalam satu sisi, sehingga diperoleh

$$I_0 = \frac{1}{\theta_i} [(a_i + b_it_3 + c_it_3^2) - (\frac{b_it_3 + 2c_it_3}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] e^{\theta_i(t_3 - t_2)} - [(a_i + b_it_2 + c_it_2^2) - (\frac{b_it_2 + 2c_it_2}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] + (ait_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) - \alpha_i(\delta_i I_0 + \delta_i Q_{bi}) \dots\dots\dots (3.36)$$

Mengumpulkan variabel yang mengandung I_0 pada sisi sebelah kiri, sehingga diperoleh

$$I_0 - \alpha_i \delta_i I_0 = \frac{1}{\theta_i} [(a_i + b_it_3 + c_it_3^2) - (\frac{b_it_3 + 2c_it_3}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] e^{\theta_i(t_3 - t_2)} - [(a_i + b_it_2 + c_it_2^2) - (\frac{b_it_2 + 2c_it_2}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] + (ait_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) + \alpha_i \delta_i Q_{bi} \dots\dots\dots (3.37)$$

$$I_0 (1 - \alpha_i \delta_i) = \frac{1}{\theta_i} [(a_i + b_it_3 + c_it_3^2) - (\frac{b_it_3 + 2c_it_3}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] e^{\theta_i(t_3 - t_2)} - [(a_i + b_it_2 + c_it_2^2) - (\frac{b_it_2 + 2c_it_2}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] + (ait_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) + \alpha_i \delta_i Q_{bi} \dots\dots\dots (3.38)$$

Membagi kedua ruas dengan $1 - \alpha_i \delta_i$, sehingga diperoleh

$$I_0 = \frac{\frac{1}{\theta_i} [(a_i + b_it_3 + c_it_3^2) - (\frac{b_it_3 + 2c_it_3}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] e^{\theta_i(t_3 - t_2)} - [(a_i + b_it_2 + c_it_2^2) - (\frac{b_it_2 + 2c_it_2}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] + (ait_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) + \alpha_i \delta_i Q_{bi}}{1 - \alpha_i \delta_i} \dots\dots\dots (3.39)$$

Stok telah habis pada waktu $t \geq t_3$, sehingga nilai *inventory* bernilai negatif (*backorder*). Perubahan *inventory* hanya disebabkan oleh permintaan yang mau menunggu. Laju penambahan *backorder* dipengaruhi oleh permintaan dan tingkat *backorder*, sehingga dapat dituliskan

$$\frac{\partial I_{i4}(t)}{\partial t} = -D_{bi} B_{ri}(t) \dots\dots\dots (3.40)$$

Tingkat *backorder* bernilai diantara 0 dan 1. Nilai 0 menandakan bahwa hampir tidak ada pelanggan yang mau menunggu waktu tunggu yang panjang, dan nilai 1 menandakan bahwa hampir semua pelanggan mau menunggu karena *replenishment* segera datang. Fungsi *backorder* dapat dituliskan

$$B_{ri}(t) = \frac{1}{1 + \phi_i (T - t)} \dots\dots\dots (3.41)$$

Mensubstitusikan Persamaan (3.41) kedalam Persamaan (3.40), sehingga di peroleh Persamaan (3.42).

$$\frac{\partial I_{i4}(t)}{\partial t} = -D_{bi} \frac{1}{1 + \varphi_i(T-t)} \dots\dots\dots (3.42)$$

$$\frac{\partial I_{i4}(t)}{\partial t} = - \frac{D_{bi}}{1 + \varphi_i(T-t)} \dots\dots\dots (3.43)$$

Tingkat persediaan pada interval $[t_3, T]$ persediaan sudah habis, maka integralkan Persamaan (3.43) dengan t_3 sampai ke t , sehingga diperoleh

$$\int_0^{I_i(t)} dI_{i4} = - \int_{t_3}^t \frac{D_{bi}}{1 + \varphi_i(T-t)} dT \dots\dots\dots (3.44)$$

Misalkan bahwa $u = 1 + \varphi_i(T-t)$ apabila nilai u di turunkan terhadap T maka didapatkan

$$du = - \varphi_i dT \dots\dots\dots (3.45)$$

Sehingga,

$$dT = - \frac{du}{\varphi_i} \dots\dots\dots (3.46)$$

Karena $u = 1 + \varphi_i(T-t)$ dan dT adalah suatu fungsi yang bernilai $-\frac{du}{\varphi_i}$ sehingga nilai ruas kanan pada Persamaan (3.44), dapat dimanipulasikan menjadi

$$\int_{t_3}^t \frac{D_{bi}}{u} \left(-\frac{du}{\varphi_i}\right) \dots\dots\dots (3.47)$$

$$\frac{D_{bi}}{\varphi_i} \int_{t_3}^t \frac{1}{u} du \dots\dots\dots (3.48)$$

$$\frac{D_{bi}}{\varphi_i} [\ln(u)]_{t_3}^t \dots\dots\dots (3.49)$$

$$\frac{D_{bi}}{\varphi_i} [\ln(1 + \varphi_i(T-t))]_{t_3}^t \dots\dots\dots (3.50)$$

$$\frac{D_{bi}}{\varphi_i} [\ln(1 + \varphi_i(T-t)) - \ln(1 + \varphi_i(T-t_3))] \dots\dots\dots (3.51)$$

Maka untuk nilai $I_{i4}(t)$ menjadi

$$I_{i4}(t) = \frac{D_{bi}}{\varphi_i} [\ln(1 + \varphi_i(T-t)) - \ln(1 + \varphi_i(T-t_3))] \dots\dots\dots (3.52)$$

Memasukkan nilai $t = T$, sehingga didapatkan

$$I_{i4}(T) = \frac{D_{bi}}{\varphi_i} [\ln(1 + \varphi_i(T-T)) - \ln(1 + \varphi_i(T-t_3))] \dots\dots\dots (3.53)$$

$$I_{i4}(T) = \frac{D_{bi}}{\varphi_i} [\ln(1 + \varphi_i(0)) - \ln(1 + \varphi_i(T-t_3))] \dots\dots\dots (3.54)$$

$$I_{i4}(T) = \frac{D_{bi}}{\varphi_i} \ln(1) - \ln(1 + \varphi_i(T - t_3))] \dots\dots\dots (3.55)$$

$$I_{i4}(T) = \frac{D_{bi}}{\varphi_i} [0 - \ln(1 + \varphi_i(T - t_3))] \dots\dots\dots (3.56)$$

$$I_{i4}(T) = -\frac{D_{bi}}{\varphi_i} \ln(1 + \varphi_i(T - t_3))] \dots\dots\dots (3.57)$$

Jumlah *Backorder* maksimum sama dengan nilai pada persediaan negatif pada akhir siklus persediaan, sehingga didapatkan

$$Q_{bi} = -I_{i4}(T) \dots\dots\dots (3.58)$$

Mensubstitusikan nilai $I_{i4}(T)$ Persamaan (3.57) pada Persamaan (3.58), sehingga didapatkan

$$Q_{bi} = -(-\frac{D_{bi}}{\varphi_i} \ln(1 + \varphi_i(T - t_3))) \dots\dots\dots (3.59)$$

$$Q_{bi} = \frac{D_{bi}}{\varphi_i} \ln(1 + \varphi_i(T - t_3))] \dots\dots\dots (3.60)$$

Mensubstitusikan nilai persediaan maksimum (I_0) dan nilai jumlah maksimum *Backorder* (Q_{bi}) ke dalam Persamaan (3.33), sehingga didapatkan nilai kuantitas pembelian pada Persamaan (3.61).

$$Qa_i = \delta_i \left[\frac{\frac{1}{\theta_i} [(a_i + b_{it_3} + c_{it_3^2}) - (\frac{b_{it_3} + 2c_{it_3}}{\theta_i}) - (\frac{2c_{it_3}}{\theta_i^2})] e^{\theta_i(t_3 - t_2)} - [(a_i + b_{it_2} + c_{it_2^2}) - (\frac{b_{it_2} + 2c_{it_2}}{\theta_i}) - (\frac{2c_{it_2}}{\theta_i^2})]}{1 - \alpha_i \delta_i} \right. \\ \left. + \frac{(a_{it_2} + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) + \alpha_i \delta_i Q_{bi}}{1 - \alpha_i \delta_i} + \frac{D_{bi}}{\varphi_i} \ln(1 + \varphi_i(T - t_3))] \dots\dots\dots (3.61)$$

Total biaya persediaan terdiri dari biaya pemeriksaan (ScC), biaya penyimpanan (HC), biaya pembuangan (DC), Biaya kekurangan akibat *backorder* (ShC) dan Biaya kekurangan akibat *lost sales* (LsC) serta mengadopsi mengembangkan formulasi yang telah dikembangkan dalam penelitian Patriarca *et al* (2020), yaitu menambahkan biaya transportasi. Komponen biaya transportasi dirumuskan secara khusus dalam penelitian ini guna menyesuaikan dengan adanya keterbatasan kapasitas kendaraan dalam proses distribusi dan pengadaan bahan baku. Berikut merupakan biaya-biaya yang ada pada penelitian ini:

1. Biaya pemeriksaan (ScC)

Biaya pemeriksaan adalah biaya yang dikeluarkan untuk memeriksa kualitas setiap item ke- i sebelum disimpan lebih lanjut. Biaya

pemeriksaan bergantung pada jumlah unit yang diperiksa sampai item ke- i , sehingga didapatkan

$$ScC = ScC_i \dots\dots\dots (3.62)$$

$$ScC_i = s(Qa_i) \dots\dots\dots (3.63)$$

2. Biaya penyimpanan (HC)

Biaya penyimpanan item ke- i bergantung pada akumulasi persediaan sepanjang waktu siklus. Biaya penyimpanan terdapat 3 fase, yaitu fase $[0, t_1]$, fase $[t_1, t_2]$, dan fase $[t_2, t_3]$.

Fase pertama $[0, t_1]$, sehingga:

$$HC_1 = HC_{i1} \dots\dots\dots (3.64)$$

$$HC_{i1} = \int_0^{t_1} H_i(t) I_{i1}(t) dt \dots\dots\dots (3.65)$$

$$HC_{i1} = \int_0^{t_1} (g + hI_{i1}(t)) dt \dots\dots\dots (3.66)$$

Mensubstitusikan nilai $I_{i1}(t)$ pada Persamaan (3.9) kedalam Persamaan (3.66), sehingga diperoleh Persamaan (3.67).

$$HC_{i1} = \int_0^{t_1} (g + h(I_0 - (a_i t + \frac{b_i}{2} t^2 + \frac{c_i}{3} t^3))) dt \dots\dots\dots (3.67)$$

$$HC_{i1} = \int_0^{t_1} (g + hI_0 - ha_i t - \frac{hb_i}{2} t^2 - \frac{hc_i}{3} t^3)) dt \dots\dots\dots (3.68)$$

$$HC_{i1} = \int_0^{t_1} (g + hI_0) dt - \int_0^{t_1} (ha_i t) dt - \int_0^{t_1} (\frac{hb_i}{2} t^2) dt - \int_0^{t_1} (\frac{hc_i}{3} t^3) dt \dots\dots\dots (3.69)$$

$$HC_{i1} = (g + hI_0)t_1 - ha_i(\frac{t_1^2}{2}) - \frac{hb_i}{2}(\frac{t_1^3}{3}) - \frac{hc_i}{3}(\frac{t_1^4}{4}) \dots\dots\dots (3.70)$$

$$HC_{i1} = (g + hI_0)t_1 - \frac{ha_i}{2} t_1^2 - \frac{hb_i}{6} t_1^3 - \frac{hc_i}{12} t_1^4 \dots\dots\dots (3.71)$$

Fase kedua $[t_1, t_2]$, sehingga:

$$HC_2 = HC_{i2} \dots\dots\dots (3.72)$$

$$HC_{i2} = \int_{t_1}^{t_2} H_i(t) I_{i2}(t) dt \dots\dots\dots (3.73)$$

$$HC_{i2} = \int_{t_1}^{t_2} (g + hI_{i2}(t)) dt \dots\dots\dots (3.74)$$

Mensubstitusikan nilai $I_{i2}(t)$ pada Persamaan (3.15) ke dalam Persamaan (3.74), sehingga didapatkan Persamaan (3.75).

$$HC_{i2} = \int_{t_1}^{t_2} (g + h(I_0 - (a_i t + \frac{b_i}{2} t^2 + \frac{c_i}{3} t^3) - a_i Qa_i)) dt \dots\dots\dots (3.75)$$

$$HC_{i2} = \int_{t_1}^{t_2} (g + hI_0 - ha_i t - \frac{hb_i}{2} t^2 - \frac{hc_i}{3} t^3 - h\alpha_i Qa_i) dt \dots\dots\dots (3.76)$$

$$HC_{i2} = \int_{t_1}^{t_2} (g + hI_0 - h\alpha_i Qa_i - ha_i t - \frac{hb_i}{2} t^2 - \frac{hc_i}{3} t^3) dt \dots\dots\dots (3.77)$$

$$HC_{i2} = \int_{t_1}^{t_2} (g + hI_0 - h\alpha_i Qa_i) dt - \int_{t_1}^{t_2} ha_i t dt - \int_{t_1}^{t_2} \frac{hb_i}{2} t^2 dt - \int_{t_1}^{t_2} \frac{hc_i}{3} t^3 dt \dots\dots\dots (3.78)$$

$$HC_{i2} = \int_{t_1}^{t_2} (g + hI_0 - h\alpha_i Qa_i) dt - ha_i \int_{t_1}^{t_2} t dt - \frac{hb_i}{2} \int_{t_1}^{t_2} t^2 dt - \frac{hc_i}{3} \int_{t_1}^{t_2} t^3 dt \dots\dots\dots (3.79)$$

$$HC_{i2} = (g + hI_0 - h\alpha_i Qa_i) - ha_i \frac{t_2^2 - t_1^2}{2} - \frac{hb_i}{2} \frac{t_2^3 - t_1^3}{3} - \frac{hc_i}{3} \frac{t_2^4 - t_1^4}{4} \dots\dots\dots (3.80)$$

$$HC_{i2} = (g + hI_0 - h\alpha_i Qa_i) - \frac{ha_i}{2} (t_2^2 - t_1^2) - \frac{hb_i}{6} (t_2^3 - t_1^3) - \frac{hc_i}{12} (t_2^4 - t_1^4) \dots\dots\dots (3.81)$$

Fase ketiga $[t_2, t_3]$, sehingga:

$$HC_3 = HC_{i3} \dots\dots\dots (3.82)$$

$$HC_{i3} = \int_{t_2}^{t_3} H_i(t) I_{i3}(t) dt \dots\dots\dots (3.83)$$

$$HC_{i3} = \int_{t_2}^{t_3} (g + hI_{i3}(t)) dt \dots\dots\dots (3.84)$$

Mensubstitusikan nilai $I_{i3}(t)$ pada Persamaan (3.25) ke dalam Persamaan (3.84), sehingga didapatkan Persamaan (3.85).

$$HC_{i3} = \int_{t_2}^{t_3} (g + h(\frac{1}{\theta_i} [(a_i + b_i t_3 + c_i t_3^2) - (\frac{b_i t_3 + 2c_i t_3}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})]) e^{\theta_i(t_3 - t)} - [(a_i + b_i t + c_i t^2) - (\frac{b_i t + 2c_i t}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})]) dt \dots\dots\dots (3.85)$$

Melakukan pemisalan bahwa $A = (a_i + b_i t_3 + c_i t_3^2) - (\frac{b_i t_3 + 2c_i t_3}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})$

dan $B(t) = (a_i + b_i t + c_i t^2) - (\frac{b_i t + 2c_i t}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})$, sehingga didapatkan

$$HC_{i3} = \int_{t_2}^{t_3} (g + h(\frac{1}{\theta_i} [A] e^{\theta_i(t_3 - t)} - B(t))) dt \dots\dots\dots (3.86)$$

$$HC_{i3} = \int_{t_2}^{t_3} (g + h(\frac{A}{\theta_i} e^{\theta_i(t_3 - t)} - B(t))) dt \dots\dots\dots (3.87)$$

$$HC_{i3} = \int_{t_2}^{t_3} (g + (\frac{hA}{\theta_i} e^{\theta_i(t_3 - t)} - hB(t))) dt \dots\dots\dots (3.88)$$

$$HC_{i3} = \int_{t_2}^{t_3} g + \frac{hA}{\theta_i} e^{\theta_i(t_3 - t)} - hB(t) dt \dots\dots\dots (3.89)$$

$$HC_{i3} = \int_{t_2}^{t_3} g dt + \int_{t_2}^{t_3} \frac{hA}{\theta_i} e^{\theta_i(t_3 - t)} dt - \int_{t_2}^{t_3} hB(t) dt \dots\dots\dots (3.90)$$

$$HC_{i3} = g (t_3 - t_2) + \frac{hA}{\theta_i^2} (e^{\theta_i(t_3 - t)} - 1) - h[(a_i t_3 + \frac{b_i}{2} t_3^2 - \frac{c_i}{3} t_3^3 - \frac{b_i + 2c_i}{2\theta_i} t_3^2 \frac{2c_i}{\theta_i^2} t_3) - ((a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 - \frac{c_i}{3} t_2^3 - \frac{b_i + 2c_i}{2\theta_i} t_2^2 \frac{2c_i}{\theta_i^2} t_2)] \dots\dots\dots (3.91)$$

Mensubstitusikan kembali nilai A, sehingga didapatkan

$$HC_{i3} = g (t_3 - t_2) + \frac{h}{\theta_i^2} [(a_i + b_i t_3 + c_i t_3^2) - (\frac{b_{i3} + 2c_{i3}}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] (e^{\theta_i(t_3 - t)} - 1) - h[(a_i(t_3 - t_2) + \frac{b_i}{2}(t_3^2 - t_2^2) - \frac{c_i}{3}(t_3^3 - t_2^3) - \frac{b_i + 2c_i}{2\theta_i}(t_3^2 - t_2^2) - \frac{2c_i}{\theta_i^2}(t_3 - t_2)] \dots\dots\dots (3.92)$$

Berdasarkan Persamaan (3.71), Persamaan (3.81), dan Persamaan (3.92), sehingga didapatkan besaran biaya penyimpanan, yaitu:

$$HC = HC_1 + HC_2 + HC_3 \dots\dots\dots (3.93)$$

$$HC = ((g + hI_0)t_1 - \frac{ha_i}{2} t_1^2 - \frac{hb_i}{6} t_1^3 - \frac{hc_i}{12} t_1^4) + ((g + hI_0 - ha_i Qa_i) - \frac{ha_i}{2} (t_2^2 - t_1^2) - \frac{hb_i}{6} (t_2^3 - t_1^3) - \frac{hc_i}{12} (t_2^4 - t_1^4)) + (g (t_3 - t_2) + \frac{h}{\theta_i^2} [(a_i + b_i t_3 + c_i t_3^2) - (\frac{b_{i3} + 2c_{i3}}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] (e^{\theta_i(t_3 - t)} - 1) - h[(a_i(t_3 - t_2) + \frac{b_i}{2}(t_3^2 - t_2^2) - \frac{c_i}{3}(t_3^3 - t_2^3) - \frac{b_i + 2c_i}{2\theta_i}(t_3^2 - t_2^2) - \frac{2c_i}{\theta_i^2}(t_3 - t_2)]]) \dots\dots\dots (3.94)$$

3. Biaya pembuangan (DC)

Biaya pembuangan timbul akibat produk rusak akibat *Screening* dan rusak akibat deteriorasi. Banyaknya produk yang dibuang berasal dari produk yang rusak hasil *screening* awal dan produk yang rusak akibat deteriorasi sebesar $\alpha_i Qa_i + Q_{di}$. Sehingga besarnya biaya pembuangan setiap item ke-*i*

$$DC_i = d (\alpha_i Qa_i + Q_{di}) \dots\dots\dots (3.95)$$

Produk rusak akibat deteriorasi terjadi saat produk usianya setelah waktu t_2 , Produk yang mengalami deteriorasi kehilangan fungsi ekonominya sebelum sempat terjual dan produk tersebut harus dibuang. Banyaknya produk yang rusak akibat deteriorasi didapatkan dari

persediaan awal periode deteriorasi (t_2) dan total yang terjual pada interval $[t_2, t_3]$, sehingga didapatkan

$$Q_{di} = I_{it_2} - \int_{t_2}^{t_3} D_i(t) dt \dots\dots\dots (3.96)$$

Stok pada saat $t = t_2$ berasal dari stok awal setelah *screening*, dikurangi permintaan kumulatif sampai t_2 dan dikurangi dengan *backorder* yang akan dipenuhi, sehingga didapatkan

$$Q_{di} = [I_0 (1 - \alpha_i) - \int_0^{t_2} D_i(t) dt - \alpha_i Q_{bi}] - [\int_{t_2}^{t_3} D_i(t) dt] \dots\dots\dots (3.97)$$

Karena laju permintaan didefinisikan sebagai fungsi kuadratik yang bernilai $D_i(t) = a_i + b_i t + c_i t^2$, maka

$$Q_{di} = [I_0 (1 - \alpha_i) - \int_0^{t_2} (a_i + b_i t + c_i t^2) dt - \alpha_i Q_{bi}] - [\int_{t_2}^{t_3} (a_i + b_i t + c_i t^2) dt] \dots\dots\dots (3.98)$$

$$Q_{di} = [I_0 (1 - \alpha_i) - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) - \alpha_i Q_{bi}] - [\int_{t_2}^{t_3} (a_i + b_i t + c_i t^2) dt] \dots\dots\dots (3.99)$$

$$Q_{di} = [I_0 (1 - \alpha_i) - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) - \alpha_i Q_{bi}] - [(a_i t_3 + \frac{b_i}{2} t_3^2 + \frac{c_i}{3} t_3^3) - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3)] \dots\dots\dots (3.100)$$

$$Q_{di} = I_0 (1 - \alpha_i) - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) - \alpha_i Q_{bi} - (a_i t_3 + \frac{b_i}{2} t_3^2 + \frac{c_i}{3} t_3^3) - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) \dots\dots\dots (3.101)$$

Mensubstitusikan nilai Q_{bi} pada Persamaan (3.60) ke dalam Persamaan (3.101), sehingga didapatkan Persamaan

$$Q_{di} = I_0 (1 - \alpha_i) - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) - \alpha_i (\frac{D_{bi}}{\phi_i} \ln (1 + \phi_i (T - t_3))) - (a_i t_3 + \frac{b_i}{2} t_3^2 + \frac{c_i}{3} t_3^3) - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) \dots\dots\dots (3.102)$$

Mensubstitusikan nilai Q_{di} pada Persamaan (3.102) ke dalam Persamaan (3.95), sehingga didapatkan

$$DC_i = d (\alpha_i Q_{di} + I_0 (1 - \alpha_i) - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) - \alpha_i (\frac{D_{bi}}{\phi_i} \ln (1 + \phi_i (T - t_3))) - (a_i t_3 + \frac{b_i}{2} t_3^2 + \frac{c_i}{3} t_3^3) - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3)) \dots\dots\dots (3.103)$$

4. Biaya kekurangan akibat *backorder* (ShC)

Biaya kekurangan akibat *backorder* adalah biaya yang harus dikeluarkan perusahaan ketika persediaan tidak mampu memenuhi permintaan yaitu saat level persediaan menjadi negatif. Perusahaan mengalami kekurangan pada interval $[t_3, T]$, pada interval waktu tersebut pelanggan menunggu, sehingga perusahaan menanggung biaya tambahan, seperti biaya administrasi *backorder*, kompensasi pelanggan, dan penurunan tingkat layanan. Biaya kekurangan akibat *backorder* didapatkan dari biaya *backorder* per unit dikalikan dengan total unit *backorder* kumulatif pada item ke- i , sehingga didapatkan

$$ShC_i = b_{ci}(-I_i(t)) \dots\dots\dots (3.104)$$

Karena kekurangan terjadi pada interval $[t_3, T]$, sehingga didapatkan

$$ShC_i = b_{ci} \left[\int_{t_3}^T -I_i(t) dt \right] \dots\dots\dots (3.105)$$

$$ShC_i = b_{ci} \left[- \int_{t_3}^T I_i(t) dt \right] \dots\dots\dots (3.106)$$

Mensubstitusikan nilai $I_i(t)$ pada Persamaan (3.52) Ke dalam Persamaan (3.106), sehingga didapatkan

$$ShC_i = b_{ci} \left[- \int_{t_3}^T \frac{D_{bi}}{\phi_i} [\ln(1 + \phi_i(T-t)) - \ln(1 + \phi_i(T-t_3))] dt \right] \dots\dots (3.107)$$

$$ShC_i = b_{ci} \left[- \frac{D_{bi}}{\phi_i} \int_{t_3}^T [\ln(1 + \phi_i(T-t)) - \ln(1 + \phi_i(T-t_3))] dt \right] \dots\dots (3.108)$$

$$ShC_i = - \frac{b_{ci} D_{bi}}{\phi_i} \int_{t_3}^T [\ln(1 + \phi_i(T-t)) - \ln(1 + \phi_i(T-t_3))] dt \dots\dots\dots (3.109)$$

Memecahkan integral untuk memudahkan operasi:

$$ShC_i = - \frac{b_{ci} D_{bi}}{\phi_i} \left[\int_{t_3}^T \ln(1 + \phi_i(T-t)) dt - \int_{t_3}^T \ln(1 + \phi_i(T-t_3)) dt \right] (3.110)$$

$$ShC_i = - \frac{b_{ci} D_{bi}}{\phi_i} \left[\int_{t_3}^T \ln(1 + \phi_i(T-t)) dt - ((T-t_3) \ln(1 + \phi_i(T-t_3))) \right] (3.111)$$

Misalkan $u = 1 + \phi_i(T-t)$, maka $du = -\phi_i dt$, dan $dt = -\frac{1}{\phi_i} du$, sehingga

Persamaan menjadi:

$$ShC_i = - \frac{b_{ci} D_{bi}}{\phi_i} \left[\int_{t_3}^T \ln(u) \left(-\frac{1}{\phi_i}\right) du - ((T-t_3) \ln(1 + \phi_i(T-t_3))) \right] \dots\dots (3.112)$$

Pada saat $t = t_3$ dengan $u = I + \varphi_i (T - t_3)$ dan pada saat $t = T$ dengan $u = 1$, sehingga diperoleh

$$ShC_i = -\frac{b_{ci}D_{bi}}{\varphi_i} \left[\int_{I + \varphi_i (T - t_3)}^1 \ln(u) \left(-\frac{1}{\varphi_i}\right) du - ((T - t_3) \ln(I + \varphi_i(T - t_3))) \right] \dots\dots\dots (3.113)$$

$$ShC_i = -\frac{b_{ci}D_{bi}}{\varphi_i} \left[-\frac{1}{\varphi_i} \int_{I + \varphi_i (T - t_3)}^1 \ln(u) du - ((T - t_3) \ln(I + \varphi_i(T - t_3))) \right] \dots\dots\dots (3.114)$$

Menghilangkan tanda minus pada integral dengan pembalikan batas integral dengan menggunakan teorema $\int_a^b f(u) du = -\int_b^a f(u) du$, sehingga didapatkan:

$$ShC_i = -\frac{b_{ci}D_{bi}}{\varphi_i} \left[\frac{1}{\varphi_i} \int_1^{I + \varphi_i (T - t_3)} \ln(u) du - ((T - t_3) \ln(I + \varphi_i(T - t_3))) \right] \dots\dots\dots (3.115)$$

Menyederhanakan Persamaan dengan teorema $\int_a^b \ln(u) du = [u \ln u - u]_a^b$, sehingga didapatkan

$$ShC_i = -\frac{b_{ci}D_{bi}}{\varphi_i} \left[\frac{1}{\varphi_i} [u \ln u - u]_1^{I + \varphi_i (T - t_3)} - ((T - t_3) \ln(I + \varphi_i(T - t_3))) \right] \dots\dots\dots (3.116)$$

$$ShC_i = -\frac{b_{ci}D_{bi}}{\varphi_i} \left[\left[\frac{1}{\varphi_i} (I + \varphi_i (T - t_3)) \ln(I + \varphi_i(T - t_3)) - \varphi_i(T - t_3) \right] - [(T - t_3) \ln(I + \varphi_i(T - t_3))] \right] \dots\dots\dots (3.117)$$

$$ShC_i = -\frac{b_{ci}D_{bi}}{\varphi_i} \left[\frac{1}{\varphi_i} (I + \varphi_i (T - t_3)) \ln(I + \varphi_i(T - t_3)) - (T - t_3) - ((T - t_3) \ln(I + \varphi_i(T - t_3))) \right] \dots\dots\dots (3.118)$$

$$ShC_i = -\frac{b_{ci}D_{bi}}{\varphi_i} \left[\frac{1}{\varphi_i} \ln(I + \varphi_i(T - t_3)) + (T - t_3) \ln(I + \varphi_i(T - t_3)) - (T - t_3) - ((T - t_3) \ln(I + \varphi_i(T - t_3))) \right] \dots\dots\dots (3.119)$$

$$ShC_i = -\frac{b_{ci}D_{bi}}{\varphi_i} \left(\frac{1}{\varphi_i} \ln(I + \varphi_i(T - t_3)) - (T - t_3) \right) \dots\dots\dots (3.120)$$

$$ShC_i = -\frac{b_{ci}D_{bi}}{\varphi_i^2} \ln(I + \varphi_i(T - t_3)) - \left(-\frac{b_{ci}D_{bi}}{\varphi_i} (T - t_3) \right) \dots\dots\dots (3.121)$$

$$ShC_i = -\frac{b_{ci}D_{bi}}{\varphi_i^2} \ln(I + \varphi_i(T - t_3)) + \frac{b_{ci}D_{bi}}{\varphi_i} (T - t_3) \dots\dots\dots (3.122)$$

$$ShC_i = \frac{b_{ci}D_{bi}}{\varphi_i} \left(-\frac{1}{\varphi_i} \ln (1 + \varphi_i (T - t_3)) + (T - t_3) \right) \dots\dots\dots (3.123)$$

$$ShC_i = b_{ci}D_{bi} \left(-\frac{1}{\varphi_i^2} \ln (1 + \varphi_i (T - t_3)) + \frac{(T - t_3)}{\varphi_i} \right) \dots\dots\dots (3.124)$$

5. Biaya kekurangan akibat *lost sales* (LsC)

Biaya kekurangan akibat *lost sales* merupakan biaya yang ditanggung perusahaan akibat *stockout* dan pelanggan tidak mau menunggu. Kekurangan akibat *lost sales* terjadi karena persediaan habis pada item ke- i yang berada pada interval $[t_3, T]$. Total Biaya kekurangan akibat *lost sales* dipengaruhi oleh biaya *lost sales* per unit, dan laju permintaan yang hilang, sehingga didapatkan

$$LsC = LsC_i, i = 1, 2, 3, \dots, n \dots\dots\dots (3.125)$$

$$LsC_i = \sum_{i=1}^n l_{si} D_{bi} (1 - B_{ri}(t)) \dots\dots\dots (3.126)$$

Mensubstitusikan nilai $B_{ri}(t)$ pada Persamaan (3.41) ke dalam Persamaan (3.126), sehingga didapatkan

$$LsC_i = l_{si} D_{bi} \left(1 - \frac{1}{1 + \varphi_i (T - t)} \right) \dots\dots\dots (3.127)$$

$$LsC_i = l_{si} D_{bi} \left(\frac{1 + \varphi_i (T - t)}{1 + \varphi_i (T - t)} - \frac{1}{1 + \varphi_i (T - t)} \right) \dots\dots\dots (3.128)$$

$$LsC_i = l_{si} D_{bi} \left(\frac{\varphi_i (T - t)}{1 + \varphi_i (T - t)} \right) \dots\dots\dots (3.129)$$

Karena persediaan habis yang berada pada interval $[t_3, T]$, sehingga didapatkan

$$LsC_i = l_{si} \int_{t_3}^T D_{bi} \left(\frac{\varphi_i (T - t)}{1 + \varphi_i (T - t)} \right) dt \dots\dots\dots (3.130)$$

$$LsC_i = l_{si} D_{bi} \int_{t_3}^T \left(\frac{\varphi_i (T - t)}{1 + \varphi_i (T - t)} \right) dt \dots\dots\dots (3.131)$$

$$LsC_i = l_{si} D_{bi} \int_{t_3}^T \left(1 - \frac{1}{1 + \varphi_i (T - t)} \right) dt \dots\dots\dots (3.132)$$

$$LsC_i = l_{si} D_{bi} \left[\int_{t_3}^T 1 dt - \int_{t_3}^T \frac{1}{1 + \varphi_i (T - t)} dt \right] \dots\dots\dots (3.133)$$

$$LsC_i = l_{si} D_{bi} \left[(T - t_3) - \left(\frac{1}{\varphi_i} \ln (1 + \varphi_i (T - t_3)) \right) \right] \dots\dots\dots (3.134)$$

$$LsC_i = l_{si} D_{bi} \left[(T - t_3) - \frac{1}{\varphi_i} \ln (1 + \varphi_i (T - t_3)) \right] \dots\dots\dots (3.135)$$

6. Biaya transportasi (TraC)

Biaya transportasi dimodelkan sebagai biaya diskret yang muncul pada saat *replenishment* di akhir siklus persediaan. Karena perusahaan menggunakan armada sendiri, maka biaya transportasi ditentukan oleh konsumsi bahan bakar yang bergantung pada jarak tempuh. Biaya transportasi didapatkan dari biaya perjalanan dikalikan dengan jumlah trip per periode, sehingga didapatkan:

$$\text{TraC} = \text{biaya transportasi/trip} \times \text{jumlah trip per periode} \dots\dots\dots (3.136)$$

biaya transportasi/trip dapat dinotasikan dengan C_t dan jumlah trip per periode dapat dinotasikan dengan N , sehingga didapatkan

$$\text{TraC} = C_t \times N \dots\dots\dots (3.137)$$

Jumlah trip per periode dipengaruhi oleh seluruh kuantitas pembelian item dan kapasitas angkut. Dimana jumlah seluruh kuantitas pembelian harus lebih kecil dari kapasitas angkut dan didefinisikan sebagai

$$\sum_{i=1}^n Qa_i \leq Cps, i = 1, 2, 3, \dots, n \dots\dots\dots (3.138)$$

$$\text{TraC} = C_t \times \text{Roundup} \left[\frac{\sum_{i=1}^n Qa_i}{Cps} \right] \dots\dots\dots (3.139)$$

Maka total biaya persediaan per periode (TC) pada *multi item*, yaitu:

$$TC = \sum_{i=1}^n (\text{ScC}_i + \text{HC}_i + \text{DC}_i + \text{ShC}_i + \text{LsC}_i) + \text{TraC} \dots\dots\dots (3.140)$$

$$\begin{aligned} TC = & \sum_{i=1}^n \{ s Qa_i \\ & + [(g + hI_0) t_1 - \frac{ha_i}{2} t_1^2 - \frac{hb_i}{6} t_1^3 - \frac{hc_i}{12} t_1^4] \\ & + [(g + hI_0 - ha_i Qa_i) - \frac{ha_i}{2} (t_2^2 - t_1^2) - \frac{hb_i}{6} (t_2^3 - t_1^3) - \frac{hc_i}{12} (t_2^4 - t_1^4)] \\ & + [g(t_3 - t_2) + \frac{h}{\theta_i^2} [(a_i + b_i t_3 + c_i t_3^2) - (\frac{b_i t_3 + 2c_i t_3}{\theta_i}) - (\frac{2c_i}{\theta_i^2})] (e^{\theta_i(t_3 - t_2)} - 1)] \\ & - [h(a_i(t_3 - t_2) + \frac{b_i}{2} (t_3^2 - t_2^2) + \frac{c_i}{3} (t_3^3 - t_2^3) - \frac{b_i + 2c_i}{2\theta_i} (t_3^2 - t_2^2) - \frac{2c_i}{\theta_i^2} (t_3 - t_2)] \\ & + [d(\alpha_i Qa_i + (I_0(1 - \alpha_i) - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) - \alpha_i (\frac{D_{bi}}{\phi_i} \ln(1 + \phi_i(T - t_3)))) - (a_i t_3 + \frac{b_i}{2} t_3^2 + \frac{c_i}{3} t_3^3) - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3))] \\ & + [b_{ci} D_{bi} (-\frac{1}{\phi_i^2} \ln(1 + \phi_i(T - t_3)) + \frac{(T - t_3)}{\phi_i})] \\ & + [l_{si} D_{bi} [(T - t_3) - \frac{1}{\phi_i} \ln(1 + \phi_i(T - t_3))] + (C_t \times \text{Roundup}[\frac{\sum Qa_i}{Cps}])] \dots\dots\dots (3.141) \end{aligned}$$

Variabel keputusan pada penelitian ini yaitu jumlah pembelian bahan baku optimal dan panjang siklus persediaan agar dapat meminimumkan total biaya persediaan pada Persamaan (3.140). Langkah selanjutnya menurunkan Persamaan total biaya terhadap variabel T. Variabel tersebut hanya muncul pada komponen biaya pembuangan (DC), biaya kekurangan akibat *backorder* (ShC), dan biaya kekurangan akibat *lost sales* (LsC), sedangkan komponen biaya lainnya tidak bergantung pada T, maka komponen-komponen tersebut diperlakukan sebagai konstanta. Selanjutnya, untuk memperoleh nilai optimal T, total biaya persediaan pada Persamaan (3.141) yang mengandung variabel T diturunkan terhadap T sehingga didapatkan

$$\begin{aligned} \frac{\partial(TC)}{\partial T} = & \sum_{i=1}^n d(\alpha_i Q a_i + (I_0(1 - \alpha_i) - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) \\ & - \alpha_i (\frac{D_{bi}}{\varphi_i} \ln(1 + \varphi_i(T - t_3))) - (a_i t_3 + \frac{b_i}{2} t_3^2 + \frac{c_i}{3} t_3^3) - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3))) + \\ & (b_{ci} D_{bi} (-\frac{1}{\varphi_i^2} \ln(1 + \varphi_i(T - t_3)) + \frac{(T - t_3)}{\varphi_i})) + (l_{si} D_{bi} [(T - t_3) - \frac{1}{\varphi_i} \ln(1 + \varphi_i(T - t_3))]) \\ & \dots\dots\dots (3.142) \end{aligned}$$

Pada Persamaan (3.142) biaya pembuangan dapat menyederhanakan kembali karena ada yang mengandung variabel T dan ada yang tidak, sehingga didapatkan Persamaan

$$\begin{aligned} \frac{\partial(TC)}{\partial T} = & \sum_{i=1}^n -d\alpha_i (\frac{D_{bi}}{\varphi_i} \ln(1 + \varphi_i(T - t_3))) + (b_{ci} D_{bi} (-\frac{1}{\varphi_i^2} \ln(1 + \varphi_i(T - t_3)) + \\ & \frac{(T - t_3)}{\varphi_i})) + (l_{si} D_{bi} [(T - t_3) - \frac{1}{\varphi_i} \ln(1 + \varphi_i(T - t_3))]) \dots\dots\dots (3.143) \end{aligned}$$

Karena titik minimum biaya terjadi ketika gradien fungsi total biaya bernilai 0, sehingga Persamaan (3.143) maka $\frac{\partial(TC)}{\partial T} = 0$. Proses menurunkan Persamaan (3.143) dapat menggunakan 2 teorema yaitu turunan fungsi linear $\frac{\partial}{\partial T}(T - t_3) = 1$ dan menggunakan aturan rantai dimana apabila $f(T) = \ln(g(T))$ maka $\frac{\partial f}{\partial T} = \frac{g'(T)}{g(T)}$, sehingga

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n -d\alpha_i \frac{D_{bi}}{\varphi_i} \frac{\varphi_i}{1 + \varphi_i(T - t_3)} + b_{ci} D_{bi} (-\frac{1}{\varphi_i^2} \frac{\varphi_i}{1 + \varphi_i(T - t_3)} + \frac{1}{\varphi_i}) + l_{si} D_{bi} (1 - \frac{1}{\varphi_i} \frac{\varphi_i}{1 + \varphi_i(T - t_3)}) \\ = 0 \dots\dots\dots (3.144) \end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^n -\frac{d\alpha_i D_{bi}}{1 + \phi i (T - t_3)} + b_{ci} D_{bi} \left(-\frac{1}{\phi i [1 + \phi i (T - t_3)]} + \frac{1}{\phi i}\right) + l_{si} D_{bi} \left(1 - \frac{1}{1 + \phi i (T - t_3)}\right) = 0$$

..... (3.145)

$$\sum_{i=1}^n \frac{-d\alpha_i D_{bi}}{1 + \phi i (T - t_3)} + b_{ci} D_{bi} \frac{1}{\phi i} \left(1 - \frac{1}{1 + \phi i (T - t_3)}\right) + l_{si} D_{bi} \left(\frac{\phi i (T - t_3)}{1 + \phi i (T - t_3)}\right) = 0$$

..... (3.146)

$$\sum_{i=1}^n \frac{-d\alpha_i D_{bi}}{1 + \phi i (T - t_3)} + b_{ci} D_{bi} \frac{1}{\phi i} \left(\frac{\phi i (T - t_3)}{1 + \phi i (T - t_3)}\right) + \left(\frac{l_{si} D_{bi} \phi i (T - t_3)}{1 + \phi i (T - t_3)}\right) = 0$$

..... (3.147)

$$\sum_{i=1}^n \frac{-d\alpha_i D_{bi}}{1 + \phi i (T - t_3)} + \frac{b_{ci} D_{bi} (T - t_3)}{1 + \phi i (T - t_3)} + \left(\frac{l_{si} D_{bi} \phi i (T - t_3)}{1 + \phi i (T - t_3)}\right) = 0$$

..... (3.148)

$$\sum_{i=1}^n \frac{-d\alpha_i D_{bi} + b_{ci} D_{bi} (T - t_3) + l_{si} D_{bi} \phi i (T - t_3)}{1 + \phi i (T - t_3)} = 0$$

..... (3.149)

$$\sum_{i=1}^n \frac{D_{bi}}{1 + \phi i (T - t_3)} [-d\alpha_i + b_{ci} (T - t_3) + l_{si} \phi i (T - t_3)] = 0$$

..... (3.150)

Karena $D_{bi} > 0$ dan $1 + \phi i (T - t_3) > 0$, maka penyebut dari turunan total biaya persediaan terhadap T selalu bernilai positif dan tidak sama dengan nol. Oleh karena itu, agar turunan total biaya sama dengan nol, maka pembilang harus bernilai nol, sehingga diperoleh

$$\sum_{i=1}^n -d\alpha_i + b_{ci} (T - t_3) + l_{si} \phi i (T - t_3) = 0$$

..... (3.151)

$$\sum_{i=1}^n -d\alpha_i + (T - t_3) (b_{ci} + l_{si} \phi i) = 0$$

..... (3.152)

$$\sum_{i=1}^n (T - t_3) (b_{ci} + l_{si} \phi i) = d\alpha_i$$

..... (3.153)

$$(T - t_3) = \sum_{i=1}^n \frac{d\alpha_i}{(b_{ci} + l_{si} \phi i)}$$

..... (3.154)

$$T = \sum_{i=1}^n t_3 + \frac{d\alpha_i}{(b_{ci} + l_{si} \phi i)}$$

..... (3.155)

Karena sensitivitas pelanggan terhadap *lost sales* sebesar ϕi maka sensitivitas pelanggan terhadap *backorder* sebesar $(1 - \phi i)$, sehingga didapatkan

$$T = \sum_{i=1}^n t_3 + \frac{d\alpha_i}{(b_{ci}(1 - \phi i) + l_{si} \phi i)}$$

..... (3.156)

Frekuensi pemesanan merupakan parameter intensitas kegiatan pemesanan dalam suatu siklus persediaan. Frekuensi pemesanan dapat didefinisikan sebagai rasio antara tingkat permintaan terhadap jumlah pemesanan, sehingga didapatkan

$$f = \frac{D_i(t)}{Q_{ai}}$$

..... (3.157)

Frekuensi pemesanan merupakan jumlah pemesanan yang dilakukan per satu siklus T, sehingga didapatkan

$$f = \frac{1}{T}$$

..... (3.158)

Mensubstitusikan variabel f pada Persamaan (3.157) kedalam Persamaan (3.157), sehingga didapatkan

$$\frac{1}{T} = \frac{D_i(t)}{Qa_i} \dots\dots\dots(3.159)$$

$$T = \frac{Qa_i}{D_i(t)} \dots\dots\dots(3.160)$$

$$Qa_i = D_i(t) T \dots\dots\dots(3.161)$$

Mensubstitusikan Persamaan (3.155) kedalam Persamaan (3.161), sehingga didapatkan

$$Qa_i = \sum_{i=1}^n D_i(t) \left(t_3 + \frac{da_i}{(bc(1 - \varphi i) + l_{si}\varphi i)} \right) \dots\dots\dots(3.162)$$

$$Qa_i = \sum_{i=1}^n D_i(t) \left(\frac{t_3(bc(1 - \varphi i) + l_{si}\varphi i) da_i}{(bc(1 - \varphi i) + l_{si}\varphi i)} \right) \dots\dots\dots(3.163)$$

Karena perusahaan mengalami ketidakpastian ketersediaan jumlah bahan baku yang diterima, sehingga didapatkan

$$Qa_i = \sum_{i=1}^n \delta_i \left(D_i(t) \left(\frac{t_3(bc(1 - \varphi i) + l_{si}\varphi i) da_i}{(bc(1 - \varphi i) + l_{si}\varphi i)} \right) \right) \dots\dots\dots(3.164)$$

3.4.5 Solusi model

Solusi model yang diusulkan dalam penelitian ini dapat diperoleh melalui langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung panjang siklus persediaan dengan menggunakan Persamaan (3.156).
2. Menghitung kuantitas bahan baku aktual item ke- i dengan menggunakan Persamaan (3.164).
3. Menghitung biaya pemeriksaan menggunakan Persamaan (3.63).
4. Menghitung biaya penyimpanan menggunakan Persamaan (3.94).
5. Menghitung biaya pembuangan dengan menggunakan Persamaan (3.103).
6. Menghitung biaya kekurangan akibat *backorder* dengan menggunakan Persamaan (3.124).
7. Menghitung biaya kekurangan akibat *lost sales* dengan menggunakan Persamaan (3.135)
8. Menghitung biaya transportasi dengan menggunakan Persamaan (3.139).

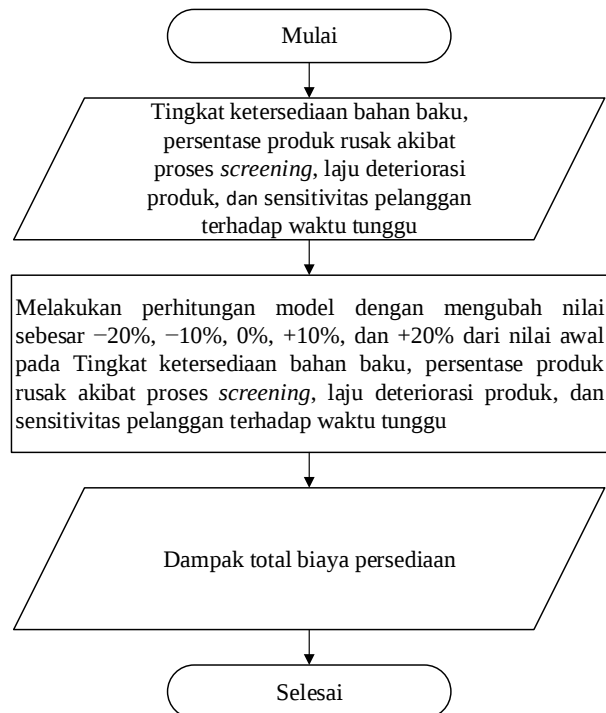
9. Menghitung total biaya persediaan model usulan dengan menggunakan Persamaan (3.141).

3.5 Uji Validasi Model

Berdasarkan hasil perhitungan total biaya persediaan menggunakan model EOQ *multi item* yang dikembangkan, dilakukan analisis perbandingan dengan biaya persediaan yang saat ini diterapkan oleh perusahaan. Hasil analisis tersebut digunakan untuk mengevaluasi efisiensi kebijakan persediaan yang berjalan dan menjadi dasar dalam penentuan kebijakan perencanaan persediaan yang lebih optimal.

3.6 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui kehandalan model dan pengaruh tingkat ketersediaan bahan baku, persentase produk rusak akibat proses *Screening*, laju deteriorasi produk, dan sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu terhadap total biaya persediaan. Langkah-langkah analisis Sensitivitas dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Langkah-langkah analisis Sensitivitas

BAB IV

PEMBAHASAN DAN ANALISIS MODEL

4.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini untuk memperoleh informasi yang akurat dan relevan sesuai dengan permasalahan yang diteliti. Data pada penelitian ini diMengumpulkan melalui wawancara kepada pemilik UMKM, observasi langsung, catatan atau dokumen historis milik perusahaan, dan studi literatur dengan mempertimbangkan relevansi sumber terhadap model yang dikembangkan. Data permintaan pada bulan Januari 2024 dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan keseluruhan data dapat dilihat pada Lampiran D.

Tabel 4.1 Data permintaan pada bulan Januari 2024

Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
1-Jan-24			
2-Jan-24	2	10	0
3-Jan-24	1	11	0
4-Jan-24	0	2	0
5-Jan-24	1	1	0
6-Jan-24	10	10	0
7-Jan-24			
8-Jan-24	0	0	1
9-Jan-24	0	0	0
10-Jan-24	25	0	5
11-Jan-24	0	0	0
12-Jan-24	15	10	0
13-Jan-24	17	0	1
14-Jan-24			
15-Jan-24	3	0	0
16-Jan-24	10	1	0
17-Jan-24	2	0	2
18-Jan-24	2	0	2
19-Jan-24	0	0	0
20-Jan-24	1	0	0
21-Jan-24			
22-Jan-24	0	0	0
23-Jan-24	20	0	0
24-Jan-24	1	0	0
25-Jan-24	1	0	0
26-Jan-24	0	10	0
27-Jan-24	15	0	4
28-Jan-24			
29-Jan-24	12	10	16
30-Jan-24	0	1	0

Laju permintaan tepung ubi ungu, kacang hijau dan ubi kuning dapat dilihat pada Lampiran E. Adapun data-data ini digunakan untuk mendapatkan parameter-parameter yang akan digunakan dalam perhitungan penelitian ini.

- a. Laju permintaan awal item tepung ubi ungu (a_1)

Parameter a_1 merepresentasikan laju permintaan awal tepung ubi ungu pada awal siklus persediaan ($t = 0$) yang berfungsi sebagai komponen konstanta dalam fungsi permintaan kuadrat. Nilai a_1 diperoleh dari data historis permintaan bulanan UMKM melalui metode dokumentasi, kemudian diestimasi menggunakan regresi kuadrat. Berdasarkan hasil perhitungan pada Lampiran E. Perhitungan tersebut diapatkan dari pengujian R-Square dengan menggunakan excel dimana nilai terbesarnya yaitu regresi kuadrat, sehingga nilai a_1 sebesar 134,75 Kg/bulan atau 4,4917 Kg/hari.

- b. Laju permintaan awal item tepung kacang hijau (a_2)

Parameter a_2 menunjukkan tingkat permintaan dasar tepung kacang hijau pada awal siklus persediaan yang digunakan sebagai komponen konstanta dalam fungsi permintaan. Data diperoleh melalui dokumentasi catatan permintaan historis UMKM dan diolah menggunakan regresi kuadrat. Berdasarkan Lampiran E, nilai a_2 sebesar 88,773 Kg/bulan atau 2,9591 Kg/hari.

- c. Laju permintaan awal item tepung ubi kuning (a_3)

Parameter a_3 menyatakan laju permintaan awal tepung ubi kuning pada awal periode persediaan. Parameter ini digunakan untuk menghitung total permintaan dalam model persediaan multi-item. Data diperoleh dari dokumentasi perusahaan dan diestimasi menggunakan regresi kuadrat. Berdasarkan Lampiran E, nilai a_3 sebesar 11,955 Kg/bulan atau 0,3985 Kg/hari.

- d. Koefisien perubahan linear permintaan tepung ubi ungu (b_1)

Parameter b_1 berfungsi untuk menggambarkan kecenderungan perubahan permintaan tepung ubi ungu secara linear terhadap waktu. Parameter ini digunakan dalam fungsi permintaan untuk menangkap

tren peningkatan atau penurunan permintaan. Nilai b_1 diperoleh dari hasil regresi kuadratik data historis permintaan yang diMengumpulkan melalui dokumentasi UMKM. Berdasarkan Lampiran E, nilai b_1 sebesar 8,217 Kg/bulan² atau 0,00457 Kg/hari².

- e. Koefisien perubahan linear permintaan tepung kacang hijau (b_2)

Parameter b_2 merepresentasikan laju perubahan permintaan tepung kacang hijau terhadap waktu dan digunakan dalam perhitungan permintaan dinamis. Data diperoleh dari dokumentasi permintaan historis dan diolah menggunakan regresi kuadratik. Berdasarkan Lampiran E, nilai b_2 sebesar 1,9882 Kg/bulan² atau 0,001105 Kg/hari².

- f. Koefisien perubahan linear permintaan tepung ubi kuning (b_3)

Parameter b_3 menunjukkan kecenderungan perubahan permintaan tepung ubi kuning terhadap waktu dan digunakan dalam fungsi permintaan model. Nilai ini diperoleh dari estimasi regresi kuadratik data permintaan UMKM. Berdasarkan Lampiran E, nilai b_3 sebesar 3,1497 Kg/bulan² atau 0,00175 Kg/hari².

- g. Koefisien perubahan kuadratik permintaan tepung ubi ungu (c_1)

Parameter c_1 berfungsi untuk menangkap pola perubahan permintaan nonlinier terhadap waktu. Parameter ini digunakan dalam model untuk merepresentasikan percepatan atau perlambatan permintaan. Data diperoleh melalui dokumentasi permintaan historis dan diestimasi menggunakan regresi kuadratik. Berdasarkan Lampiran E, nilai c_1 sebesar 0,2449 Kg/bulan³ atau 0,00000302 Kg/hari³.

- h. Koefisien perubahan kuadratik permintaan tepung kacang hijau (c_2)

Parameter c_2 digunakan untuk menggambarkan perubahan permintaan nonlinier tepung kacang hijau dalam model persediaan. Data diperoleh dari dokumentasi perusahaan dan diolah menggunakan regresi kuadratik. Berdasarkan Lampiran E, nilai c_2 sebesar 0,0011 Kg/bulan³ atau 0,0000000136 Kg/hari³.

- i. Koefisien perubahan kuadratik permintaan tepung ubi kuning (c_3)
Parameter c_3 merepresentasikan pola perubahan permintaan nonlinier tepung ubi kuning terhadap waktu. Parameter ini diperoleh dari hasil estimasi regresi kuadratik data historis permintaan. Berdasarkan Lampiran E, nilai c_3 sebesar 0,0479 Kg/bulan³ atau 0,00000059 Kg/hari³.
- j. Persentase produk rusak hasil *screening* tepung ubi ungu (α_1)
Parameter α_1 menyatakan proporsi bahan baku ubi ungu yang rusak setelah proses *Screening* dan digunakan dalam perhitungan jumlah persediaan efektif. Data diperoleh melalui wawancara dan observasi langsung kepada pemilik UMKM. Berdasarkan hasil wawancara, nilai α_1 sebesar 4%.
- k. Persentase produk rusak hasil *screening* tepung kacang hijau (α_2)
Parameter α_2 menunjukkan proporsi kacang hijau yang tidak memenuhi standar kualitas setelah *Screening*. Data diperoleh melalui wawancara dan observasi lapangan. Nilai α_2 sebesar 3%.
- l. Persentase produk rusak hasil *screening* tepung ubi kuning (α_3)
Parameter α_3 merepresentasikan persentase ubi kuning yang rusak setelah proses *Screening*. Data diperoleh melalui wawancara dan observasi kepada pemilik UMKM. Nilai α_3 sebesar 4%.
- m. Laju deteriorasi pada ubi ungu (θ_1)
Parameter θ_1 digunakan untuk menghitung penurunan kualitas bahan baku selama penyimpanan dalam model persediaan perishable. Nilai ini diperoleh melalui studi literatur dari Zuari & Rahayoe (2013). Nilai θ_1 sebesar 0,31%/hari.
- n. Laju deteriorasi pada kacang hijau (θ_2)
Parameter θ_2 merepresentasikan tingkat kerusakan kacang hijau selama penyimpanan. Data diperoleh dari studi literatur Faisal *et al.* (2019). Nilai θ_2 sebesar 0,008%/hari.

- o. Laju deteriorasi pada ubi kuning (θ_3)

Parameter θ_3 digunakan untuk menggambarkan tingkat deteriorasi ubi kuning dalam model persediaan. Nilai diperoleh dari Zuari & Rahayoe (2013) sebesar 0,31%/hari.

- p. Laju proses *Screening* (λ_i)

Nilai ini ditentukan berdasarkan jumlah bahan baku yang dapat di-*Screening* oleh satu tenaga kerja dalam satu hari. Berdasarkan hasil wawancara 1 pegawai dalam 1 harinya (8 jam kerja) mampu men-*Screening* produk sebanyak 500 Kg/hari. Data ini diperoleh melalui wawancara dengan pemilik UMKM. Berdasarkan hasil wawancara, satu orang tenaga kerja mampu melakukan *Screening* sebanyak 500 Kg/hari.

- q. Sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu (ϕ_i)

Parameter ϕ_i menggambarkan tingkat sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu ketika terjadi kekurangan persediaan dan digunakan untuk menentukan proporsi *backorder* dan *lost sales* dalam model. Data diperoleh melalui studi literatur oleh Patriarca *et al.* (2020) yang menyatakan nilai sensitivitas berada pada interval 0,1 sampai 1. Penelitian ini mengansumsikan tingkat sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu dengan nilai 0.5.

- r. Waktu proses *Screening* (t_l)

Waktu t_l merupakan Waktu proses *Screening* terhadap bahan baku yang diterima pada awal siklus persediaan. Penentuan nilai t_l dilakukan berdasarkan hubungan antara kuantitas bahan baku aktual yang diperiksa dan laju proses *Screening*, sehingga waktu t_l mencerminkan durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemeriksaan kualitas secara keseluruhan. Berdasarkan data operasional, laju proses *Screening* 1 pegawai dalam 1 harinya (8 jam kerja) mampu men-*Screening* bahan baku sebanyak 500 Kg/hari, sedangkan berdasarkan data historis pembelian bahan baku pada Lampiran F, rata-rata kuantitas pembelian pada ubi ungu sebanyak 115 Kg, kacang hijau sebanyak 46 Kg dan ubi kuning sebanyak 43 Kg.

Tepung ubi ungu

$$t_l = \frac{Q_i \text{ (aktual)}}{\lambda_1}$$

$$t_l = \frac{115 \text{ Kg}}{500 \text{ kg/hari}}$$

$$t_l = 0,23 \text{ hari}$$

Tepung kacang hijau

$$t_l = \frac{Q_i \text{ (aktual)}}{\lambda_1}$$

$$t_l = \frac{46 \text{ Kg}}{500 \text{ kg/hari}}$$

$$t_l = 0,092 \text{ hari}$$

Tepung ubi kuning

$$t_l = \frac{Q_i \text{ (aktual)}}{\lambda_1}$$

$$t_l = \frac{43 \text{ Kg}}{500 \text{ kg/hari}}$$

$$t_l = 0,086 \text{ hari}$$

- s. Waktu awal terjadinya deteriorasi bahan baku (t_2)

Parameter t_2 merupakan waktu awal terjadinya deteriorasi bahan baku dalam satu siklus persediaan. Pada interval waktu $[t_1, t_2]$ bahan baku yang telah lolos proses *screening* diasumsikan berada dalam kondisi baik dan belum mengalami penurunan kualitas yang signifikan. Berdasarkan hasil wawancara bahwa produk mengalami awal terjadinya deteriorasi pada hari ke-3 setelah bahan baku tiba di perusahaan.

- t. Waktu terjadinya kondisi stok habis (t_3)

Parameter t_3 merupakan waktu terjadinya kondisi stok habis karena mengalami deteriorasi dalam satu siklus persediaan yang menyebabkan terjadinya *backorder* dan *lost sales* hingga akhir siklus. Berdasarkan hasil wawancara waktu terjadinya stok habis terjadi pada hari ke-9 setelah bahan baku tiba di perusahaan.

- u. Biaya pemeriksaan per Kg (s)

Biaya pemeriksaan per Kg berasal dari biaya tenaga kerja yang melakukan proses *screening*. Proses *screening* dilakukan oleh satu orang

tenaga kerja. Data tersebut diperoleh melalui wawancara dengan pemilik UMKM terkait gaji tenaga kerja dan kapasitas *screening*.

$$\text{Gaji pekerja/bulan} = \text{Rp}2.000.000,00/\text{bulan}$$

$$\text{Hari pekerja/bulan} = 26 \text{ hari}$$

$$\text{Kapasitas Screening} = 500 \text{ Kg/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaji/hari} &= \frac{\text{Gaji pekerja/bulan}}{\text{Hari pekerja/bulan}} \\ &= \frac{\text{Rp}2.000.000,00/\text{bulan}}{26 \text{ hari}} \\ &= \text{Rp}76.923,00/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Biaya pemeriksaan/Kg} = \frac{\text{Gaji/hari}}{\text{Kapasitas screening}}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya pemeriksaan/Kg} &= \frac{\text{Rp}76.923,00/\text{hari}}{500 \text{ Kg/hari}} \\ &= \text{Rp}153,846/\text{Kg} \\ &\approx \text{Rp}154,00/\text{Kg} \end{aligned}$$

v. Koefisien biaya penyimpanan tetap (g)

Biaya penyimpanan tetap mencerminkan biaya fasilitas gudang yang tidak bergantung pada jumlah persediaan, seperti penggunaan lampu, AC, air, kebersihan dan perawatan ringan gudang. Data diperoleh melalui wawancara dengan pemilik UMKM.

$$\text{Listrik (lampu + AC)} = \text{Rp}400.000,00/\text{bulan}$$

$$\text{Air dan kebersihan} = \text{Rp}100.000,00/\text{bulan}$$

$$\text{Perawatan ringan gudang} = \text{Rp}150.000,00/\text{bulan}$$

$$\text{Total biaya} = \text{Rp}650.000,00/\text{bulan}$$

$$\text{Kapasitas gudang} = 10.000 \text{ Kg}$$

$$\text{Hari dalam 1 bulan} = 30 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya penyimpanan tetap} &= \frac{\text{Total biaya}}{\text{Kapasitas gudang}} \\ &= \frac{\text{Rp}650.000,00/\text{bulan}}{10.000 \text{ Kg}} \\ &= \text{Rp}65/\text{Kg/bulan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya penyimpanan/hari} &= \frac{\text{Biaya penyimpanan tetap}}{\text{Hari dalam 1 bulan}} \\ &= \frac{\text{Rp}65/\text{Kg/bulan}}{30 \text{ hari}} \end{aligned}$$

Biaya penyimpanan/hari = Rp2,167/Kg/hari

w. Koefisien biaya penyimpanan variabel (*h*)

Biaya penyimpanan variabel merepresentasikan biaya yang meningkat seiring bertambahnya jumlah persediaan, seperti penataan ulang, penggunaan karung dan papan penyimpanan. Data diperoleh melalui wawancara dan perhitungan biaya *handling*, karung, dan papan penyimpanan.

Biaya *handling* tambahan (bulan) = Rp150.000,00/bulan

Kapasitas gudang = 10.000 Kg

Hari dalam 1 bulan = 30 hari

Biaya penataan ulang

Biaya *handling* tambahan (hari) = $\frac{\text{Biaya handling tambahan (bulan)}}{\text{Hari dalam 1 bulan}}$
= $\frac{\text{Rp150.000,00/bulan}}{30 \text{ harian}}$

= Rp5.000,00/hari

Biaya *handling*/Kg/Hari = $\frac{\text{Biaya handling tambahan (hari)}}{\text{Kapasitas gudang}}$

= $\frac{\text{Rp5.000,00/hari}}{10.000 \text{ Kg}}$

= Rp0,50/Kg/Hari

Biaya penataan ulang = Rp0,50/Kg/Hari

Biaya karung penyimpanan

Kapasitas karung = 50 Kg/karung

Karung yang dibutuhkan = $\frac{\text{Kapasitas gudang}}{\text{Kapasitas karung}}$

= $\frac{10.000 \text{ Kg}}{50 \text{ Kg/karung}}$

= 200 karung

Harga 1 karung = Rp5.000,00/unit

Total biaya karung = Harga 1 karung x Karung yang dibutuhkan

= Rp5.000,00/unit x 200 karung

= Rp1.000.000,00

$$\begin{aligned}\text{Umur pakai karung (asumsi)} &= 180 \text{ hari} \\ \text{Biaya karung/Kg/Hari} &= \frac{\text{Total biaya karung}}{\text{Kapasitas gudang} \times \text{Umur pakai karung}} \\ &= \frac{\text{Rp1.000.000,00}}{10.000 \text{ Kg} \times 180 \text{ hari}}\end{aligned}$$

$$\text{Biaya karung/Kg/Hari} = \text{Rp0,56/Kg/hari}$$

Biaya papan penyimpanan

$$\begin{aligned}\text{Total biaya papan} &= \text{Rp1.000.000,00} \\ \text{Umur pakai} &= 360 \text{ hari} \\ \text{Biaya papan/Kg/Hari} &= \frac{\text{Total biaya papan}}{\text{Kapasitas gudang} \times \text{Umur pakai karung}} \\ &= \frac{\text{Rp1.000.000,00}}{10.000 \text{ Kg} \times 360 \text{ hari}} \\ &= \text{Rp0,278/Kg/Hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total biaya penyimpanan variabel} &= \text{Biaya penataan ulang} + \text{Biaya} \\ &\quad \text{karung/Kg/Hari} \quad + \quad \text{Biaya} \\ &\quad \text{papan/Kg/Hari} \\ &= \text{Rp0,50/Kg/Hari} + 0,56/\text{Kg/hari} + \\ &\quad 0,278/\text{Kg/Hari} \\ &= \text{Rp1,338/Kg/hari}\end{aligned}$$

x. Biaya pembuangan produk rusak per Kg (*d*)

Parameter *d* digunakan untuk menghitung biaya pembuangan produk rusak akibat deteriorasi dan *Screening*. Data diperoleh melalui studi literatur dari tarif pengelolaan limbah wilayah Yogyakarta.

$$\begin{aligned}\text{Biaya sampah Yogyakarta/bulan} &= \text{Rp200.000,00/bulan} \\ \text{Kerusakan rata-rata/bulan} &= 1.500 \text{ Kg} \\ \text{Hari dalam 1 bulan} &= 30 \text{ hari} \\ \text{Biaya sampah/Kg/bulan} &= \frac{\text{Biaya sampah Yogyakarta/bulan}}{\text{Kerusakan rata-rata/bulan}} \\ &= \frac{\text{Rp200.000,00/bulan}}{1.500 \text{ Kg}} \\ &= \text{Rp133,33/Kg/bulan} \\ \text{Biaya sampah/Kg/hari} &= \frac{\text{Biaya sampah/Kg/bulan}}{\text{Hari dalam 1 bulan}} \\ &= \frac{\text{Rp133,33/Kg/bulan}}{30 \text{ hari}}\end{aligned}$$

$$= \text{Rp}4,44/\text{Kg}/\text{Hari}$$

y. Biaya *backorder* tepung ubi ungu per Kg (bc_1)

Biaya *backorder* merupakan biaya tambahan akibat penundaan pemenuhan permintaan pelanggan, seperti biaya administrasi dan penurunan kepuasan pelanggan. Data ini diperoleh melalui wawancara dengan pemilik UMKM dengan besaran pinalthy sebesar 2%.

$$\text{Biaya administrasi/bulan} = \text{Rp}20.000,00/\text{bulan}$$

$$\text{Permintaan rata-rata ubi ungu} = 188 \text{ Kg/bulan}$$

$$\text{Biaya admin/Kg} = \frac{\text{Rp}20.000,00/\text{bulan}}{188 \text{ Kg/bulan}}$$

$$= \text{Rp}106,38/\text{Kg}$$

$$\text{Harga Jual} = \text{Rp}43.000/\text{Kg}$$

$$\text{Pinalthy} = 2\%$$

$$\text{Biaya penurunan kepuasan/Kg} = \text{Pinalthy} \times \text{Harga jual}$$

$$= 2\% \times \text{Rp}43.000,00/\text{Kg}$$

$$= \text{Rp}860/\text{Kg}$$

$$\text{Total biaya } bc_1 = \text{Biaya admin/Kg} + \text{Biaya penurunan kepuasan/Kg}$$

$$= \text{Rp}106,38/\text{Kg} + \text{Rp}860/\text{Kg}$$

$$= \text{Rp}966,38/\text{Kg}$$

z. Biaya *backorder* tepung kacang hijau per Kg (bc_2)

Biaya *backorder* merupakan biaya tambahan akibat penundaan pemenuhan permintaan pelanggan, seperti biaya administrasi dan penurunan kepuasan pelanggan. Data ini diperoleh melalui wawancara dengan pemilik UMKM dengan besaran pinalthy sebesar 2%.

$$\text{Biaya administrasi/bulan} = \text{Rp}20.000,00/\text{bulan}$$

$$\text{Permintaan rata-rata ubi ungu} = 62 \text{ Kg/bulan}$$

$$\text{Biaya admin/Kg} = \frac{\text{Rp}20.000,00/\text{bulan}}{62 \text{ Kg/bulan}}$$

$$= \text{Rp}322,58/\text{Kg}$$

$$\text{Harga Jual} = \text{Rp}38.000,00/\text{Kg}$$

$$\text{Pinalthy} = 2\%$$

$$\begin{aligned}
\text{Biaya penurunan kepuasan/Kg} &= \text{Pinalthy} \times \text{Harga jual} \\
&= 2\% \times \text{Rp}43.000,00/\text{Kg} \\
&= \text{Rp}760,00/\text{Kg} \\
\text{Total biaya } bc_2 &= \text{Biaya admin/Kg} + \text{Biaya penurunan} \\
&\quad \text{kepuasan/Kg} \\
&= \text{Rp}322,58/\text{Kg} + \text{Rp}760/\text{Kg} \\
&= \text{Rp}1.082,58/\text{Kg}
\end{aligned}$$

aa. Biaya *backorder* tepung ubi kuning per Kg (bc_3)

Biaya *backorder* merupakan biaya tambahan akibat penundaan pemenuhan permintaan pelanggan, seperti biaya administrasi dan penurunan kepuasan pelanggan. Data ini diperoleh melalui wawancara dengan pemilik UMKM dengan besaran pinalthy sebesar 2%.

$$\begin{aligned}
\text{Biaya administrasi/bulan} &= \text{Rp}20.000,00/\text{bulan} \\
\text{Permintaan rata-rata ubi ungu} &= 40 \text{ Kg/bulan} \\
\text{Biaya admin/Kg} &= \frac{\text{Rp}20.000,00/\text{bulan}}{40 \text{ Kg/bulan}} \\
&= \text{Rp}500,00/\text{Kg} \\
\text{Harga Jual} &= \text{Rp}36.000,00/\text{Kg} \\
\text{Pinalthy} &= 2\% \\
\text{Biaya penurunan kepuasan/Kg} &= \text{Pinalthy} \times \text{Harga jual} \\
&= 2\% \times \text{Rp}43.000,00/\text{Kg} \\
&= \text{Rp}720,00/\text{Kg} \\
\text{Total biaya } bc_3 &= \text{Biaya admin/Kg} + \text{Biaya penurunan} \\
&\quad \text{kepuasan/Kg} \\
&= \text{Rp}500,00/\text{Kg} + \text{Rp}720,00/\text{Kg} \\
&= \text{Rp}1.220,00/\text{Kg}
\end{aligned}$$

bb. Biaya *lost sales* tepung ubi ungu per Kg (ls_1)

Biaya *lost sales* tepung ubi ungu merupakan biaya kerugian akibat hilangnya peluang penjualan ketika pelanggan tidak bersedia menunggu. Data ini diperoleh melalui wawancara dengan pemilik UMKM dengan besaran pinalthy sebesar 2%.

Margin yang hilang	= Rp5.000,00/Kg
Harga jual	= Rp43.000,00/Kg
Pinalthy	= 2%
Biaya reputasi	= pinalthy x Harga jual = 2% x Rp43.000,00/Kg = Rp860,00/Kg
Total ls_1	= Margin yang hilang + Biaya reputasi = Rp5.000,00/Kg + Rp860,00/Kg = Rp5.860,00/Kg

cc. Biaya *lost sales* tepung kacang hijau per Kg (ls_2)

Biaya *lost sales* tepung kacang hijau merupakan biaya kerugian akibat hilangnya peluang penjualan ketika pelanggan tidak bersedia menunggu. Data ini diperoleh melalui wawancara dengan pemilik UMKM dengan besaran pinalthy sebesar 2%.

Margin yang hilang	= Rp5.000,00/Kg
Harga jual	= Rp38.000,00/Kg
Pinalthy	= 2%
Biaya reputasi	= Pinalthy x Harga jual = 2% x Rp38.000,00/Kg = Rp760,00/Kg
Total ls_2	= Margin yang hilang + Biaya reputasi = Rp5.000,00/Kg + Rp760,00/Kg = Rp5760,00/Kg

dd. Biaya *lost sales* tepung ubi kuning per Kg (ls_3)

Biaya *lost sales* tepung ubi kuning merupakan biaya kerugian akibat hilangnya peluang penjualan ketika pelanggan tidak bersedia menunggu. Data ini diperoleh melalui wawancara dengan pemilik UMKM dengan besaran pinalthy sebesar 2%.

Margin yang hilang	= Rp5.000,00/Kg
--------------------	-----------------

Harga jual	= Rp36.000,00/Kg
Pinalthy	= 2%
Biaya reputasi	= Pinalthy x Harga jual
	= 2% x Rp36.000,00/Kg
	= Rp720,00/Kg
Total Is_3	= Margin yang hilang + Biaya reputasi
	= Rp5.000,00/Kg + Rp720,00/Kg
	= Rp5720,00/Kg

ee. Tingkat ketersediaan ubi ungu (δ_1)

Parameter δ_1 merupakan proporsi ubi ungu yang benar-benar diterima dibandingkan dengan jumlah yang dipesan akibat ketidakpastian ketersediaan ubi ungu. Berdasarkan wawancara yang dilakukan kepada pemilik UMKM tingkat ketersediaan ubi ungu mencapai 95%.

ff. Tingkat ketersediaan kacang hijau (δ_2)

Parameter δ_2 merupakan proporsi kacang hijau yang benar-benar diterima dibandingkan dengan jumlah yang dipesan akibat ketidakpastian ketersediaan kacang hijau. Berdasarkan wawancara yang dilakukan kepada pemilik UMKM tingkat ketersediaan kacang hijau mencapai 98%.

gg. Tingkat ketersediaan ubi kuning (δ_3)

Parameter δ_3 merupakan proporsi ubi kuning yang benar-benar diterima dibandingkan dengan jumlah yang dipesan akibat ketidakpastian ketersediaan ubi kuning. Berdasarkan wawancara yang dilakukan kepada pemilik UMKM tingkat ketersediaan ubi kuning mencapai 96%.

hh. Kapasitas angkut kendaraan (Cps)

Parameter Cps merupakan batas maksimum jumlah bahan baku yang dapat diangkut dalam satu kali perjalanan. Berdasarkan wawancara yang dilakukan kepada pemilik UMKM bahwa kapasitas angkut armada mencapai 650 Kg/trip.

ii. Biaya transportasi per trip (C_t)

Biaya transportasi merupakan biaya yang mencakup akomodasi perjalanan seperti biaya bahan bakar dan biaya operasional kendaraan untuk rute Yogyakarta–Magelang. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan pemilik UMKM bahwa biaya transportasi/trip yaitu Rp400.000,00.

4.2 Validasi Model

Rangkuman data-data yang telah diperoleh sebelumnya dengan mengolah data-data dari perusahaan yang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rangkuman data-data yang telah diolah

No	Parameter	Besaran	Satuan
a.	Laju permintaan awal item tepung ubi ungu (a_1)	4,4917	Kg/hari
b.	Laju permintaan awal item tepung kacang hijau (a_2)	2,9591	Kg/hari
c.	Laju permintaan awal item tepung ubi kuning (a_3)	0,3985	Kg/hari
d.	Koefisien perubahan linear permintaan tepung ubi ungu (b_1)	0,00457	Kg/hari ²
e.	Koefisien perubahan linear permintaan tepung kacang hijau (b_2)	0,001105	Kg/hari ²
f.	Koefisien perubahan linear permintaan tepung ubi kuning (b_3)	0,000175	Kg/hari ²
g.	Koefisien perubahan kuadratik permintaan tepung ubi ungu (c_1)	0,00000302	Kg/hari ³
h.	Koefisien perubahan kuadratik permintaan tepung kacang hijau (c_2)	0,0000000136	Kg/hari ³
i.	Koefisien perubahan kuadratik permintaan tepung ubi kuning (c_3)	0,000000059	Kg/hari ³
j.	Persentase produk rusak hasil <i>screening</i> tepung ubi ungu (α_1)	4%	

No	Parameter	Besaran	Satuan
k.	Persentase produk rusak hasil <i>screening</i> tepung kacang hijau (α_2)	3%	
l.	Persentase produk rusak hasil <i>screening</i> tepung ubi kuning (α_3)	4%	
m.	Laju deteriorasi pada ubi ungu (θ_1)	0,31%	1/Hari
n.	Laju deteriorasi pada kacang hijau (θ_2)	0,08%	1/Hari
o.	Laju deteriorasi pada ubi kuning (θ_3)	0,31%	1/Hari
p.	Laju proses <i>Screening</i> (λ_i)	500	Kg/Hari
q.	Sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu (ϕ_i)	0,5	1/waktu
r.	Waktu proses <i>Screening</i> pada ubi ungu	0,23	hari
s.	Waktu proses <i>Screening</i> pada kacang hijau	0,092	Hari
t.	Waktu proses <i>Screening</i> pada ubi kuning	0,086	hari
u.	Waktu awal terjadinya deteriorasi bahan baku	3	hari
v.	Waktu terjadinya kondisi stok habis	9	Hari
w.	Biaya pemeriksaan kualitas per unit (s)	Rp154,00	Rp/Kg
x.	Koefisien biaya penyimpanan tetap (g)	Rp2,167	Rp / Kg / Hari
y.	Koefisien biaya penyimpanan variabel (h)	Rp1,338	Rp / Kg / Hari
z.	Biaya pembuangan produk rusak per unit (d)	Rp4,44	Rp / Kg / Hari
aa.	Biaya <i>backorder</i> tepung ubi ungu per Kg (bc_1)	Rp966,38	Rp/Kg
bb.	Biaya <i>backorder</i> tepung kacang hijau per Kg (bc_2)	Rp 1.082,58	Rp/Kg
cc.	Biaya <i>backorder</i> tepung ubi kuning per Kg (bc_3)	Rp1.220,00	Rp/Kg

No	Parameter	Besaran	Satuan
dd.	Biaya <i>lost sales</i> tepung ubi ungu per Kg (ls_1)	Rp5.860,00	Rp/Kg
ee.	Biaya <i>lost sales</i> tepung kacang hijau per Kg (ls_2)	Rp5.760,00	Rp/Kg
ff.	Biaya <i>lost sales</i> tepung ubi kuning per Kg (ls_3)	Rp5.720,00	Rp/Kg
gg.	Tingkat ketersediaan ubi ungu (δ_1)	95%	-
hh.	Tingkat ketersediaan kacang hijau (δ_2)	98%	-
ii.	Tingkat ketersediaan ubi kuning (δ_3)	96%	-
jj.	Kapasitas angkut kendaraan (Cps)	650	Kg/trip
kk.	Biaya transportasi per trip (C_t)	Rp400.000,00	Rp/trip

4.2.1 Penentuan kebijakan pengendalian persediaan menggunakan model usulan

4.2.1.1 Perhitungan panjang siklus persediaan

Perhitungan panjang siklus persediaan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3.156), sehingga didapatkan

$$T = \sum_{i=1}^n t_3 + \frac{d\alpha_i}{(b_c(1 - \varphi_i) + l_{si}\varphi_i)}$$

$$T = 9 \text{ hari} + \frac{\text{Rp}4,44(4\%)}{(\text{Rp}966,38 \times (1 - 0,5) + (\text{Rp}5.860,00 \times 0,5))} + \frac{\text{Rp}4,44(3\%)}{(\text{Rp}1.082,58 \times (1 - 0,5) + (\text{Rp}5.760,00 \times 0,5))} + \frac{\text{Rp}4,44(4\%)}{(\text{Rp}1220,00 \times (1 - 0,5) + (\text{Rp}5.720,00 \times 0,5))}$$

$$T = 9,00014215 \text{ hari}$$

4.2.1.2 Perhitungan kuantitas pembelian optimal

Perhitungan kuantitas pembelian optimal pada masing-masing periode dapat menggunakan Persamaan (3.164), sehingga didapatkan Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Jumlah pembelian optimal

Periode / Bulan(t)	Kuantitas Pembelian Bahan Baku Aktual, Kg			Presentase Akumulasi Item
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
1	211	78	48	51,85%
2	244	82	9	51,54%
3	102	81	32	33,08%
4	190	85	34	47,54%
5	317	94	41	69,54%
6	405	94	37	82,46%

Periode / Bulan(t)	Kuantitas Pembelian Bahan Baku Aktual, Kg			Presentase Akumulasi Item
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
7	346	87	64	76,46%
8	267	264	57	90,46%
9	340	41	29	63,08%
10	287	34	51	57,23%
11	302	27	44	57,38%
12	437	18	2	70,31%
13	170	46	158	57,54%
14	231	67	31	50,62%
15	158	61	210	66,00%
16	223	68	17	47,38%
17	232	87	135	69,85%
18	360	68	29	70,31%
19	536	46	25	93,38%
20	422	40	97	86,00%
21	188	54	115	54,92%
22	276	58	83	64,15%

Contoh perhitungan pada ubi ungu periode 22:

$$Qa_i = \sum_{i=1}^n \delta_i(D_i(t) \left(\frac{t_3(b_c(1 - \varphi i) + l_{si}\varphi i) da_i}{(b_c(1 - \varphi i) + l_{si}\varphi i)} \right))$$

$$Qa_{ubi\ ungu} = 95\% \times 182\ Kg \times \left(\frac{(9\ hari \times (Rp966,38 \times (1 - 0,5) + Rp5.860,00 \times 0,5) \times Rp4,44 \times 4\%)}{(Rp966,38 \times (1 - 0,5) + Rp5.860,00 (0,5))} \right)$$

$$Qa_{ubi\ ungu} = 276\ Kg$$

Jadi, pada periode ke-22 bahan baku ubi ungu dibeli sebanyak 276 Kg.

4.2.1.3 Perhitungan total biaya persediaan model usulan

Berikut merupakan perhitungan total biaya persediaan menggunakan model usulan yang dapat dihitung melalui langkah-langkah berikut.

1. Biaya pemeriksaan

Perhitungan biaya pemeriksaan dapat dihitung menggunakan Persamaan (3.63). Biaya pemeriksaan per Kg nya dengan harga Rp154,00 sehingga didapatkan Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Biaya pemeriksaan item ke-*i* per siklus

Periode / Bulan(t)	Biaya Pemeriksaan Item Ke- <i>i</i> Per Siklus, Rp			Total Biaya Pemeriksaan, Rp
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
1	Rp32.494,00	Rp12.012,00	Rp7.392,00	Rp51.898,00
2	Rp37.576,00	Rp12.628,00	Rp1.386,00	Rp51.590,00
3	Rp15.708,00	Rp12.474,00	Rp4.928,00	Rp33.110,00
4	Rp29.260,00	Rp13.090,00	Rp5.236,00	Rp47.586,00
5	Rp48.818,00	Rp14.476,00	Rp6.314,00	Rp69.608,00

Periode / Bulan(t)	Biaya Pemeriksaan Item Ke-i Per Siklus, Rp			Total Biaya Pemeriksaan, Rp
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
6	Rp62.370,00	Rp14.476,00	Rp5.698,00	Rp82.544,00
7	Rp53.284,00	Rp13.398,00	Rp9.856,00	Rp76.538,00
8	Rp41.118,00	Rp40.656,00	Rp8.778,00	Rp90.552,00
9	Rp52.360,00	Rp6.314,00	Rp4.466,00	Rp63.140,00
10	Rp44.198,00	Rp5.236,00	Rp7.854,00	Rp57.288,00
11	Rp46.508,00	Rp4.158,00	Rp6.776,00	Rp57.442,00
12	Rp67.298,00	Rp2.772,00	Rp308,00	Rp70.378,00
13	Rp26.180,00	Rp7.084,00	Rp24.332,00	Rp57.596,00
14	Rp35.574,00	Rp10.318,00	Rp4.774,00	Rp50.666,00
15	Rp24.332,00	Rp9.394,00	Rp32.340,00	Rp66.066,00
16	Rp34.342,00	Rp10.472,00	Rp2.618,00	Rp47.432,00
17	Rp35.728,00	Rp13.398,00	Rp20.790,00	Rp69.916,00
18	Rp55.440,00	Rp10.472,00	Rp4.466,00	Rp70.378,00
19	Rp82.544,00	Rp7.084,00	Rp3.850,00	Rp93.478,00
20	Rp64.988,00	Rp6.160,00	Rp14.938,00	Rp86.086,00
21	Rp28.952,00	Rp8.316,00	Rp17.710,00	Rp54.978,00
22	Rp42.504,00	Rp8.932,00	Rp12.782,00	Rp64.218,00

Contoh perhitungan pada periode ke-22:

$$ScC_i = s(Qa_i)$$

$$ScC_{Ubi\ Ungu} = \text{Rp}154,00 \text{ (276 Kg)}$$

$$ScC_{Ubi\ Ungu} = \text{Rp}42.504,00$$

$$ScC_{Kacang\ Hijau} = \text{Rp}154,00 \text{ (58 Kg)}$$

$$ScC_{Kacang\ Hijau} = \text{Rp}8.932,00$$

$$ScC_{Ubi\ Kuning} = \text{Rp}154,00 \text{ (83 Kg)}$$

$$ScC_{Ubi\ Kuning} = \text{Rp}12.782,00$$

$$\Sigma ScC = \text{Rp}42.504,00 + \text{Rp}8.932,00 + \text{Rp}12.782,00$$

$$\Sigma ScC = \text{Rp}64.218,00$$

Jadi, pada periode ke-22 perusahaan harus mengeluarkan biaya pemeriksaan pada ubi ungu sebanyak Rp42.504,00, pada kacang hijau sebanyak Rp8.932,00, dan pada ubi kuning Rp12.782,00 sehingga akumulasi biaya pemeriksaan yang harus dikeluarkan perusahaan pada periode ke-22 sebanyak Rp64.218,00.

2. Biaya penyimpanan

Perhitungan biaya penyimpanan item ke- i per siklus dapat dihitung dengan mengakumulasikan menggunakan Persamaan (3.71), Persamaan (3.81), dan Persamaan (3.92), sehingga didapatkan Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Biaya penyimpanan item ke- i per siklus

Periode / Bulan (t)	Biaya Penyimpanan Pada $[0, t_1]$, Rp			Biaya Penyimpanan Pada $[t_1, t_2]$, Rp			Biaya Penyimpanan Pada $[t_2, t_3]$, Rp			Total Biaya Penyimpanan, Rp
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
1	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp100.078,16	Rp25.607,55	Rp10.443,93	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.908,58
2	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp99.929,93	Rp25.595,72	Rp10.459,47	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.764,06
3	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp100.567,75	Rp25.598,67	Rp10.450,31	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp874.395,68
4	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp100.172,48	Rp25.586,84	Rp10.449,51	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.987,77
5	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp99.602,04	Rp25.560,21	Rp10.446,72	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.387,91
6	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp99.206,77	Rp25.560,21	Rp10.448,32	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp872.994,23
7	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp99.471,78	Rp25.580,92	Rp10.437,56	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.269,20
8	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp99.826,62	Rp25.057,16	Rp10.440,35	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.103,07
9	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp99.498,73	Rp25.717,04	Rp10.451,50	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.446,21
10	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp99.736,79	Rp25.737,75	Rp10.442,74	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.696,22
11	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp99.669,41	Rp25.758,47	Rp10.445,53	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.652,35
12	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp99.063,03	Rp25.785,10	Rp10.462,26	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.089,34
13	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp100.262,32	Rp25.702,24	Rp10.400,10	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp874.143,60
14	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp99.988,32	Rp25.640,10	Rp10.450,71	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.858,07
15	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp100.316,22	Rp25.657,86	Rp10.379,38	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp874.132,39
16	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp100.024,26	Rp25.637,14	Rp10.456,29	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.896,63
17	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp99.983,83	Rp25.580,92	Rp10.409,26	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.752,96
18	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp99.408,89	Rp25.637,14	Rp10.451,50	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.276,48
19	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp98.618,35	Rp25.702,24	Rp10.453,10	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp872.552,64
20	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp99.130,41	Rp25.720,00	Rp10.424,41	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.053,75
21	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp100.181,47	Rp25.678,57	Rp10.417,23	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp874.056,21
22	Rp29.267,00	Rp3.998,58	Rp1.104,93	Rp99.786,20	Rp25.666,73	Rp10.429,99	Rp309.717,15	Rp356.253,83	Rp37.437,44	Rp873.661,86

Contoh perhitungan pada periode ke-22:

Biaya Penyimpanan pada $[0, t_1]$

$$HC_{i1} = (g + hI_0)t_1 - \frac{ha_i}{2}t_1^2 - \frac{hb_i}{6}t_1^3 - \frac{hc_i}{12}t_1^4$$

$$\begin{aligned} HC_{1 \text{ Ubi Ungu}} &= (\text{Rp}2.167,00 + \text{Rp}1.338,00 (94 \text{ Kg})) (0,23 \text{ hari}) - \frac{\text{Rp}1.338,00 (4,4917)}{2} \\ &\quad 0,23 \text{ hari}^2 - \frac{\text{Rp}1.338,00 (0,00457)}{6} 0,23 \text{ hari}^3 - \frac{\text{Rp}1.338,00 (0,00000302)}{12} \\ &\quad 0,23 \text{ hari}^4 \end{aligned}$$

$$HC_{1 \text{ Ubi Ungu}} = \text{Rp}29.267,00$$

$$\begin{aligned} HC_{1 \text{ Kacang Hijau}} &= (\text{Rp}2.157,00 + \text{Rp}1.338,00 (31 \text{ Kg})) (0,092 \text{ hari}) - \frac{\text{Rp}1.338,00 (2,9591)}{2} \\ &\quad 0,092 \text{ hari}^2 - \frac{\text{Rp}1.338,00 (0,001105)}{6} 0,092 \text{ hari}^3 - \\ &\quad \frac{\text{Rp}1.338,00 (0,0000000136)}{12} 0,092 \text{ hari}^4 \end{aligned}$$

$$HC_{1 \text{ Kacang Hijau}} = \text{Rp}3.998,58$$

$$\begin{aligned} HC_{1 \text{ Ubi Kuning}} &= (\text{Rp}2.167,00 + \text{Rp}1.338,00 (8 \text{ Kg})) (0,086 \text{ hari}) - \frac{\text{Rp}1.338,00 (0,3985)}{2} \\ &\quad 0,086 \text{ hari}^2 - \frac{\text{Rp}1.338,00 (0,00175)}{6} 0,086 \text{ hari}^3 - \frac{\text{Rp}1.338,00 (0,00000059)}{12} \\ &\quad 0,086 \text{ hari}^4 \end{aligned}$$

$$HC_{1 \text{ Ubi Kuning}} = \text{Rp}1.104,93$$

$$\Sigma HC_1 = \text{Rp}29.267,00 + \text{Rp}3.998,58 + \text{Rp}1.104,93$$

$$\Sigma HC_1 = \text{Rp}34.370,51$$

Total biaya penyimpanan pada $[0, t_1]$ periode ke-22 yang harus dikeluarkan oleh perusahaan sebesar Rp34.370,51.

Biaya Penyimpanan pada $[t_1, t_2]$

$$HC_{i2} = (g + hI_0 - ha_i Qa_i) - \frac{ha_i}{2}(t_2^2 - t_1^2) - \frac{hb_i}{6}(t_2^3 - t_1^3) - \frac{hc_i}{12}(t_2^4 - t_1^4)$$

$$\begin{aligned} HC_{2 \text{ Ubi Ungu}} &= (\text{Rp}2.167,00 + (\text{Rp}1.338,00 \times 94 \text{ Kg}) - (4,4917 \times 276 \text{ Kg})) - \\ &\quad \frac{\text{Rp}1.338,00 \times 4,4917}{2} (3 \text{ hari}^2 - 0,23 \text{ hari}^2) - \frac{\text{Rp}1.338,00 \times 0,00457}{6} \\ &\quad (3 \text{ hari}^3 - 0,23 \text{ hari}^3) - \frac{\text{Rp}1.338,00 \times 0,00000302}{12} (3 \text{ hari}^4 - \\ &\quad 0,23 \text{ hari}^4) \end{aligned}$$

$$HC_{2 \text{ Ubi Ungu}} = \text{Rp}99.786,20$$

$$\begin{aligned}
HC_2 \text{ Kacang Hijau} &= (\text{Rp}2.167,00 + (\text{Rp}1.338,00 \times 31 \text{ Kg}) - (2,9591 \times 58 \text{ Kg})) - \\
&\quad \frac{\text{Rp}1.338,00 \times 2,9591}{2} (3 \text{ hari}^2 - 0,092 \text{ hari}^2) - \frac{\text{Rp}1.338,00 \times 0,001105}{6} \\
&\quad (3 \text{ hari}^3 - 0,092 \text{ hari}^3) - \frac{\text{Rp}1.338,00 \times 0,000000136}{12} (3 \text{ hari}^4 - \\
&\quad 0,092 \text{ hari}^4)
\end{aligned}$$

$$HC_2 \text{ Kacang Hijau} = \text{Rp}25.666,73$$

$$\begin{aligned}
HC_2 \text{ Ubi Kuning} &= (\text{Rp}2.167,00 + (\text{Rp}1.338,00 \times 8 \text{ Kg}) - (0,3985 \times 83 \text{ Kg})) - \\
&\quad \frac{\text{Rp}1.338,00 \times 0,3985}{2} (3 \text{ hari}^2 - 0,086 \text{ hari}^2) - \frac{\text{Rp}1.338,00 \times 0,00175}{6} \\
&\quad (3 \text{ hari}^3 - 0,086 \text{ hari}^3) - \frac{\text{Rp}1.338,00 \times 0,00000059}{12} (3 \text{ hari}^4 - \\
&\quad 0,086 \text{ hari}^4)
\end{aligned}$$

$$HC_2 \text{ Ubi Kuning} = \text{Rp}10.429,99$$

$$\Sigma HC_2 = \text{Rp}99.786,20 + \text{Rp}25.666,73 + \text{Rp}10.429,99$$

$$\Sigma HC_2 = \text{Rp}135.882,92$$

Total biaya penyimpanan pada $[t_1, t_2]$ periode ke-22 yang harus dikeluarkan oleh perusahaan sebesar Rp135.882,92.

Biaya Penyimpanan pada $[t_2, t_3]$

$$\begin{aligned}
HC_{i3} &= g(t_3 - t_2) + \frac{h}{\theta_i^2} \left[(a_i + b_i t_3 + c_i t_3^2) - \left(\frac{b_i t_3 + 2c_i t_3}{\theta_i} \right) - \left(\frac{2c_i}{\theta_i^2} \right) \right] (e^{\theta_i(t_3 - t)} - \\
&\quad 1) - h \left[(a_i(t_3 - t_2) + \frac{b_i}{2}(t_3^2 - t_2^2) - \frac{c_i}{3}(t_3^3 - t_2^3) - \frac{b_i + 2c_i}{2\theta_i}(t_3^2 - \right. \\
&\quad \left. t_2^2) - \frac{2c_i}{\theta_i^2}(t_3 - t_2) \right]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
HC_3 \text{ Ubi Ungu} &= \text{Rp}2.167,00 (9 \text{ hari} - 3 \text{ hari}) + \frac{\text{Rp}1.338,00}{0,31^2} \\
&\quad [(4,4917 + (0,00457 \times 9 \text{ hari}) + (0,00000302 \times 9 \text{ hari}^2)) - \\
&\quad \left(\frac{(0,00457 \times 9 \text{ hari}) + 2(0,00000302 \times 9 \text{ hari})}{0,31} \right) - \left(\frac{2(0,00000302)}{0,31^2} \right)] \\
&\quad (e^{0,31(9 \text{ hari} - 3 \text{ hari})} - 1) - \text{Rp}1.338,00 [(4,4917(9 \text{ hari} - 3 \text{ hari}) + \\
&\quad \frac{0,00457}{2} (9 \text{ hari}^2 - 3 \text{ hari}^3) - \frac{0,00000302}{3} (9 \text{ hari}^3 - 3 \text{ hari}^3) - \\
&\quad \frac{0,00457 + 2(0,00000302)}{2(0,31)} (9 \text{ hari}^2 - 3 \text{ hari}^3) - \frac{2(0,00000302)}{0,31^2} \\
&\quad (9 \text{ hari} - 3 \text{ hari})]
\end{aligned}$$

$$HC_3 \text{ Ubi Ungu} = \text{Rp}309.717,15$$

$$\begin{aligned}
HC_3 \text{ Kacang Hijau} &= \text{Rp}2.167,00 \quad (9 \text{ hari} - 3 \text{ hari}) + \frac{\text{Rp}1.338,00}{0,08^2} \\
&\quad [(2,9591 + (0,001105 \times 9 \text{ hari}) + (0,0000000136 \times 9 \text{ hari}^2)) - \\
&\quad (\frac{(0,001105 \times 9 \text{ hari}) + 2(0,0000000136 \times 9 \text{ hari})}{0,08}) - (\frac{2(0,0000000136)}{0,08^2})] \\
&\quad (e^{0,08(9 \text{ hari} - 3 \text{ hari})} - 1) - \text{Rp}1.338,00 [(2,9591(9 \text{ hari} - 3 \text{ hari}) + \\
&\quad \frac{0,001105}{2} (9 \text{ hari}^2 - 3 \text{ hari}^3) - \frac{0,0000000136}{3} (9 \text{ hari}^3 - 3 \text{ hari}^3) - \\
&\quad \frac{0,001105 + 2(0,0000000136)}{2(0,08)} (9 \text{ hari}^2 - 3 \text{ hari}^3) - \frac{2(0,0000000136)}{0,08^2} \\
&\quad (9 \text{ hari} - 3 \text{ hari})]
\end{aligned}$$

$$HC_3 \text{ Kacang Hijau} = \text{Rp}356.253,83$$

$$\begin{aligned}
HC_3 \text{ Ubi Kuning} &= \text{Rp}2.167,00 \quad (9 \text{ hari} - 3 \text{ hari}) + \frac{\text{Rp}1.338,00}{0,31^2} \\
&\quad [(0,3985 + (0,00175 \times 9 \text{ hari}) + (0,000000059 \times 9 \text{ hari}^2)) - \\
&\quad (\frac{(0,00175 \times 9 \text{ hari}) + 2(0,000000059 \times 9 \text{ hari})}{0,31}) - (\frac{2(0,000000059)}{0,31^2})] \\
&\quad (e^{0,31(9 \text{ hari} - 3 \text{ hari})} - 1) - \text{Rp}1.338,00 [(0,3985(9 \text{ hari} - 3 \text{ hari}) + \\
&\quad \frac{0,00175}{2} (9 \text{ hari}^2 - 3 \text{ hari}^3) - \frac{0,000000059}{3} (9 \text{ hari}^3 - 3 \text{ hari}^3) - \\
&\quad \frac{0,00175 + 2(0,000000059)}{2(0,31)} (9 \text{ hari}^2 - 3 \text{ hari}^3) - \frac{2(0,000000059)}{0,31^2} \\
&\quad (9 \text{ hari} - 3 \text{ hari})]
\end{aligned}$$

$$HC_3 \text{ Ubi Kuning} = \text{Rp}37.437,44$$

$$\Sigma HC_3 = \text{Rp}309.717,15 + \text{Rp}356.253,83 + \text{Rp}37.437,44$$

$$\Sigma HC_3 = \text{Rp}703.408,43$$

Total biaya penyimpanan pada $[t_2, t_3]$ periode ke-22 yang harus dikeluarkan oleh perusahaan sebesar Rp703.408,43.

Total Biaya Penyimpanan

$$\Sigma HC = \text{Rp}34.370,51 + \text{Rp}135.882,92 + \text{Rp}703.408,43$$

$$\Sigma HC = \text{Rp}873.661,86$$

Jadi pada periode ke-22 akumulasi biaya penyimpanan yang harus dibayar oleh perusahaan sebesar Rp873.908,58.

3. Biaya pembuangan

Perhitungan biaya pembuangan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3.103). Biaya pembuangan per Kg nya dengan harga Rp4,44 sehingga didapatkan Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Biaya pembuangan item ke-*i* per siklus

Periode / Bulan(t)	Biaya Pembuangan Item Ke- <i>i</i> Per Siklus, Rp			Total Biaya Pembuangan, Rp
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
1	Rp324,11	Rp68,90	Rp32,42	Rp425,44
2	Rp329,97	Rp69,44	Rp25,49	Rp424,90
3	Rp304,75	Rp69,30	Rp29,58	Rp403,64
4	Rp320,38	Rp69,84	Rp29,93	Rp420,15
5	Rp342,94	Rp71,04	Rp31,18	Rp445,15
6	Rp358,57	Rp71,04	Rp30,47	Rp460,07
7	Rp348,09	Rp70,10	Rp35,26	Rp453,45
8	Rp334,06	Rp93,68	Rp34,02	Rp461,75
9	Rp347,02	Rp63,98	Rp29,05	Rp440,04
10	Rp337,61	Rp63,04	Rp32,95	Rp433,61
11	Rp340,27	Rp62,11	Rp31,71	Rp434,09
12	Rp364,25	Rp60,91	Rp24,25	Rp449,41
13	Rp316,83	Rp64,64	Rp51,96	Rp433,43
14	Rp327,66	Rp67,44	Rp29,40	Rp424,50
15	Rp314,70	Rp66,64	Rp61,19	Rp442,53
16	Rp326,24	Rp67,57	Rp26,91	Rp420,73
17	Rp327,84	Rp70,10	Rp47,87	Rp445,82
18	Rp350,57	Rp67,57	Rp29,05	Rp447,19
19	Rp381,83	Rp64,64	Rp28,34	Rp474,81
20	Rp361,58	Rp63,84	Rp41,12	Rp466,55
21	Rp320,03	Rp65,71	Rp44,32	Rp430,05
22	Rp335,66	Rp66,24	Rp38,64	Rp440,53

Contoh perhitungan pada periode ke-22:

$$\begin{aligned}
 DC_i &= d (a_i Q a_i + I_0 (1 - \alpha_i) - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3) - \alpha_i (\frac{D_{bi}}{\phi i} \\
 &\quad \ln (1 + \phi_i (T - t_3))) - (a_i t_3 + \frac{b_i}{2} t_3^2 + \frac{c_i}{3} t_3^3) - (a_i t_2 + \frac{b_i}{2} t_2^2 + \frac{c_i}{3} t_2^3)) \\
 DC_{Ubi\ Ungu} &= Rp4,44 (4\% \times 276 \text{ Kg} + 94 \text{ Kg} (1 - 4\%) - (4,4917 \times 3 \text{ hari} + \\
 &\quad \frac{0,00457}{2} 3 \text{ hari}^2 + \frac{0,00000302}{3} 3 \text{ hari}^3) - 4\% (\frac{5 \text{ Kg}}{0,5} \\
 &\quad \ln (1 + 0,5 (10 \text{ hari} - 9 \text{ hari}))) - (4,4917 \times 9 \text{ hari} + \frac{0,00457}{2} 9 \text{ hari}^2 + \\
 &\quad \frac{0,00000302}{3} 9 \text{ hari}^3) - (4,4917 \times 3 \text{ hari} + \frac{0,00457}{2} 3 \text{ hari}^2 +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{0,00000302}{3} 3 \text{ hari}^3)) \\
DC_{Ubi \text{ Ungu}} &= \text{Rp}335,66 \\
DC_{Kacang \text{ Hijau}} &= \text{Rp}4,44 (3\% \times 58 \text{ Kg} + 31 \text{ Kg} (1 - 3\%) - (2,9591 \times 3 \text{ hari} + \\
& \frac{0,001105}{2} 3 \text{ hari}^2 + \frac{0,0000000136}{3} 3 \text{ hari}^3) - 3\%(\frac{3 \text{ Kg}}{0,5} \\
& \ln (1 + 0,5 (10 \text{ hari} - 9 \text{ hari}))) - (2,9591 \times 9 \text{ hari} + \frac{0,001105}{2} 9 \text{ hari}^2 + \\
& \frac{0,0000000136}{3} 9 \text{ hari}^3) - (2,9591 \times 3 \text{ hari} + \frac{0,001105}{2} 3 \text{ hari}^2 + \\
& \frac{0,0000000136}{3} 3 \text{ hari}^3)) \\
DC_{Kacang \text{ Hijau}} &= \text{Rp}66,24 \\
DC_{Ubi \text{ Kuning}} &= \text{Rp}4,44 (4\% \times 83 \text{ Kg} + 8 \text{ Kg} (1 - 4\%) - (0,3985 \times 3 \text{ hari} + \\
& \frac{0,00175}{2} 3 \text{ hari}^2 + \frac{0,000000059}{3} 3 \text{ hari}^3) - 4\%(\frac{5 \text{ Kg}}{0,5} \\
& \ln (1 + 0,5 (10 \text{ hari} - 9 \text{ hari}))) - (0,3985 \times 9 \text{ hari} + \frac{0,00175}{2} 9 \text{ hari}^2 + \\
& \frac{0,000000059}{3} 9 \text{ hari}^3) - (0,3985 \times 3 \text{ hari} + \frac{0,00175}{2} 3 \text{ hari}^2 + \\
& \frac{0,000000059}{3} 3 \text{ hari}^3)) \\
DC_{Ubi \text{ Kuning}} &= \text{Rp}38,64 \\
\sum DC &= \text{Rp}335,66 + \text{Rp}66,24 + \text{Rp}38,64 \\
\sum DC &= \text{Rp}440,53
\end{aligned}$$

Jadi pada periode ke-22 akumulasi biaya pembuangan yang harus dibayar oleh perusahaan sebesar Rp440,53.

4. Biaya kekurangan akibat *backorder*

Perhitungan biaya kekurangan akibat *backorder* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3.124), sehingga didapatkan Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Biaya kekurangan akibat *backorder*

Periode / Bulan(t)	Biaya Kekurangan Akibat <i>Backorder</i> , Rp			Total Biaya Kekurangan Akibat <i>Backorder</i> , Rp
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
1	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
2	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
3	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
4	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56

Periode / Bulan(t)	Biaya Kekurangan Akibat <i>Backorder</i> , Rp			Total Biaya Kekurangan Akibat <i>Backorder</i> , Rp
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
5	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
6	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
7	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
8	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
9	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
10	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
11	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
12	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
13	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
14	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
15	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
16	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
17	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
18	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
19	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
20	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
21	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56
22	Rp1.827,13	Rp1.228,10	Rp461,33	Rp3.516,56

Contoh perhitungan pada periode ke-22:

$$ShC_i = b_{ci} D_{bi} \left(-\frac{1}{\varphi_i^2} \ln(1 + \varphi_i (T - t_3)) + \frac{(T - t_3)}{\varphi_i} \right)$$

$$ShC_{Ubi\ Ungu} = Rp966,38 \times 5\ Kg \left(-\frac{1}{0,5^2} \ln(1 + 0,5 (10\ hari - 9\ hari)) + \frac{(10\ hari - 9\ hari)}{0,5} \right)$$

$$ShC_{Ubi\ Ungu} = Rp1.827,13$$

$$ShC_{Kacang\ Hijau} = Rp1.082,58 \times 3\ Kg \left(-\frac{1}{0,5^2} \ln(1 + 0,5 (10\ hari - 9\ hari)) + \frac{(10\ hari - 9\ hari)}{0,5} \right)$$

$$ShC_{Kacang\ Hijau} = Rp1.228,10$$

$$ShC_{Ubi\ Kuning} = Rp1.220,00 \times 1\ Kg \left(-\frac{1}{0,5^2} \ln(1 + 0,5 (10\ hari - 9\ hari)) + \frac{(10\ hari - 9\ hari)}{0,5} \right)$$

$$ShC_{Ubi\ Kuning} = Rp461,33$$

$$\Sigma ShC = Rp1.827,13 + Rp1.228,10 + Rp461,33$$

$$\Sigma ShC = Rp3.516,56$$

Jadi pada periode ke-22 akumulasi biaya kekurangan akibat *backorder* yang harus dibayar oleh perusahaan sebesar Rp3.516,56.

5. Biaya kekurangan akibat *lost sales*

Perhitungan biaya kekurangan akibat *lost sales* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3.135), sehingga didapatkan Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Biaya kekurangan akibat *lost sales*

Periode / Bulan(t)	Biaya Kekurangan Akibat <i>Lost sales</i> , Rp			Total Biaya Kekurangan Akibat <i>Lost sales</i> , Rp
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
1	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
2	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
3	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
4	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
5	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
6	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
7	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
8	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
9	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
10	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
11	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
12	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
13	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
14	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
15	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
16	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
17	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
18	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
19	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
20	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
21	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35
22	Rp5.539,74	Rp3.267,13	Rp1.081,48	Rp9.888,35

Contoh perhitungan pada periode ke-22:

$$LsC_i = l_{si}D_{bi} \left[(T - t_3) - \frac{1}{\phi_i} \ln (1 + \phi_i(T - t_3)) \right]$$

$$LsC_{Ubi\ Ungu} = Rp5.860,00 \times 5 \text{ Kg} \left[(10 \text{ hari} - 9 \text{ hari}) - \frac{1}{0,5} \ln (1 + 0,5(10 \text{ hari} - 9 \text{ hari})) \right]$$

$$LsC_{Ubi\ Ungu} = Rp5.539,74$$

$$LsC_{Kacang\ Hijau} = Rp5.760,00 \times 3 \text{ Kg} \left[(10 \text{ hari} - 9 \text{ hari}) - \frac{1}{0,5} \ln (1 + 0,5(10 \text{ hari} - 9 \text{ hari})) \right]$$

$$LsC_{Kacang\ Hijau} = \text{Rp}3.267,13$$

$$LsC_{Ubi\ Kuning} = \text{Rp}5.720,00 \times 1 \text{ Kg} \left[(10 \text{ hari} - 9 \text{ hari}) - \frac{1}{0,5} \ln (1 + 0,5(10 \text{ hari} - 9 \text{ hari})) \right]$$

$$LsC_{Ubi\ Kuning} = \text{Rp}1.081,48$$

$$\Sigma LsC = \text{Rp}5.539,74 + \text{Rp}3.267,13 + \text{Rp}1.081,48$$

$$\Sigma LsC = \text{Rp}9.888,35$$

Jadi pada periode ke-22 akumulasi biaya kekurangan akibat *lost sales* yang harus dibayar oleh perusahaan sebesar Rp9.888,35.

6. Biaya transportasi

Perhitungan biaya transportasi dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3.139), sehingga didapatkan Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Biaya transportasi

Periode / Bulan(t)	Akumulasi Kuantitas yang di Beli, Kg	Biaya Transportasi, Rp
1	337	Rp207.384,62
2	335	Rp206.153,85
3	215	Rp132.307,69
4	309	Rp190.153,85
5	452	Rp278.153,85
6	536	Rp329.846,15
7	497	Rp305.846,15
8	588	Rp361.846,15
9	410	Rp252.307,69
10	372	Rp228.923,08
11	373	Rp229.538,46
12	457	Rp281.230,77
13	374	Rp230.153,85
14	329	Rp202.461,54
15	429	Rp264.000,00
16	308	Rp189.538,46
17	454	Rp279.384,62
18	457	Rp281.230,77
19	607	Rp373.538,46
20	559	Rp344.000,00
21	357	Rp219.692,31
22	417	Rp256.615,38

Contoh perhitungan pada periode ke-22:

$$TraC = C_i \times \text{Roundup} \left[\frac{\sum_{i=1}^n Q_{ai}}{C_{ps}} \right]$$

$$TraC = \text{Rp}400.000,00 \times \text{Roundup}\left(\left[\frac{(276 \text{ Kg} + 58 \text{ Kg} + 83 \text{ Kg})}{650 \text{ Kg}}\right]; 0\right)$$

$$TraC = \text{Rp}400.000,00$$

Berdasarkan Tabel 4.2 bahwa pembelian ubi ungu, kacang hijau, ubi kuning pada periode 22 hanya 417Kg atau 64,15% dari total yang di angkut, sisanya mengangkut bahan baku lain, sehingga

$$TraC = \text{Rp}400.000,00 \times 64,15\%$$

$$TraC = \text{Rp}256.615,38$$

7. Total Biaya Persediaan

Total biaya persediaan didapatkan dari akumulasi biaya pemeriksaan, biaya penyimpanan, biaya pembuangan, biaya kekurangan akibat *backorder*, biaya kekurangan akibat *lost sales*, dan biaya transportasi, sehingga total biaya persediaan didapatkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Total biaya persediaan dengan menggunakan model usulan

Periode / Bulan(t)	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat <i>Backorder</i> , Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat <i>Lost sales</i> , Rp	Biaya Transportasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
1	Rp51.898,00	Rp873.908,58	Rp424,25	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp207.384,62	Rp1.147.020,36
2	Rp51.590,00	Rp873.764,06	Rp423,71	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.153,85	Rp1.145.336,53
3	Rp33.110,00	Rp874.395,68	Rp402,45	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp132.307,69	Rp1.053.620,73
4	Rp47.586,00	Rp873.987,77	Rp418,96	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp190.153,85	Rp1.125.551,50
5	Rp69.608,00	Rp873.387,91	Rp443,96	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp278.153,85	Rp1.234.998,63
6	Rp82.544,00	Rp872.994,23	Rp458,88	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp329.846,15	Rp1.299.248,18
7	Rp76.538,00	Rp873.269,20	Rp452,26	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp305.846,15	Rp1.269.510,52
8	Rp90.552,00	Rp873.103,07	Rp460,57	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp361.846,15	Rp1.339.366,70
9	Rp63.140,00	Rp873.446,21	Rp438,86	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.307,69	Rp1.202.737,67
10	Rp57.288,00	Rp873.696,22	Rp432,42	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp228.923,08	Rp1.173.744,62
11	Rp57.442,00	Rp873.652,35	Rp432,91	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp229.538,46	Rp1.174.470,62
12	Rp70.378,00	Rp873.089,34	Rp448,22	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.238.551,24
13	Rp57.596,00	Rp874.143,60	Rp432,24	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp230.153,85	Rp1.175.730,60
14	Rp50.666,00	Rp873.858,07	Rp423,32	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp202.461,54	Rp1.140.813,84
15	Rp66.066,00	Rp874.132,39	Rp441,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp264.000,00	Rp1.218.044,64
16	Rp47.432,00	Rp873.896,63	Rp419,54	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp189.538,46	Rp1.124.691,54
17	Rp69.916,00	Rp873.752,96	Rp444,63	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp279.384,62	Rp1.236.903,11
18	Rp70.378,00	Rp873.276,48	Rp446,00	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.238.736,17
19	Rp93.478,00	Rp872.552,64	Rp473,62	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp373.538,46	Rp1.353.447,63
20	Rp86.086,00	Rp873.053,75	Rp465,36	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp344.000,00	Rp1.317.010,03
21	Rp54.978,00	Rp874.056,21	Rp428,87	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp219.692,31	Rp1.162.560,30
22	Rp64.218,00	Rp873.661,86	Rp439,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp256.615,38	Rp1.208.339,50
Total	Rp1.412.488,00	Rp19.219.079,19	Rp9.651,71	Rp77.364,36	Rp217.543,69	Rp5.644.307,69	Rp26.580.434,64

Contoh perhitungan pada periode ke-22:

$$TC = \text{Rp}64.218,00 + \text{Rp}873.661,86 + \text{Rp}439,34 + \text{Rp}3.516,56 + \text{Rp}9.888,35 \\ + \text{Rp}256.615,38$$

$$TC = \text{Rp}1.208.339,50$$

Jadi pada periode ke-22 total biaya yang harus dibayar oleh perusahaan sebesar Rp1.208.339,50.

4.2.2 Penentuan pengendalian persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan

Berikut merupakan perhitungan total biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan yang dapat dihitung melalui langkah-langkah berikut.

1. Biaya pemeriksaan

Perhitungan biaya pemeriksaan berdasarkan kebijakan perusahaan dapat dihitung dengan mengalikan biaya pemeriksaan dengan kuantitas yang dibeli langsung oleh perusahaan. Besaran biaya pemeriksaan/Kg seharga Rp154,00 dan kuantitas yang dibeli perusahaan dapat dilihat pada Lampiran F, sehingga didapatkan Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Biaya pemeriksaan berdasarkan kebijakan perusahaan

Periode / Bulan(t)	Biaya Pemeriksaan, Rp			Total Biaya Pemeriksaan, Rp
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
1	Rp49.280,00	Rp24.640,00	Rp21.560,00	Rp95.480,00
2	Rp36.960,00	Rp12.320,00	Rp9.240,00	Rp58.520,00
3	Rp29.260,00	Rp21.560,00	Rp13.860,00	Rp64.680,00
4	Rp32.340,00	Rp21.560,00	Rp13.860,00	Rp67.760,00
5	Rp58.520,00	Rp20.020,00	Rp13.860,00	Rp92.400,00
6	Rp89.320,00	Rp23.100,00	Rp16.940,00	Rp129.360,00
7	Rp30.800,00	Rp10.780,00	Rp9.240,00	Rp50.820,00
8	Rp55.440,00	Rp93.940,00	Rp13.860,00	Rp163.240,00
9	Rp64.680,00	Rp15.400,00	Rp13.860,00	Rp93.940,00
10	Rp43.120,00	Rp13.860,00	Rp15.400,00	Rp72.380,00
11	Rp70.840,00	Rp15.400,00	Rp13.860,00	Rp100.100,00
12	Rp44.660,00	Rp13.860,00	Rp13.860,00	Rp72.380,00
13	Rp18.480,00	Rp9.240,00	Rp27.720,00	Rp55.440,00
14	Rp50.820,00	Rp18.480,00	Rp40.040,00	Rp109.340,00
15	Rp26.180,00	Rp16.940,00	Rp40.040,00	Rp83.160,00
16	Rp52.360,00	Rp20.020,00	Rp21.560,00	Rp93.940,00
17	Rp47.740,00	Rp23.100,00	Rp21.560,00	Rp92.400,00
18	Rp67.760,00	Rp15.400,00	Rp13.860,00	Rp97.020,00
19	Rp89.320,00	Rp13.860,00	Rp13.860,00	Rp117.040,00
20	Rp84.700,00	Rp13.860,00	Rp24.640,00	Rp123.200,00

Periode / Bulan(t)	Biaya Pemeriksaan, Rp			Total Biaya Pemeriksaan, Rp
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
21	Rp46.200,00	Rp16.940,00	Rp33.880,00	Rp97.020,00
22	Rp26.180,00	Rp9.240,00	Rp9.240,00	Rp44.660,00

Contoh perhitungan pada periode 22:

$$ScC_{Ubi\ Ungu} = Rp154,00 \times 170\ Kg$$

$$ScC_{Ubi\ Ungu} = Rp26.180,00$$

$$ScC_{Kacang\ Hijau} = Rp154,00 \times 60\ Kg$$

$$ScC_{Kacang\ Hijau} = Rp9.240,00$$

$$ScC_{Ubi\ Kuning} = Rp154,00 \times 60\ Kg$$

$$ScC_{Ubi\ Kuning} = Rp9.240,00$$

$$\Sigma ScC = Rp26.180,00 + Rp9.240,00 + Rp9.240,00$$

$$\Sigma ScC = Rp44.660,00$$

Jadi pada periode ke-22 biaya *Screening* yang harus dibayar berdasarkan kebijakan perusahaan pada ubi ungu sebesar Rp26.180,00 pada kacang hijau sebesar Rp9.240,00 dan pada ubi kuning sebesar Rp9.240,00 sehingga akumulasi biaya *Screening* yang harus dibayar oleh perusahaan sebesar Rp44.660,00.

2. Biaya penyimpanan

Perhitungan biaya penyimpanan berdasarkan kebijakan perusahaan dapat dihitung dengan mengalikan biaya penyimpanan/Kg dengan kuantitas yang dibeli langsung oleh perusahaan. Besaran biaya pemeriksaan/Kg seharga Rp1.338,00 dan kuantitas yang dibeli perusahaan dapat dilihat pada Lampiran F, sehingga didapatkan Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Biaya penyimpanan berdasarkan kebijakan perusahaan

Periode / Bulan(t)	Biaya Penyimpanan, Rp			Total Biaya Penyimpanan, Rp
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
1	Rp428.160,00	Rp214.080,00	Rp187.320,00	Rp829.560,00
2	Rp321.120,00	Rp107.040,00	Rp80.280,00	Rp508.440,00
3	Rp254.220,00	Rp187.320,00	Rp120.420,00	Rp561.960,00
4	Rp280.980,00	Rp187.320,00	Rp120.420,00	Rp588.720,00
5	Rp508.440,00	Rp173.940,00	Rp120.420,00	Rp802.800,00
6	Rp776.040,00	Rp200.700,00	Rp147.180,00	Rp1.123.920,00
7	Rp267.600,00	Rp93.660,00	Rp80.280,00	Rp441.540,00
8	Rp481.680,00	Rp816.180,00	Rp120.420,00	Rp1.418.280,00

Periode / Bulan(t)	Biaya Penyimpanan, Rp			Total Biaya Penyimpanan, Rp
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
9	Rp561.960,00	Rp133.800,00	Rp120.420,00	Rp816.180,00
10	Rp374.640,00	Rp120.420,00	Rp133.800,00	Rp628.860,00
11	Rp615.480,00	Rp133.800,00	Rp120.420,00	Rp869.700,00
12	Rp388.020,00	Rp120.420,00	Rp120.420,00	Rp628.860,00
13	Rp160.560,00	Rp80.280,00	Rp240.840,00	Rp481.680,00
14	Rp441.540,00	Rp160.560,00	Rp347.880,00	Rp949.980,00
15	Rp227.460,00	Rp147.180,00	Rp347.880,00	Rp722.520,00
16	Rp454.920,00	Rp173.940,00	Rp187.320,00	Rp816.180,00
17	Rp414.780,00	Rp200.700,00	Rp187.320,00	Rp802.800,00
18	Rp588.720,00	Rp133.800,00	Rp120.420,00	Rp842.940,00
19	Rp776.040,00	Rp120.420,00	Rp120.420,00	Rp1.016.880,00
20	Rp735.900,00	Rp120.420,00	Rp214.080,00	Rp1.070.400,00
21	Rp401.400,00	Rp147.180,00	Rp294.360,00	Rp842.940,00
22	Rp227.460,00	Rp80.280,00	Rp80.280,00	Rp388.020,00

Contoh perhitungan pada periode 22:

$$HC_{Ubi\ Ungu} = Rp1.338,00 \times 170\ Kg$$

$$HC_{Ubi\ Ungu} = Rp227.460,00$$

$$HC_{Kacang\ Hijau} = Rp1.338,00 \times 60\ Kg$$

$$HC_{Kacang\ Hijau} = Rp80.280,00$$

$$HC_{Ubi\ Kuning} = Rp1.338,00 \times 60\ Kg$$

$$HC_{Ubi\ Kuning} = Rp80.280,00$$

$$\Sigma HC = Rp227.460,00 + Rp80.280,00 + Rp80.280,00$$

$$\Sigma HC = Rp388.020,00$$

Jadi pada periode ke-22 biaya penyimpanan yang harus dibayar berdasarkan kebijakan perusahaan pada ubi ungu sebesar Rp227.460,00, pada kacang hijau sebesar Rp80.280,00 dan pada ubi kuning sebesar Rp80.280,00 sehingga akumulasi biaya penyimpanan yang harus dibayar oleh perusahaan sebesar Rp388.020,00.

3. Biaya pembuangan

Perhitungan biaya pembuangan berdasarkan kebijakan perusahaan dapat dihitung dengan mengalikan biaya pembuangan/Kg dengan kuantitas yang mengalami kerusakan pada periode tersebut. Besaran biaya pembuangan/Kg seharga Rp4,44 dan yang mengalami kerusakan pada periode tersebut sebesar 4% untuk ubi ungu dan kuning dan 3%

kacang hijau dari kuantitas yang dibeli perusahaan dapat dilihat pada Lampiran F, sehingga didapatkan Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Biaya pembuangan berdasarkan kebijakan perusahaan

Periode / Bulan(t)	Biaya Pembuangan, Rp			Total Biaya Pembuangan, Rp
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
1	Rp57,72	Rp22,20	Rp26,64	Rp106,56
2	Rp44,40	Rp8,88	Rp8,88	Rp62,16
3	Rp35,52	Rp17,76	Rp17,76	Rp71,04
4	Rp35,52	Rp17,76	Rp17,76	Rp71,04
5	Rp66,60	Rp17,76	Rp17,76	Rp102,12
6	Rp102,12	Rp22,20	Rp17,76	Rp142,08
7	Rp35,52	Rp8,88	Rp8,88	Rp53,28
8	Rp62,16	Rp79,92	Rp17,76	Rp159,84
9	Rp75,48	Rp13,32	Rp17,76	Rp106,56
10	Rp48,84	Rp13,32	Rp17,76	Rp79,92
11	Rp79,92	Rp13,32	Rp17,76	Rp111,00
12	Rp53,28	Rp13,32	Rp17,76	Rp84,36
13	Rp22,20	Rp8,88	Rp31,08	Rp62,16
14	Rp57,72	Rp17,76	Rp44,40	Rp119,88
15	Rp31,08	Rp13,32	Rp44,40	Rp88,80
16	Rp62,16	Rp17,76	Rp26,64	Rp106,56
17	Rp53,28	Rp22,20	Rp26,64	Rp102,12
18	Rp79,92	Rp13,32	Rp17,76	Rp111,00
19	Rp102,12	Rp13,32	Rp17,76	Rp133,20
20	Rp97,68	Rp13,32	Rp26,64	Rp137,64
21	Rp53,28	Rp13,32	Rp39,96	Rp106,56
22	Rp31,08	Rp8,88	Rp8,88	Rp48,84

Contoh perhitungan pada periode 22:

$$DC_{Ubi\ Ungu} = Rp4,44 \times 7\ Kg$$

$$DC_{Ubi\ Ungu} = Rp31,08$$

$$DC_{Kacang\ Hijau} = Rp4,44 \times 2\ Kg$$

$$DC_{Kacang\ Hijau} = Rp8,88$$

$$DC_{Ubi\ Kuning} = Rp4,44 \times 2\ Kg$$

$$DC_{Ubi\ Kuning} = Rp8,88$$

$$\Sigma DC = Rp31,08 + Rp8,88 + Rp8,88$$

$$\Sigma DC = Rp48,84$$

Jadi pada periode ke-22 biaya pembuangan yang harus dibayar berdasarkan kebijakan perusahaan pada ubi ungu sebesar Rp31,08 pada kacang hijau sebesar

Rp8,88, dan pada ubi kuning sebesar Rp8,88 sehingga akumulasi biaya pembuangan yang harus dibayar oleh perusahaan sebesar Rp48,84.

4. Biaya kekurangan akibat *backorder*

Perhitungan biaya kekurangan akibat *backorder* berdasarkan kebijakan perusahaan dapat dihitung dengan mengalikan biaya kekurangan akibat *backorder*/Kg dengan kuantitas persediaan yang habis. Besaran biaya kekurangan akibat *backorder*/Kg pada ubi ungu seharga Rp966,38 pada kacang hijau seharga Rp1.082,58 dan pada ubi kuning seharga Rp1.220,00. Kuantitas persediaan yang habis pada ubi ungu sebanyak 5 Kg, pada kacang hijau sebanyak 3 Kg, dan pada ubi kuning sebanyak 1 Kg, sehingga didapatkan Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Biaya kekurangan akibat *backorder* berdasarkan kebijakan perusahaan

Periode / Bulan(t)	Biaya Kekurangan Akibat <i>Backorder</i> , Rp			Total Biaya Kekurangan Akibat <i>Backorder</i> , Rp
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
1	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
2	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
3	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
4	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
5	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
6	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
7	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
8	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
9	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
10	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
11	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
12	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
13	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
14	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
15	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
16	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
17	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
18	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
19	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
20	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
21	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64
22	Rp4.831,90	Rp3.247,74	Rp1.220,00	Rp9.299,64

Contoh perhitungan pada periode 22:

$$ShC_{Ubi\ Ungu} = Rp966,38 \times 5 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}
ShC_{Ubi\ Ungu} &= \text{Rp}4.831,90 \\
ShC_{Kacang\ Hijau} &= \text{Rp}1.082,58 \times 3 \text{ Kg} \\
ShC_{Kacang\ Hijau} &= \text{Rp}3.247,74 \\
ShC_{Ubi\ Kuning} &= \text{Rp}1.220 \times 1 \text{ Kg} \\
ShC_{Ubi\ Kuning} &= \text{Rp}1.220,00 \\
\S ShC &= \text{Rp}4.831,90 + \text{Rp}3.247,74 + \text{Rp}1.220,00 \\
\S ShC &= \text{Rp}9.299,64
\end{aligned}$$

Jadi pada periode ke-22 biaya pembuangan yang harus dibayar berdasarkan kebijakan perusahaan pada ubi ungu sebesar Rp4.831,90, pada kacang hijau sebesar Rp3.247,74, dan pada ubi kuning sebesar Rp1.220,00, sehingga akumulasi biaya pembuangan yang harus dibayar oleh perusahaan sebesar Rp9.299,64.

5. Biaya kekurangan akibat *lost sales*

Perhitungan biaya kekurangan akibat *lost sales* berdasarkan kebijakan perusahaan dapat dihitung dengan mengalikan biaya kekurangan akibat *lost sales*/Kg dengan kuantitas persediaan yang habis. Besaran biaya kekurangan akibat *lost sales*/Kg pada ubi ungu seharga Rp5.860,00, pada kacang hijau seharga Rp5.760,00 dan pada ubi kuning seharga Rp5.720,00. Kuantitas persediaan yang habis pada ubi ungu sebanyak 5 Kg, pada kacang hijau sebanyak 3 Kg, dan pada ubi kuning sebanyak 1 Kg, sehingga didapatkan Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Biaya kekurangan akibat *lost sales* berdasarkan kebijakan perusahaan

Periode / Bulan(t)	Biaya Kekurangan Akibat <i>Lost sales</i> , Rp			Total Biaya Kekurangan Akibat <i>Lost sales</i> , Rp
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
1	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
2	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
3	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
4	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
5	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
6	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
7	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
8	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
9	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
10	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
11	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
12	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
13	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00

Periode / Bulan(t)	Biaya Kekurangan Akibat <i>Lost sales</i> , Rp			Total Biaya Kekurangan Akibat <i>Lost sales</i> , Rp
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning	
14	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
15	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
16	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
17	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
18	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
19	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
20	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
21	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00
22	Rp29.300,00	Rp17.280,00	Rp5.720,00	Rp52.300,00

Contoh perhitungan pada periode 22:

$$LsC_{Ubi\ Ungu} = Rp5.860,00 \times 5\ Kg$$

$$LsC_{Ubi\ Ungu} = Rp29.300,00$$

$$LsC_{Kacang\ Hijau} = Rp5.760,00 \times 3\ Kg$$

$$LsC_{Kacang\ Hijau} = Rp17.280,00$$

$$LsC_{Ubi\ Kuning} = Rp5.720,00 \times 1\ Kg$$

$$LsC_{Ubi\ Kuning} = Rp5.720,00$$

$$\Sigma LsC = Rp29.300,00 + Rp17.280,00 + Rp5.720,00$$

$$\Sigma LsC = Rp52.300,00$$

Jadi pada periode ke-22 biaya pembuangan yang harus dibayar berdasarkan kebijakan perusahaan pada ubi ungu sebesar Rp29.300,00 pada kacang hijau sebesar Rp17.280,00 dan pada ubi kuning sebesar Rp5.720,00, sehingga akumulasi biaya pembuangan yang harus dibayar oleh perusahaan sebesar Rp52.300,00.

6. Biaya transportasi

Perhitungan biaya transportasi berdasarkan kebijakan perusahaan dapat dihitung dengan mengalikan biaya transportasi/trip dengan akumulasi kuantitas yang dibeli langsung oleh perusahaan dan dibagi dengan kapasitas angkut kendaraan. Banyaknya kuantitas yang dibeli perusahaan dapat dilihat pada Lampiran F dengan besaran biaya transportasi/trip yaitu Rp400.000,00 dan kapasitas angkut kendaraan 650 Kg, sehingga didapatkan Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Biaya transportasi berdasarkan kebijakan perusahaan

Periode / Bulan(t)	Akumulai Kuantitas yang di Beli, Kg	Presentase Akumulasi Item	Biaya Transportasi, Rp
1	620	95,38%	Rp381.538,46
2	380	58,46%	Rp233.846,15
3	420	64,62%	Rp258.461,54
4	440	67,69%	Rp270.769,23
5	600	92,31%	Rp369.230,77
6	840	64,62%	Rp516.923,08
7	330	50,77%	Rp203.076,92
8	1060	81,54%	Rp652.307,69
9	610	93,85%	Rp375.384,62
10	470	72,31%	Rp289.230,77
11	650	100,00%	Rp400.000,00
12	470	72,31%	Rp289.230,77
13	360	55,38%	Rp221.538,46
14	710	54,62%	Rp436.923,08
15	540	83,08%	Rp332.307,69
16	610	93,85%	Rp375.384,62
17	600	92,31%	Rp369.230,77
18	630	96,92%	Rp387.692,31
19	760	58,46%	Rp467.692,31
20	800	61,54%	Rp492.307,69
21	630	96,92%	Rp387.692,31
22	290	44,62%	Rp178.461,54

Contoh perhitungan pada periode ke-22:

$$TraC = Rp400.000,00 \times Roundup\left(\left[\frac{(170 \text{ Kg} + 60 \text{ Kg} + 60 \text{ Kg})}{650 \text{ Kg}}\right]; 0\right)$$

$$TraC = Rp400.000,00$$

Berdasarkan Tabel 4.15 bahwa pembelian pada periode 22 hanya 290 Kg atau 44,62% dari total yang di angkut, sisanya mengangkut bahan baku lain, sehingga:

$$TraC = Rp400.000,00 \times 44,62\%$$

$$TraC = Rp178.461,54$$

Jadi pada periode ke-22 biaya transportasi yang harus dibayar berdasarkan kebijakan perusahaan sebesar Rp178.461,54.

7. Akumulasi biaya

Total biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan didapatkan dari akumulasi biaya pemeriksaan, biaya penyimpanan, biaya pembuangan, biaya kekurangan akibat *backorder*, biaya kekurangan akibat *lost sales*, dan biaya transportasi, sehingga total biaya persediaan didapatkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Total biaya persediaan berdasarkan kebijakan perusahaan

Periode / Bulan(t)	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat <i>Backorder</i> , Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat <i>Lost sales</i> , Rp	Biaya Transportasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
1	Rp95.480,00	Rp829.560,00	Rp106,56	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp381.538,46	Rp1.368.284,66
2	Rp58.520,00	Rp508.440,00	Rp62,16	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp233.846,15	Rp862.467,95
3	Rp64.680,00	Rp561.960,00	Rp71,04	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp258.461,54	Rp946.772,22
4	Rp67.760,00	Rp588.720,00	Rp71,04	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp270.769,23	Rp988.919,91
5	Rp92.400,00	Rp802.800,00	Rp102,12	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp369.230,77	Rp1.326.132,53
6	Rp129.360,00	Rp1.123.920,00	Rp142,08	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp516.923,08	Rp1.831.944,80
7	Rp50.820,00	Rp441.540,00	Rp53,28	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp203.076,92	Rp757.089,84
8	Rp163.240,00	Rp1.418.280,00	Rp159,84	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp652.307,69	Rp2.295.587,17
9	Rp93.940,00	Rp816.180,00	Rp106,56	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp375.384,62	Rp1.347.210,82
10	Rp72.380,00	Rp628.860,00	Rp79,92	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp289.230,77	Rp1.052.150,33
11	Rp100.100,00	Rp869.700,00	Rp111,00	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp400.000,00	Rp1.431.510,64
12	Rp72.380,00	Rp628.860,00	Rp84,36	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp289.230,77	Rp1.052.154,77
13	Rp55.440,00	Rp481.680,00	Rp62,16	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp221.538,46	Rp820.320,26
14	Rp109.340,00	Rp949.980,00	Rp119,88	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp436.923,08	Rp1.557.962,60
15	Rp83.160,00	Rp722.520,00	Rp88,80	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp332.307,69	Rp1.199.676,13
16	Rp93.940,00	Rp816.180,00	Rp106,56	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp375.384,62	Rp1.347.210,82
17	Rp92.400,00	Rp802.800,00	Rp102,12	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp369.230,77	Rp1.326.132,53
18	Rp97.020,00	Rp842.940,00	Rp111,00	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp387.692,31	Rp1.389.362,95
19	Rp117.040,00	Rp1.016.880,00	Rp133,20	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp467.692,31	Rp1.663.345,15
20	Rp123.200,00	Rp1.070.400,00	Rp137,64	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp492.307,69	Rp1.747.644,97
21	Rp97.020,00	Rp842.940,00	Rp106,56	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp387.692,31	Rp1.389.358,51
22	Rp44.660,00	Rp388.020,00	Rp48,84	Rp9.299,64	Rp52.300,00	Rp178.461,54	Rp672.790,02
Total	Rp1.974.280,00	Rp17.153.160,00	Rp2.166,72	Rp204.592,08	Rp1.150.600,00	Rp7.889.230,77	Rp28.374.029,57

Contoh perhitungan pada periode ke-22:

$$TC = \text{Rp}44.660,00 + \text{Rp}388.020,00 + \text{Rp}48,84 + \text{Rp}9.299,64 + \text{Rp}52.300,00 + \text{Rp}178.461,54$$

$$TC = \text{Rp}672.790,00$$

Jadi pada periode ke-22 total biaya yang harus dibayar oleh perusahaan sebesar Rp672.790,00.

4.2.3 Perbandingan total biaya persediaan model usulan dengan kebijakan perusahaan

Perbandingan total biaya persediaan antara model usulan dan kebijakan perusahaan dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem persediaan yang diterapkan serta mengidentifikasi potensi efisiensi biaya yang dapat dicapai. Perbandingan ini dapat memberikan gambaran perbedaan total biaya yang timbul, sehingga perusahaan dapat menilai tingkat efektivitas kebijakan pembelian yang selama ini digunakan. Perbandingan total biaya persediaan antara model usulan dan kebijakan perusahaan dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Perbandingan total biaya persediaan menggunakan model usulan dengan kebijakan perusahaan

Parameter Perbandingan	Total Biaya, Rp/22 Bulan	
	Kebijakan Perusahaan	Model Usulan
Total Biaya Pemeriksaan	Rp1.974.280,00	Rp1.412.488,00
Total Biaya Penyimpanan	Rp17.153.160,00	Rp19.219.079,19
Total Biaya Pembuangan	Rp2.166,72	Rp9.651,71
Total Biaya Kekurangan Akibat <i>Backorder</i>	Rp204.592,08	Rp77.364,36
Total Biaya Kekurangan Akibat <i>Lost sales</i>	Rp1.150.600,00	Rp217.543,69
Biaya Transportasi	Rp7.889.230,77	Rp5.644.307,69
Total Biaya Persediaan	Rp28.374.029,57	Rp26.580.434,64
Keterangan	Selisih	
	Rp1.793.594,93	
%Perubahan TC	6,3213%.	

Berdasarkan Tabel 4.18 didapatkan nilai selisih biaya persediaan menggunakan metode usulan dengan kebijakan perusahaan dengan pengurangan sebesar Rp1.793.594,93 atau setara dengan sebesar 6,3213%.

4.3 Analisis Uji Sensitivitas

Analisis uji sensitivitas dilakukan untuk mengevaluasi tingkat Sensitivitas model persediaan yang dikembangkan terhadap perubahan nilai parameter utama. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana perubahan parameter dapat memengaruhi keputusan pengadaan bahan baku dan total biaya persediaan yang dihasilkan oleh model. Analisa uji sensitivitas digunakan untuk menilai tingkat robustitas model dalam menghadapi kondisi ketidakpastian yang mungkin terjadi pada sistem nyata.

Metode uji sensitivitas yang digunakan pada penelitian ini adalah *one-at-a-time sensitivity analysis*, yaitu dengan mengubah nilai satu parameter pada suatu rentang tertentu sementara parameter lainnya diasumsikan tetap pada nilai dasar (*baseline*). Setiap parameter diuji dengan variasi perubahan sebesar -20% , -10% , 0% , $+10\%$, dan $+20\%$ dari nilai awal. Dampak perubahan parameter diamati terhadap panjang siklus persediaan (T), kuantitas pembelian bahan baku aktual (Qa_i), dan total biaya persediaan (TC). Parameter yang diuji dalam uji sensitivitas meliputi persentase produk rusak hasil *screening* (α_i), laju deteriorasi produk (θ_i), sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu (φ_i), tingkat ketersediaan bahan baku (δ_i), dan waktu mulai terjadinya *stock-out* (t_3). Parameter-parameter tersebut dipilih karena secara langsung memengaruhi panjang siklus persediaan (T), kuantitas pembelian bahan baku aktual (Qa_i), dan total biaya persediaan (TC) dalam model persediaan.

4.3.1 Analisis uji sensitivitas persentase produk rusak hasil *screening* (α_i)

Pengujian sensitivitas presentase produk rusak hasil *screening* menghasilkan panjang siklus yang *robust* dan kuantitas pembelian ubi ungu, kacang hijau serta ubi kuning yang berbeda-beda. Peningkatan tingkat kerusakan menyebabkan kebutuhan bahan baku meningkat secara signifikan pada setiap perubahan parameter. Oleh karena itu, peningkatan efisiensi proses penyortiran dan pengendalian kualitas bahan baku menjadi faktor untuk mengoptimalkan penggunaan bahan baku dan menekan biaya produksi.

Pengujian sensitivitas presentase produk rusak hasil *screening* pada bulan 1 menghasilkan total biaya persediaan sebesar Rp1.147.020,36 dengan panjang siklus

optimal 9 hari. Kuantitas pemesanan optimal ubi ungu, kacang hijau, dan ubi kuning masing-masing sebesar 211 unit, 78 unit, dan 48 unit. Peningkatan parameter sebesar 10% menaikkan biaya persediaan menjadi Rp1.171.533,24 dengan siklus tetap 9 hari dan kuantitas pemesanan masing-masing 232 unit, 85 unit, dan 52 unit. Peningkatan 20% menaikkan biaya persediaan menjadi Rp1.199.232,94 dengan siklus tetap 9 hari serta kuantitas pemesanan 253 unit, 93 unit, dan 57 unit. Sebaliknya, penurunan parameter 10% menurunkan biaya persediaan menjadi Rp1.120.972,86 dengan siklus tetap 9 hari dan kuantitas pemesanan 190 unit, 70 unit, dan 43 unit. Penurunan parameter 20% menurunkan biaya persediaan menjadi Rp1.093.276,46 dengan siklus tetap 9 hari dan kuantitas pemesanan 169 unit, 62 unit, dan 38 unit. Berikut merupakan uji sensitivitas persentase produk rusak hasil *screening* (α_i) dari periode Januari 2024 sampai Oktober 2025 yang dapat dilihat pada Tabel 4.19.

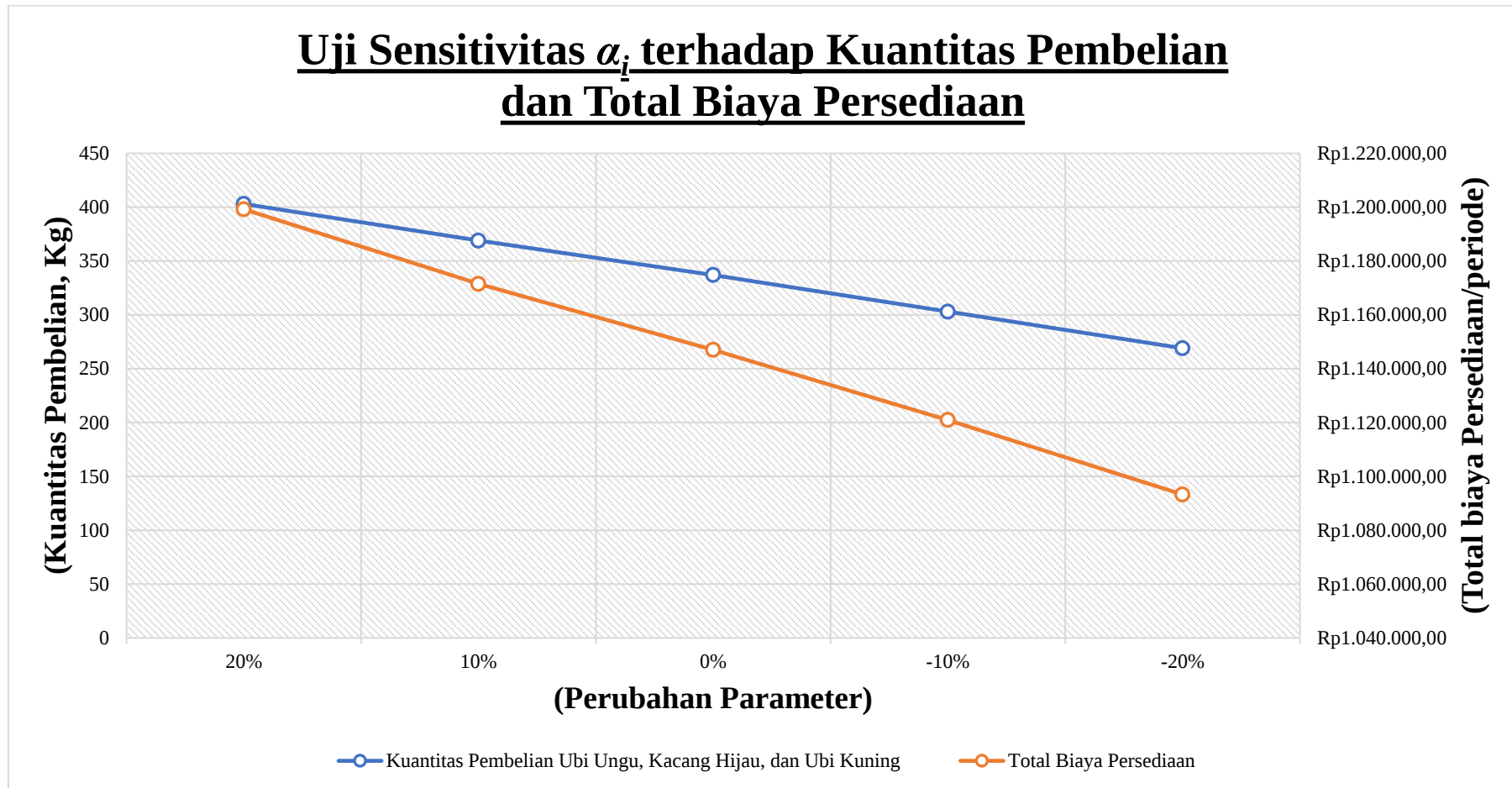
Uji sensitivitas persentase produk rusak hasil *screening* (α_i) terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode Januari sampai Maret 2024 ditunjukkan pada Gambar 4.1 sampai Gambar 4.3. Grafik tersebut menggambarkan bagaimana perubahan nilai parameter α_i memengaruhi keputusan kuantitas pembelian bahan baku dan total biaya persediaan yang dihasilkan dari model. Ketika nilai parameter α_i meningkat, kuantitas pembelian cenderung meningkat karena adanya potensi produk rusak yang lebih besar sehingga diperlukan pembelian bahan baku lebih banyak untuk memenuhi kebutuhan produksi. Sebaliknya, ketika nilai parameter α_i menurun, kuantitas pembelian dan total biaya persediaan juga mengalami penurunan. Pola perubahan ini menunjukkan bahwa parameter persentase produk rusak hasil *screening* memiliki pengaruh terhadap besarnya keputusan pembelian dan biaya persediaan. Pemilihan periode Januari sampai Maret 2024 pada analisis ini dilakukan karena ketiga periode tersebut telah mampu merepresentasikan pola perubahan yang sama pada periode lainnya, sehingga hasil analisis sensitivitas yang diperoleh dapat menggambarkan kecenderungan perilaku model secara keseluruhan.

Tabel 4.19 Uji sensitivitas persentase produk rusak hasil *screening* (α_i)

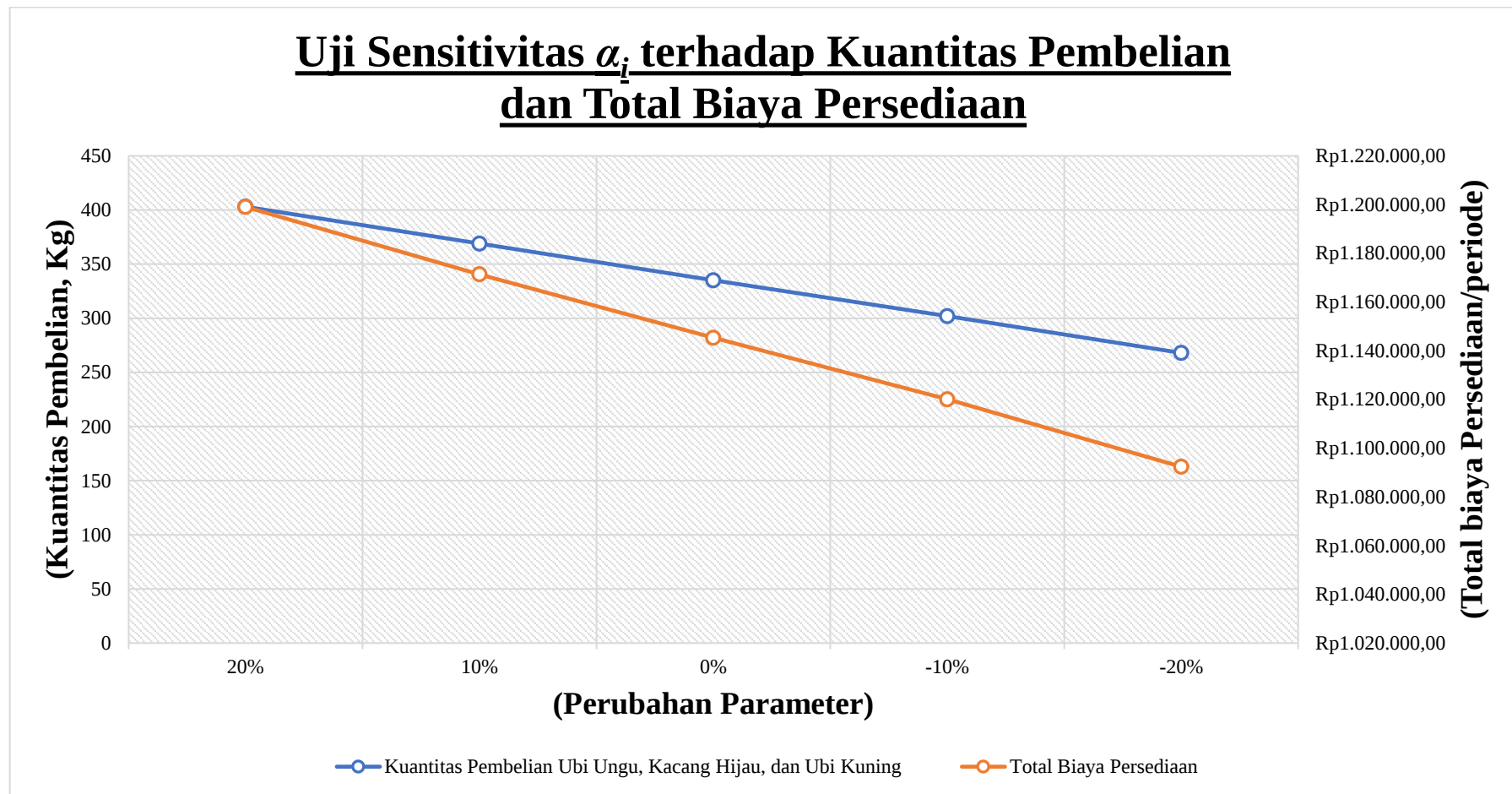
Periode / Bulan (t)	Perubahan Parameter	Nilai T, Hari	Nilai Q pada Ubi Ungu, Kg	Nilai Q pada Kacang Hijau, Kg	Nilai Q pada Ubi Kuning, Kg	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat Backorder, Rp	Total Kekurangan Biaya Akibat Lost sales, Rp	Total Biaya Transortasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
1	20%	9,00017058	253	93	57	Rp62.062,00	Rp875.317,70	Rp448,33	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp248.000,00	Rp1.199.232,94
	10%	9,00015636	232	85	52	Rp56.826,00	Rp873.791,95	Rp433,45	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp227.076,92	Rp1.171.533,24
	0	9,00014215	211	78	48	Rp51.898,00	Rp873.908,58	Rp424,25	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp207.384,62	Rp1.147.020,36
	-10%	9,00012793	190	70	43	Rp46.662,00	Rp874.028,57	Rp415,84	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp186.461,54	Rp1.120.972,86
	-20%	9,00011372	169	62	38	Rp41.426,00	Rp872.502,82	Rp404,27	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp165.538,46	Rp1.093.276,46
2	20%	9,00017058	293	99	11	Rp62.062,00	Rp875.138,61	Rp448,01	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp248.000,00	Rp1.199.053,53
	10%	9,00015636	269	90	10	Rp56.826,00	Rp873.627,70	Rp433,21	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp227.076,92	Rp1.171.368,74
	0	9,00014215	244	82	9	Rp51.590,00	Rp873.764,06	Rp423,71	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.153,85	Rp1.145.336,53
	-10%	9,00012793	220	74	8	Rp46.508,00	Rp873.895,93	Rp415,52	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp185.846,15	Rp1.120.070,52
	-20%	9,00011372	195	66	7	Rp41.272,00	Rp872.386,56	Rp403,98	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp164.923,08	Rp1.092.390,53
3	20%	9,00017058	123	97	39	Rp39.886,00	Rp875.896,96	Rp417,43	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp159.384,62	Rp1.088.989,91
	10%	9,00015636	113	89	35	Rp36.498,00	Rp874.321,40	Rp407,47	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp145.846,15	Rp1.070.477,93
	0	9,00014215	102	81	32	Rp33.110,00	Rp874.395,68	Rp402,45	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp132.307,69	Rp1.053.620,73
	-10%	9,00012793	92	73	29	Rp29.876,00	Rp874.465,46	Rp398,29	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp119.384,62	Rp1.037.529,28
	-20%	9,00011372	82	65	26	Rp26.642,00	Rp872.889,51	Rp390,52	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp106.461,54	Rp1.019.788,48
4	20%	9,00017058	228	102	41	Rp57.134,00	Rp875.409,73	Rp441,03	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp228.307,69	Rp1.174.697,37
	10%	9,00015636	209	93	37	Rp52.060,00	Rp873.877,56	Rp427,20	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp208.615,38	Rp1.148.531,06
	0	9,00014215	190	85	34	Rp47.586,00	Rp873.987,77	Rp418,96	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp190.153,85	Rp1.125.551,50
	-10%	9,00012793	171	76	30	Rp42.658,00	Rp874.101,34	Rp411,44	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp170.461,54	Rp1.101.037,23
	-20%	9,00011372	152	68	27	Rp38.038,00	Rp872.565,81	Rp400,93	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp152.000,00	Rp1.076.409,65
5	20%	9,00017058	381	113	50	Rp83.776,00	Rp874.686,37	Rp477,32	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp334.769,23	Rp1.307.113,83
	10%	9,00015636	349	103	46	Rp76.692,00	Rp873.215,55	Rp457,78	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp306.461,54	Rp1.270.231,77
	0	9,00014215	317	94	41	Rp69.608,00	Rp873.387,91	Rp443,96	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp278.153,85	Rp1.234.998,63
	-10%	9,00012793	286	85	37	Rp62.832,00	Rp873.555,37	Rp432,02	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp251.076,92	Rp1.201.301,23
	-20%	9,00011372	254	75	33	Rp55.748,00	Rp872.084,55	Rp417,02	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp222.769,23	Rp1.164.423,71
6	20%	9,00017058	487	113	44	Rp99.176,00	Rp874.212,64	Rp498,63	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp396.307,69	Rp1.383.599,87
	10%	9,00015636	446	103	41	Rp90.860,00	Rp872.781,85	Rp475,75	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp363.076,92	Rp1.340.599,43
	0	9,00014215	405	94	37	Rp82.544,00	Rp872.994,23	Rp458,88	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp329.846,15	Rp1.299.248,18
	-10%	9,00012793	365	85	33	Rp74.382,00	Rp873.202,12	Rp444,01	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp297.230,77	Rp1.258.663,81
	-20%	9,00011372	324	75	29	Rp65.912,00	Rp871.771,73	Rp426,39	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp263.384,62	Rp1.214.899,65
7	20%	9,00017058	415	104	77	Rp91.784,00	Rp874.549,52	Rp488,88	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp366.769,23	Rp1.346.996,54
	10%	9,00015636	381	96	71	Rp84.392,00	Rp873.082,56	Rp467,88	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp337.230,77	Rp1.308.578,13
	0	9,00014215	346	87	64	Rp76.538,00	Rp873.269,20	Rp452,26	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp305.846,15	Rp1.269.510,52
	-10%	9,00012793	312	78	58	Rp68.992,00	Rp873.450,94	Rp438,69	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp275.692,31	Rp1.231.978,85
	-20%	9,00011372	277	70	52	Rp61.446,00	Rp871.988,47	Rp422,45	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp245.538,46	Rp1.192.800,29
8	20%	9,00017058	321	317	68	Rp108.724,00	Rp874.345,04	Rp500,97	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp868.923,08	Rp1.865.898,00
	10%	9,00015636	294	291	62	Rp99.638,00	Rp872.899,90	Rp477,70	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp839.153,85	Rp1.384.574,36
	0	9,00014215	267	264	57	Rp90.552,00	Rp873.103,07	Rp460,57	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp811.846,15	Rp1.339.366,70

Periode / Bulan (t)	Perubahan Parameter	Nilai T, Hari	Nilai Q pada Ubi Ungu, Kg	Nilai Q pada Kacang Hijau, Kg	Nilai Q pada Ubi Kuning, Kg	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat Backorder, Rp	Total Biaya Akibat Lost sales, Rp	Total Biaya Transortasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
9	-10%	9,00012793	241	238	51	Rp81.620,00	Rp873.299,18	Rp445,41	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp326.153,85	Rp1.294.923,35
	-20%	9,00011372	214	211	45	Rp72.380,00	Rp871.857,00	Rp427,53	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp289.230,77	Rp1.247.300,21
	20%	9,00017058	408	49	35	Rp75.768,00	Rp874.760,45	Rp469,64	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp302.769,23	Rp1.267.172,24
	10%	9,00015636	374	45	32	Rp69.454,00	Rp873.280,46	Rp451,43	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp277.538,46	Rp1.234.129,26
	0	9,00014215	340	41	29	Rp63.140,00	Rp873.446,21	Rp438,86	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.307,69	Rp1.202.737,67
	-10%	9,00012793	306	37	26	Rp56.826,00	Rp873.611,96	Rp427,71	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp227.076,92	Rp1.171.347,50
10	-20%	9,00011372	272	33	23	Rp50.512,00	Rp872.131,97	Rp413,68	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp201.846,15	Rp1.138.308,71
	20%	9,00017058	344	41	61	Rp68.684,00	Rp875.061,23	Rp460,27	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp274.461,54	Rp1.232.071,95
	10%	9,00015636	316	37	56	Rp62.986,00	Rp873.555,09	Rp443,61	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp251.692,31	Rp1.202.081,92
	0	9,00014215	287	34	51	Rp57.288,00	Rp873.696,22	Rp432,42	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp228.923,08	Rp1.173.744,62
	-10%	9,00012793	258	31	46	Rp51.590,00	Rp873.837,35	Rp422,51	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.153,85	Rp1.145.408,62
	-20%	9,00011372	230	27	41	Rp45.892,00	Rp872.331,20	Rp409,63	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp183.384,62	Rp1.115.422,36
11	20%	9,00017058	363	32	53	Rp68.992,00	Rp875.005,71	Rp461,17	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp275.692,31	Rp1.233.556,10
	10%	9,00015636	332	30	49	Rp63.294,00	Rp873.506,73	Rp444,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.923,08	Rp1.203.573,06
	0	9,00014215	302	27	44	Rp57.442,00	Rp873.652,35	Rp432,91	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp229.538,46	Rp1.174.470,62
	-10%	9,00012793	272	24	40	Rp51.744,00	Rp873.797,57	Rp422,95	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.769,23	Rp1.146.138,66
	-20%	9,00011372	242	22	36	Rp46.200,00	Rp872.294,09	Rp410,09	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp184.615,38	Rp1.116.924,48
	20%	9,00017058	525	21	2	Rp84.392,00	Rp874.330,93	Rp483,07	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp337.230,77	Rp1.309.841,68
12	10%	9,00015636	481	19	2	Rp77.308,00	Rp872.888,74	Rp462,66	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp308.923,08	Rp1.272.987,39
	0	9,00014215	437	18	2	Rp70.378,00	Rp873.089,34	Rp448,22	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.238.551,24
	-10%	9,00012793	394	16	1	Rp63.294,00	Rp873.288,80	Rp435,26	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.923,08	Rp1.203.346,04
	-20%	9,00011372	350	14	1	Rp56.210,00	Rp871.846,61	Rp419,61	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp224.615,38	Rp1.166.496,51
	20%	9,00017058	204	55	190	Rp69.146,00	Rp875.597,24	Rp460,16	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp276.307,69	Rp1.234.916,00
	10%	9,00015636	187	50	174	Rp63.294,00	Rp874.049,03	Rp443,37	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.923,08	Rp1.204.114,38
13	0	9,00014215	170	46	158	Rp57.596,00	Rp874.143,60	Rp432,24	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp230.153,85	Rp1.175.730,60
	-10%	9,00012793	153	41	142	Rp51.744,00	Rp874.241,13	Rp422,27	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.769,23	Rp1.146.581,54
	-20%	9,00011372	136	37	126	Rp46.046,00	Rp872.689,96	Rp409,42	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp184.000,00	Rp1.116.550,29
	20%	9,00017058	277	80	37	Rp60.676,00	Rp875.256,34	Rp447,11	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp242.461,54	Rp1.192.245,89
	10%	9,00015636	254	74	34	Rp55.748,00	Rp873.732,85	Rp432,62	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp222.769,23	Rp1.166.087,62
	0	9,00014215	231	67	31	Rp50.666,00	Rp873.858,07	Rp423,32	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp202.461,54	Rp1.140.813,84
14	-10%	9,00012793	208	60	28	Rp45.584,00	Rp873.983,29	Rp415,12	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp182.153,85	Rp1.115.541,17
	-20%	9,00011372	185	54	25	Rp40.656,00	Rp872.459,81	Rp403,84	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp162.461,54	Rp1.089.386,10
	20%	9,00017058	190	73	252	Rp79.310,00	Rp875.582,15	Rp473,27	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp316.923,08	Rp1.285.693,41
	10%	9,00015636	174	67	231	Rp72.688,00	Rp874.034,40	Rp454,45	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp290.461,54	Rp1.251.043,30
	0	9,00014215	158	61	210	Rp66.066,00	Rp874.132,39	Rp441,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp264.000,00	Rp1.218.044,64
	-10%	9,00012793	142	55	189	Rp59.444,00	Rp874.230,38	Rp429,70	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp237.538,46	Rp1.185.047,46
15	-20%	9,00011372	126	49	168	Rp52.822,00	Rp872.682,63	Rp415,24	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp211.076,92	Rp1.150.401,71
	20%	9,00017058	268	82	20	Rp56.980,00	Rp875.297,62	Rp441,89	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp227.692,31	Rp1.173.816,72
	10%	9,00015636	246	75	19	Rp52.360,00	Rp873.771,81	Rp428,28	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp209.230,77	Rp1.149.195,76
	0	9,00014215	223	68	17	Rp47.432,00	Rp873.896,63	Rp419,54	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp189.538,46	Rp1.124.691,54

Periode / Bulan (t)	Perubahan Parameter	Nilai T, Hari	Nilai Q pada Ubi Ungu, Kg	Nilai Q pada Kacang Hijau, Kg	Nilai Q pada Ubi Kuning, Kg	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat Backorder, Rp	Total Biaya Akibat Lost sales, Rp	Total Biaya Transortasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
17	-10%	9,00012793	201	61	15	Rp42.658,00	Rp874.016,95	Rp412,04	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp170.461,54	Rp1.100.953,45
	-20%	9,00011372	179	55	14	Rp38.192,00	Rp872.488,19	Rp401,53	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp152.615,38	Rp1.077.102,01
	20%	9,00017058	279	104	162	Rp83.930,00	Rp875.126,52	Rp478,01	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp335.384,62	Rp1.308.324,06
	10%	9,00015636	256	96	149	Rp77.154,00	Rp873.612,94	Rp458,70	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp308.307,69	Rp1.272.938,25
	0	9,00014215	232	87	135	Rp69.916,00	Rp873.752,96	Rp444,63	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp279.384,62	Rp1.236.903,11
	-10%	9,00012793	209	78	122	Rp62.986,00	Rp873.888,08	Rp432,46	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp251.692,31	Rp1.202.403,76
18	-20%	9,00011372	186	70	108	Rp56.056,00	Rp872.374,90	Rp417,48	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp224.000,00	Rp1.166.253,29
	20%	9,00017058	432	82	35	Rp84.546,00	Rp874.555,00	Rp480,03	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp337.846,15	Rp1.310.832,10
	10%	9,00015636	396	75	32	Rp77.462,00	Rp873.092,87	Rp460,12	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp309.538,46	Rp1.273.958,36
	0	9,00014215	360	68	29	Rp70.378,00	Rp873.276,48	Rp446,00	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.238.736,17
	-10%	9,00012793	324	61	26	Rp63.294,00	Rp873.460,09	Rp433,46	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.923,08	Rp1.203.515,54
	-20%	9,00011372	288	55	23	Rp56.364,00	Rp871.995,00	Rp418,30	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp225.230,77	Rp1.167.412,98
19	20%	9,00017058	643	55	29	Rp111.958,00	Rp873.689,54	Rp519,41	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp894.769,23	Rp1.894.341,09
	10%	9,00015636	590	50	27	Rp102.718,00	Rp872.297,45	Rp493,38	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp820.923,08	Rp1.809.836,82
	0	9,00014215	536	46	25	Rp93.478,00	Rp872.552,64	Rp473,62	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp373.538,46	Rp1.353.447,63
	-10%	9,00012793	482	41	22	Rp83.930,00	Rp872.811,18	Rp455,68	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp335.384,62	Rp1.305.986,38
	-20%	9,00011372	429	37	20	Rp74.844,00	Rp871.416,13	Rp435,98	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp299.076,92	Rp1.259.177,95
	20%	9,00017058	507	48	116	Rp103.334,00	Rp874.286,45	Rp507,85	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp825.846,15	Rp1.817.379,37
20	10%	9,00015636	464	44	106	Rp94.556,00	Rp872.849,68	Rp483,32	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp377.846,15	Rp1.359.140,06
	0	9,00014215	422	40	97	Rp86.086,00	Rp873.053,75	Rp465,36	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp344.000,00	Rp1.317.010,03
	-10%	9,00012793	380	36	87	Rp77.462,00	Rp873.258,23	Rp449,16	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp309.538,46	Rp1.274.112,76
	-20%	9,00011372	338	32	77	Rp68.838,00	Rp871.816,96	Rp430,62	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp275.076,92	Rp1.229.567,41
	20%	9,00017058	226	65	138	Rp66.066,00	Rp875.489,55	Rp455,37	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp264.000,00	Rp1.219.415,83
	10%	9,00015636	207	59	127	Rp60.522,00	Rp873.951,29	Rp439,41	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp241.846,15	Rp1.190.163,77
21	0	9,00014215	188	54	115	Rp54.978,00	Rp874.056,21	Rp428,87	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp219.692,31	Rp1.162.560,30
	-10%	9,00012793	169	49	104	Rp49.588,00	Rp874.160,73	Rp419,71	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp198.153,85	Rp1.135.727,20
	-20%	9,00011372	151	43	92	Rp44.044,00	Rp872.618,38	Rp407,36	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp176.000,00	Rp1.106.474,65
	20%	9,00017058	332	69	99	Rp77.000,00	Rp875.017,14	Rp470,28	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp307.692,31	Rp1.273.584,64
	10%	9,00015636	304	63	91	Rp70.532,00	Rp873.518,11	Rp451,91	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.846,15	Rp1.239.753,09
	0	9,00014215	276	58	83	Rp64.218,00	Rp873.661,86	Rp439,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp256.615,38	Rp1.208.339,50
22	-10%	9,00012793	249	52	75	Rp57.904,00	Rp873.804,08	Rp428,22	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp231.384,62	Rp1.176.925,83
	-20%	9,00011372	221	46	66	Rp51.282,00	Rp872.305,44	Rp413,93	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp204.923,08	Rp1.142.329,36

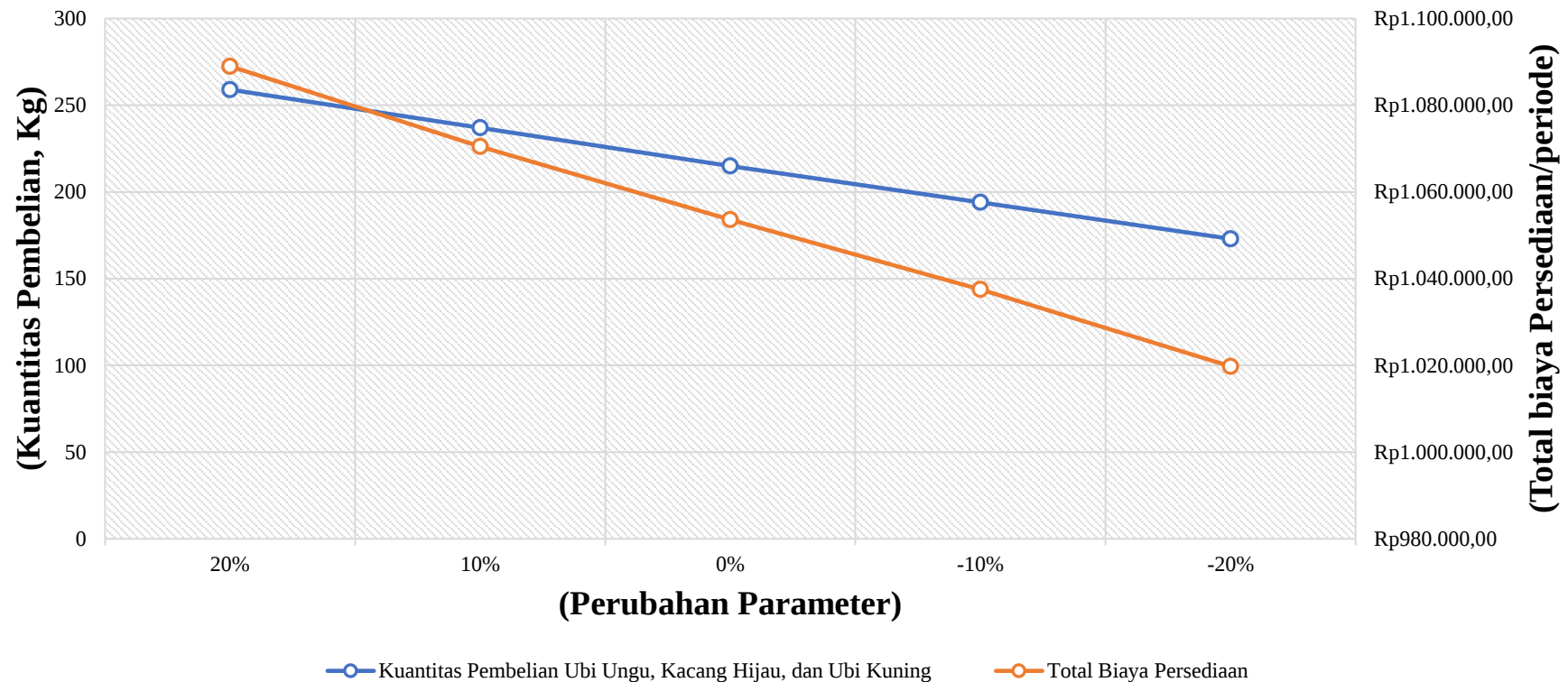


Gambar 4.1 Uji sensitivitas presentase produk rusak hasil *screening* terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan periode januari



Gambar 4.2 Uji sensitivitas presentase produk rusak hasil *screening* terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan periode februari

Uji Sensitivitas α_i terhadap Kuantitas Pembelian dan Total Biaya Persediaan



Gambar 4.3 Uji sensitivitas presentase produk rusak hasil *screening* terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan periode maret

4.3.2 Analisis uji sensitivitas laju deteriorasi produk (θ_i)

Pengujian sensitivitas laju deteriorasi produk menghasilkan panjang siklus yang *robust* dan tidak memberikan perbedaan terhadap kuantitas pembelian bahan baku pada setiap perubahan parameter. Hal ini terlihat dari tinggi batang pada masing-masing skenario yang sama pada seluruh periode pengamatan. Hasil uji sensitivitas menunjukkan bahwa model relatif stabil terhadap perubahan parameter laju deteriorasi, sehingga variasi tingkat kerusakan produk selama penyimpanan tidak memengaruhi keputusan jumlah pembelian bahan baku pada setiap periode.

Pengujian sensitivitas laju deteriorasi produk pada bulan 1 menghasilkan total biaya persediaan sebesar Rp1.147.020,36 dengan panjang siklus persediaan 9 hari. Kuantitas pemesanan optimal ubi ungu, kacang hijau, dan ubi kuning masing-masing sebesar 211 kg, 78 kg, dan 48 kg. Peningkatan laju deteriorasi sebesar 10% meningkatkan biaya persediaan menjadi Rp1.155.610,57 dengan siklus tetap 9 hari dan kuantitas pemesanan yang sama. Peningkatan sebesar 20% menghasilkan biaya persediaan Rp1.172.589,94 dengan siklus tetap 9 hari dan kuantitas pemesanan tetap 211 kg, 78 kg, dan 48 kg. Sebaliknya, penurunan laju deteriorasi sebesar 10% menghasilkan biaya persediaan Rp1.151.424,52 dengan siklus tetap 9 hari, sedangkan penurunan sebesar 20% menghasilkan biaya persediaan Rp1.169.539,31 dengan siklus tetap 9 hari dan kuantitas pemesanan tetap sama. Berikut merupakan uji sensitivitas laju deteriorasi produk (θ_i) dari periode Januari 2024 sampai dengan Oktober 2025 yang dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Uji sensitivitas laju deteriorasi produk (θ_i) pada periode Januari sampai Maret 2024 dapat dilihat pada Gambar 4.4 sampai Gambar 4.6. Grafik tersebut menunjukkan pengaruh perubahan parameter θ_i terhadap kuantitas pembelian bahan baku dan total biaya persediaan. Berdasarkan hasil yang diperoleh, perubahan nilai θ_i tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuantitas pembelian karena nilainya cenderung konstan pada setiap perubahan parameter. Perubahan θ_i memengaruhi total biaya persediaan yang menunjukkan tingkat deteriorasi produk selama penyimpanan berdampak pada besarnya biaya persediaan. Periode yang digunakan pada analisis ini telah mewakili pola perubahan yang serupa pada periode lainnya sehingga dapat menggambarkan model usulan.

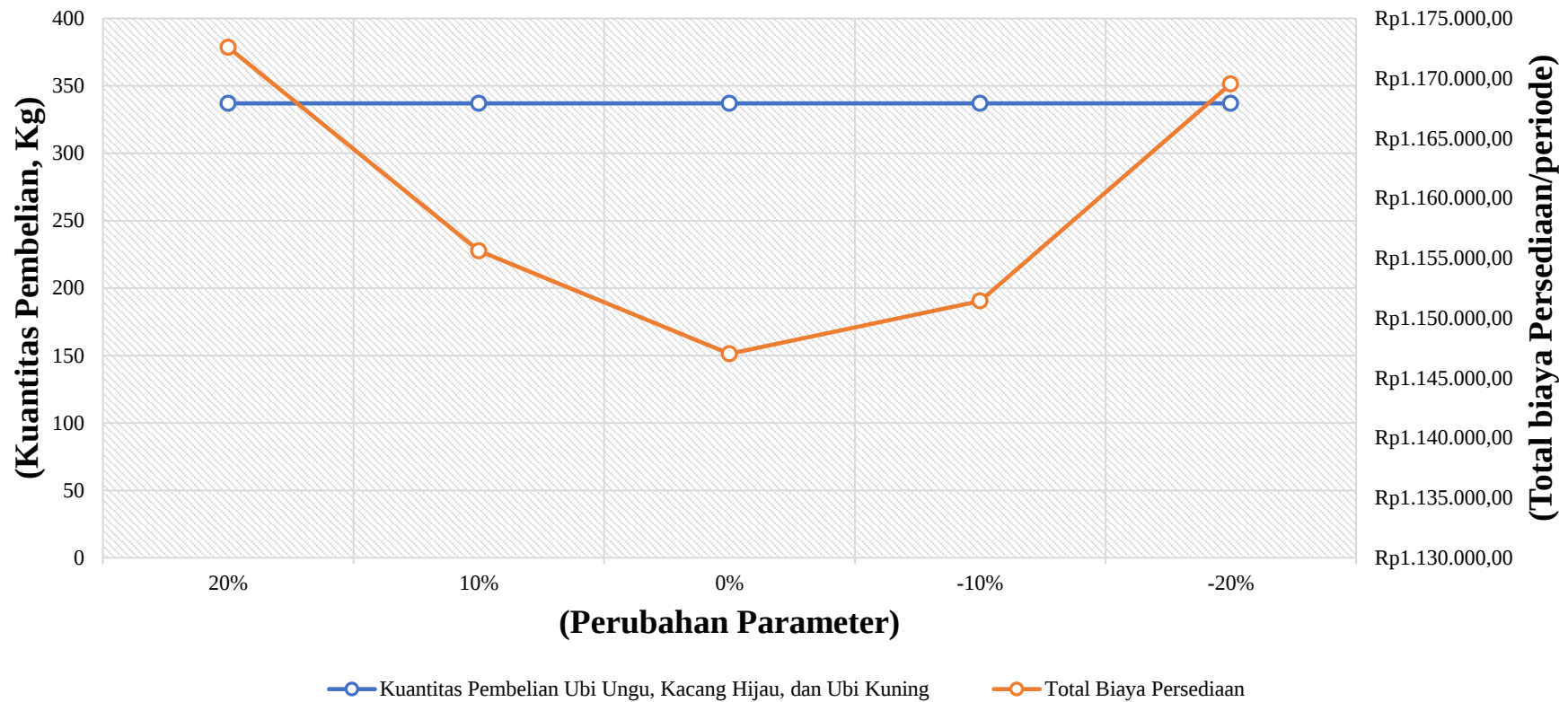
Tabel 4.20 Uji sensitivitas laju deteriorasi produk (θ_i)

Periode / Bulan (t)	Perubahan Parameter	Nilai T, Hari	Nilai Q pada Ubi Ungu, Kg	Nilai Q pada Kacang Hijau, Kg	Nilai Q pada Ubi Kuning, Kg	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat Backorder, Rp	Total Kekurangan Biaya Akibat Lost sales, Rp	Total Biaya Transortasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
1	20%	9,00014215	211	78	48	Rp51.898,00	Rp899.367,30	Rp535,11	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp207.384,62	Rp1.172.589,94
	10%	9,00014215	211	78	48	Rp51.898,00	Rp882.443,34	Rp479,70	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp207.384,62	Rp1.155.610,57
	0	9,00014215	211	78	48	Rp51.898,00	Rp873.908,58	Rp424,25	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp207.384,62	Rp1.147.020,36
	-10%	9,00014215	211	78	48	Rp51.898,00	Rp878.359,68	Rp377,32	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp207.384,62	Rp1.151.424,52
	-20%	9,00014215	211	78	48	Rp51.898,00	Rp896.517,13	Rp334,65	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp207.384,62	Rp1.169.539,31
2	20%	9,00014215	244	82	9	Rp51.590,00	Rp899.222,78	Rp534,58	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.153,85	Rp1.170.906,12
	10%	9,00014215	244	82	9	Rp51.590,00	Rp882.298,82	Rp479,17	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.153,85	Rp1.153.926,75
	0	9,00014215	244	82	9	Rp51.590,00	Rp873.764,06	Rp423,71	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.153,85	Rp1.145.336,53
	-10%	9,00014215	244	82	9	Rp51.590,00	Rp878.215,15	Rp376,78	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.153,85	Rp1.149.740,70
	-20%	9,00014215	244	82	9	Rp51.590,00	Rp896.372,61	Rp334,12	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.153,85	Rp1.167.855,49
3	20%	9,00014215	102	81	32	Rp33.110,00	Rp899.854,39	Rp513,31	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp132.307,69	Rp1.079.190,31
	10%	9,00014215	102	81	32	Rp33.110,00	Rp882.930,43	Rp457,90	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp132.307,69	Rp1.062.210,94
	0	9,00014215	102	81	32	Rp33.110,00	Rp874.395,68	Rp402,45	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp132.307,69	Rp1.053.620,73
	-10%	9,00014215	102	81	32	Rp33.110,00	Rp878.846,77	Rp355,52	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp132.307,69	Rp1.058.024,89
	-20%	9,00014215	102	81	32	Rp33.110,00	Rp897.004,23	Rp312,85	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp132.307,69	Rp1.076.139,68
4	20%	9,00014215	190	85	34	Rp47.586,00	Rp899.446,49	Rp529,83	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp190.153,85	Rp1.151.121,08
	10%	9,00014215	190	85	34	Rp47.586,00	Rp882.522,53	Rp474,42	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp190.153,85	Rp1.134.141,71
	0	9,00014215	190	85	34	Rp47.586,00	Rp873.987,77	Rp418,96	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp190.153,85	Rp1.125.551,50
	-10%	9,00014215	190	85	34	Rp47.586,00	Rp878.438,87	Rp372,03	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp190.153,85	Rp1.129.955,66
	-20%	9,00014215	190	85	34	Rp47.586,00	Rp896.596,32	Rp329,36	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp190.153,85	Rp1.148.070,45
5	20%	9,00014215	317	94	41	Rp69.608,00	Rp898.846,62	Rp554,83	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp278.153,85	Rp1.260.568,21
	10%	9,00014215	317	94	41	Rp69.608,00	Rp881.922,66	Rp499,42	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp278.153,85	Rp1.243.588,84
	0	9,00014215	317	94	41	Rp69.608,00	Rp873.387,91	Rp443,96	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp278.153,85	Rp1.234.998,63
	-10%	9,00014215	317	94	41	Rp69.608,00	Rp877.839,00	Rp397,03	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp278.153,85	Rp1.239.402,79
	-20%	9,00014215	317	94	41	Rp69.608,00	Rp895.996,46	Rp354,36	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp278.153,85	Rp1.257.517,58
6	20%	9,00014215	405	94	37	Rp82.544,00	Rp898.452,95	Rp569,75	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp329.846,15	Rp1.324.817,76
	10%	9,00014215	405	94	37	Rp82.544,00	Rp881.528,99	Rp514,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp329.846,15	Rp1.307.838,39
	0	9,00014215	405	94	37	Rp82.544,00	Rp872.994,23	Rp458,88	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp329.846,15	Rp1.299.248,18
	-10%	9,00014215	405	94	37	Rp82.544,00	Rp877.445,32	Rp411,95	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp329.846,15	Rp1.303.652,34
	-20%	9,00014215	405	94	37	Rp82.544,00	Rp895.602,78	Rp369,28	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp329.846,15	Rp1.321.767,13
7	20%	9,00014215	346	87	64	Rp76.538,00	Rp898.727,91	Rp563,13	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp305.846,15	Rp1.295.080,11
	10%	9,00014215	346	87	64	Rp76.538,00	Rp881.803,95	Rp507,72	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp305.846,15	Rp1.278.100,74
	0	9,00014215	346	87	64	Rp76.538,00	Rp873.269,20	Rp452,26	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp305.846,15	Rp1.269.510,52
	-10%	9,00014215	346	87	64	Rp76.538,00	Rp877.720,29	Rp405,33	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp305.846,15	Rp1.273.914,69
	-20%	9,00014215	346	87	64	Rp76.538,00	Rp895.877,75	Rp362,66	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp305.846,15	Rp1.292.029,48
8	20%	9,00014215	267	264	57	Rp90.552,00	Rp898.561,78	Rp571,43	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp361.846,15	Rp1.364.936,28
	10%	9,00014215	267	264	57	Rp90.552,00	Rp881.637,82	Rp516,02	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp361.846,15	Rp1.347.956,91
	0	9,00014215	267	264	57	Rp90.552,00	Rp873.103,07	Rp460,57	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp361.846,15	Rp1.339.366,70

Periode / Bulan (t)	Perubahan Parameter	Nilai T, Hari	Nilai Q pada Ubi Ungu, Kg	Nilai Q pada Kacang Hijau, Kg	Nilai Q pada Ubi Kuning, Kg	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat Backorder, Rp	Total Biaya Akibat Lost sales, Rp	Total Biaya Transportasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
9	-10%	9,00014215	267	264	57	Rp90.552,00	Rp877.554,16	Rp413,64	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp361.846,15	Rp1.343.770,86
	-20%	9,00014215	267	264	57	Rp90.552,00	Rp895.711,62	Rp370,97	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp361.846,15	Rp1.361.885,65
	20%	9,00014215	340	41	29	Rp63.140,00	Rp898.904,93	Rp549,72	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.307,69	Rp1.228.307,25
	10%	9,00014215	340	41	29	Rp63.140,00	Rp881.980,97	Rp494,31	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.307,69	Rp1.211.327,88
	0	9,00014215	340	41	29	Rp63.140,00	Rp873.446,21	Rp438,86	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.307,69	Rp1.202.737,67
	-10%	9,00014215	340	41	29	Rp63.140,00	Rp877.897,30	Rp391,92	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.307,69	Rp1.207.141,83
10	-20%	9,00014215	340	41	29	Rp63.140,00	Rp896.054,76	Rp349,26	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.307,69	Rp1.225.256,62
	20%	9,00014215	287	34	51	Rp57.288,00	Rp899.154,93	Rp543,28	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp228.923,08	Rp1.199.314,21
	10%	9,00014215	287	34	51	Rp57.288,00	Rp882.230,97	Rp487,87	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp228.923,08	Rp1.182.334,84
	0	9,00014215	287	34	51	Rp57.288,00	Rp873.696,22	Rp432,42	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp228.923,08	Rp1.173.744,62
	-10%	9,00014215	287	34	51	Rp57.288,00	Rp878.147,31	Rp385,49	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp228.923,08	Rp1.178.148,79
	-20%	9,00014215	287	34	51	Rp57.288,00	Rp896.304,77	Rp342,82	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp228.923,08	Rp1.196.263,58
11	20%	9,00014215	302	27	44	Rp57.442,00	Rp899.111,06	Rp543,77	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp229.538,46	Rp1.200.040,21
	10%	9,00014215	302	27	44	Rp57.442,00	Rp882.187,10	Rp488,36	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp229.538,46	Rp1.183.060,84
	0	9,00014215	302	27	44	Rp57.442,00	Rp873.652,35	Rp432,91	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp229.538,46	Rp1.174.470,62
	-10%	9,00014215	302	27	44	Rp57.442,00	Rp878.103,44	Rp385,97	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp229.538,46	Rp1.178.874,79
	-20%	9,00014215	302	27	44	Rp57.442,00	Rp896.260,90	Rp343,31	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp229.538,46	Rp1.196.989,58
	20%	9,00014215	437	18	2	Rp70.378,00	Rp898.548,05	Rp559,09	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.264.120,82
12	10%	9,00014215	437	18	2	Rp70.378,00	Rp881.624,09	Rp503,68	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.247.141,45
	0	9,00014215	437	18	2	Rp70.378,00	Rp873.089,34	Rp448,22	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.238.551,24
	-10%	9,00014215	437	18	2	Rp70.378,00	Rp877.540,43	Rp401,29	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.242.955,40
	-20%	9,00014215	437	18	2	Rp70.378,00	Rp895.697,89	Rp358,62	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.261.070,19
	20%	9,00014215	170	46	158	Rp57.596,00	Rp899.602,31	Rp543,11	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp230.153,85	Rp1.201.300,18
	10%	9,00014215	170	46	158	Rp57.596,00	Rp882.678,35	Rp487,70	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp230.153,85	Rp1.184.320,81
13	0	9,00014215	170	46	158	Rp57.596,00	Rp874.143,60	Rp432,24	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp230.153,85	Rp1.175.730,60
	-10%	9,00014215	170	46	158	Rp57.596,00	Rp878.594,69	Rp385,31	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp230.153,85	Rp1.180.134,76
	-20%	9,00014215	170	46	158	Rp57.596,00	Rp896.752,15	Rp342,64	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp230.153,85	Rp1.198.249,55
	20%	9,00014215	231	67	31	Rp50.666,00	Rp899.316,79	Rp534,18	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp202.461,54	Rp1.166.383,42
	10%	9,00014215	231	67	31	Rp50.666,00	Rp882.392,83	Rp478,77	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp202.461,54	Rp1.149.404,05
	0	9,00014215	231	67	31	Rp50.666,00	Rp873.858,07	Rp423,32	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp202.461,54	Rp1.140.813,84
14	-10%	9,00014215	231	67	31	Rp50.666,00	Rp878.309,17	Rp376,38	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp202.461,54	Rp1.145.218,00
	-20%	9,00014215	231	67	31	Rp50.666,00	Rp896.466,62	Rp333,72	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp202.461,54	Rp1.163.332,79
	20%	9,00014215	158	61	210	Rp66.066,00	Rp899.591,11	Rp552,21	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp264.000,00	Rp1.243.614,23
	10%	9,00014215	158	61	210	Rp66.066,00	Rp882.667,15	Rp496,80	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp264.000,00	Rp1.226.634,86
	0	9,00014215	158	61	210	Rp66.066,00	Rp874.132,39	Rp441,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp264.000,00	Rp1.218.044,64
	-10%	9,00014215	158	61	210	Rp66.066,00	Rp878.583,48	Rp394,41	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp264.000,00	Rp1.222.448,81
15	-20%	9,00014215	158	61	210	Rp66.066,00	Rp896.740,94	Rp351,74	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp264.000,00	Rp1.240.563,59
	20%	9,00014215	223	68	17	Rp47.432,00	Rp899.355,34	Rp530,41	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp189.538,46	Rp1.150.261,12
	10%	9,00014215	223	68	17	Rp47.432,00	Rp882.431,38	Rp475,00	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp189.538,46	Rp1.133.281,75
	0	9,00014215	223	68	17	Rp47.432,00	Rp873.896,63	Rp419,54	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp189.538,46	Rp1.124.691,54

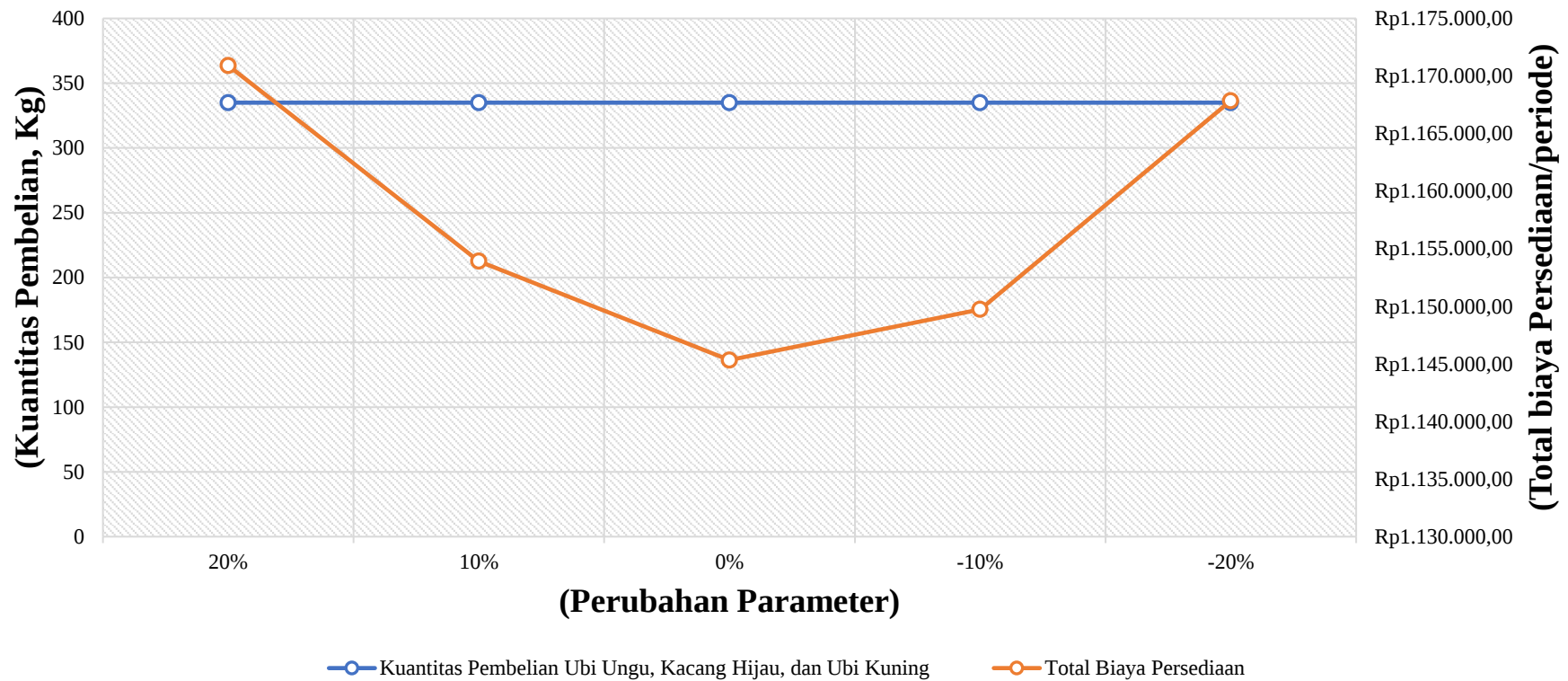
Periode / Bulan (t)	Perubahan Parameter	Nilai T, Hari	Nilai Q pada Ubi Ungu, Kg	Nilai Q pada Kacang Hijau, Kg	Nilai Q pada Ubi Kuning, Kg	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat Backorder, Rp	Total Biaya Akibat Lost sales, Rp	Total Biaya Transortasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
17	-10%	9,00014215	223	68	17	Rp47.432,00	Rp878.347,72	Rp372.61	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp189.538,46	Rp1.129.095,70
	-20%	9,00014215	223	68	17	Rp47.432,00	Rp896.505,18	Rp329,94	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp189.538,46	Rp1.147.210,49
	20%	9,00014215	232	87	135	Rp69.916,00	Rp899.211,67	Rp555,49	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp279.384,62	Rp1.262.472,69
	10%	9,00014215	232	87	135	Rp69.916,00	Rp882.287,71	Rp500,08	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp279.384,62	Rp1.245.493,32
	0	9,00014215	232	87	135	Rp69.916,00	Rp873.752,96	Rp444,63	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp279.384,62	Rp1.236.903,11
	-10%	9,00014215	232	87	135	Rp69.916,00	Rp878.204,05	Rp397,70	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp279.384,62	Rp1.241.307,27
18	-20%	9,00014215	232	87	135	Rp69.916,00	Rp896.361,51	Rp355,03	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp279.384,62	Rp1.259.422,06
	20%	9,00014215	360	68	29	Rp70.378,00	Rp898.735,20	Rp556,87	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.264.305,75
	10%	9,00014215	360	68	29	Rp70.378,00	Rp881.811,24	Rp501,46	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.247.326,38
	0	9,00014215	360	68	29	Rp70.378,00	Rp873.276,48	Rp446,00	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.238.736,17
	-10%	9,00014215	360	68	29	Rp70.378,00	Rp877.727,57	Rp399,07	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.243.140,33
	-20%	9,00014215	360	68	29	Rp70.378,00	Rp895.885,03	Rp356,40	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.261.255,12
19	20%	9,00014215	536	46	25	Rp93.478,00	Rp898.011,35	Rp584,49	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp373.538,46	Rp1.379.017,21
	10%	9,00014215	536	46	25	Rp93.478,00	Rp881.087,39	Rp529,08	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp373.538,46	Rp1.362.037,84
	0	9,00014215	536	46	25	Rp93.478,00	Rp872.552,64	Rp473,62	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp373.538,46	Rp1.353.447,63
	-10%	9,00014215	536	46	25	Rp93.478,00	Rp877.003,73	Rp426,69	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp373.538,46	Rp1.357.851,79
	-20%	9,00014215	536	46	25	Rp93.478,00	Rp895.161,19	Rp384,02	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp373.538,46	Rp1.375.966,58
	20%	9,00014215	422	40	97	Rp86.086,00	Rp898.512,47	Rp576,23	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp344.000,00	Rp1.342.579,61
20	10%	9,00014215	422	40	97	Rp86.086,00	Rp881.588,51	Rp520,82	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp344.000,00	Rp1.325.600,24
	0	9,00014215	422	40	97	Rp86.086,00	Rp873.053,75	Rp465,36	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp344.000,00	Rp1.317.010,03
	-10%	9,00014215	422	40	97	Rp86.086,00	Rp877.504,85	Rp418,43	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp344.000,00	Rp1.321.414,19
	-20%	9,00014215	422	40	97	Rp86.086,00	Rp895.662,30	Rp375,76	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp344.000,00	Rp1.339.528,98
	20%	9,00014215	188	54	115	Rp54.978,00	Rp899.514,93	Rp539,73	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp219.692,31	Rp1.188.129,88
	10%	9,00014215	188	54	115	Rp54.978,00	Rp882.590,97	Rp484,32	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp219.692,31	Rp1.171.150,51
21	0	9,00014215	188	54	115	Rp54.978,00	Rp874.056,21	Rp428,87	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp219.692,31	Rp1.162.560,30
	-10%	9,00014215	188	54	115	Rp54.978,00	Rp878.507,30	Rp381,93	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp219.692,31	Rp1.166.964,46
	-20%	9,00014215	188	54	115	Rp54.978,00	Rp896.664,76	Rp339,27	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp219.692,31	Rp1.185.079,25
	20%	9,00014215	276	58	83	Rp64.218,00	Rp899.120,57	Rp550,21	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp256.615,38	Rp1.233.909,08
	10%	9,00014215	276	58	83	Rp64.218,00	Rp882.196,61	Rp494,80	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp256.615,38	Rp1.216.929,71
	0	9,00014215	276	58	83	Rp64.218,00	Rp873.661,86	Rp439,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp256.615,38	Rp1.208.339,50
22	-10%	9,00014215	276	58	83	Rp64.218,00	Rp878.112,95	Rp392,41	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp256.615,38	Rp1.212.743,66
	-20%	9,00014215	276	58	83	Rp64.218,00	Rp896.270,41	Rp349,74	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp256.615,38	Rp1.230.858,45

Uji Sensitivitas θ_i terhadap Kuantitas Pembelian dan Total Biaya Persediaan



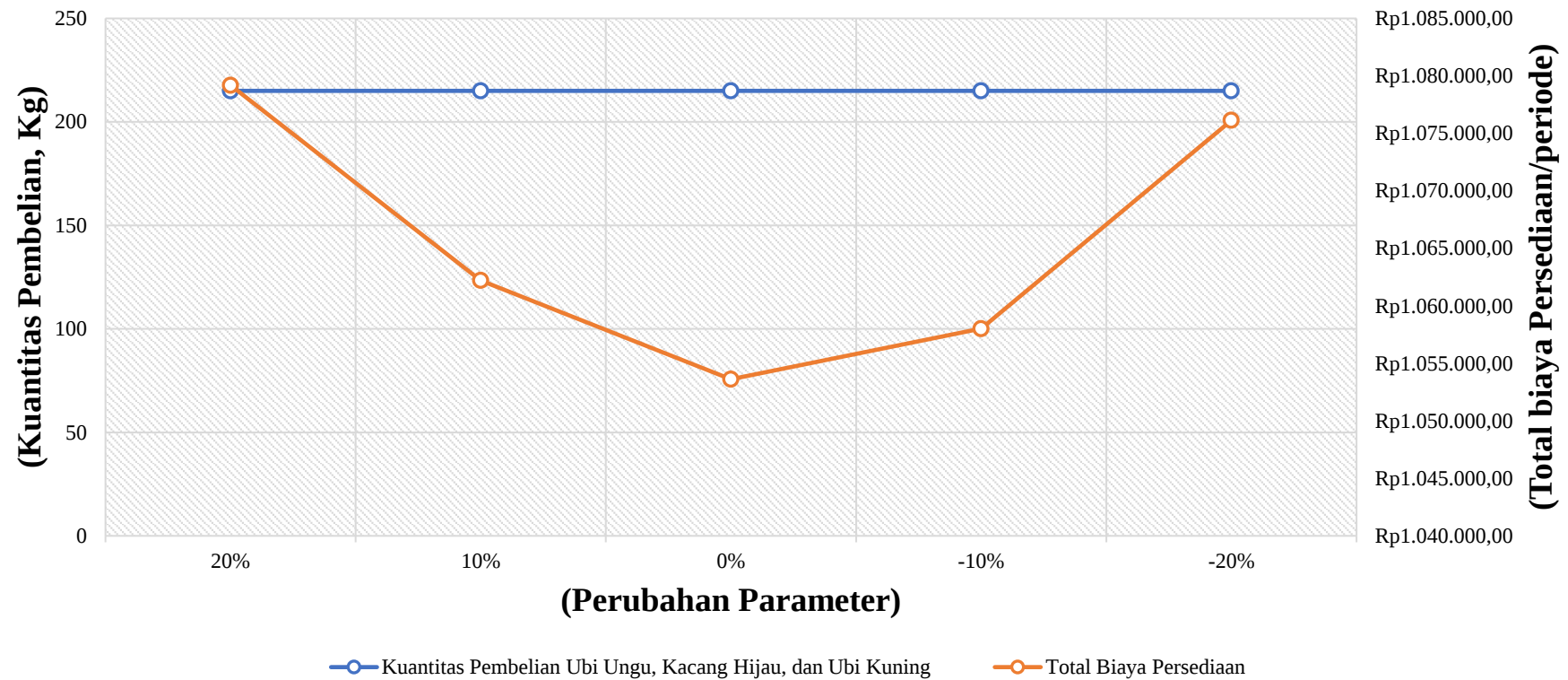
Gambar 4.4 Uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada bulan januari

Uji Sensitivitas θ_i terhadap Kuantitas Pembelian dan Total Biaya Persediaan



Gambar 4.5 Uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada bulan februari

Uji Sensitivitas θ_i terhadap Kuantitas Pembelian dan Total Biaya Persediaan



Gambar 4.6 Uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada bulan maret

4.3.3 Analisis uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu (φ_i)

Pengujian sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu menghasilkan panjang siklus yang *robust* dan tidak memberikan perbedaan terhadap kuantitas pembelian bahan baku pada setiap perubahan parameter. Hal ini terlihat dari tinggi batang pada masing-masing skenario yang sama pada seluruh periode pengamatan. Hasil uji sensitivitas menunjukkan bahwa model relatif stabil terhadap perubahan parameter sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu, sehingga sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu tidak memengaruhi keputusan jumlah pembelian bahan baku pada setiap periode.

Pengujian sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu pada bulan 1 menghasilkan total biaya persediaan sebesar Rp1.147.020,36 dengan panjang siklus persediaan 9 hari. Kuantitas pemesanan optimal ubi ungu, kacang hijau, dan ubi kuning masing-masing sebesar 211 kg, 78 kg, dan 48 kg. Peningkatan parameter sebesar 10% meningkatkan biaya persediaan menjadi Rp1.147.676,74 dengan siklus tetap 9 hari dan kuantitas pemesanan yang sama. Peningkatan sebesar 20% menghasilkan biaya persediaan Rp1.148.304,95 dengan siklus tetap 9 hari dan kuantitas pemesanan tetap 211 kg, 78 kg, dan 48 kg. Sebaliknya, penurunan parameter sebesar 10% menurunkan biaya persediaan menjadi Rp1.146.333,61 dengan siklus tetap 9 hari dan kuantitas pemesanan tetap sama. Penurunan sebesar 20% menghasilkan biaya persediaan Rp1.145.614,06 dengan siklus tetap 9 hari serta kuantitas pemesanan tetap 211 kg, 78 kg, dan 48 kg. Berikut merupakan uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu (φ_i) dari periode Januari 2024 sampai dengan Oktober 2025 yang dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu (φ_i) terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan dapat dilihat pada Gambar 4.7 sampai Gambar 4.9. Grafik menunjukkan perubahan (φ_i) tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kuantitas pembelian karena nilainya konstan pada setiap perubahan parameter. Perubahan (φ_i) memengaruhi total biaya persediaan yang ditunjukkan oleh perubahan nilai biaya pada setiap variasi parameter. Hal ini menunjukkan bahwa sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu lebih berdampak pada biaya persediaan dibandingkan terhadap keputusan jumlah pembelian.

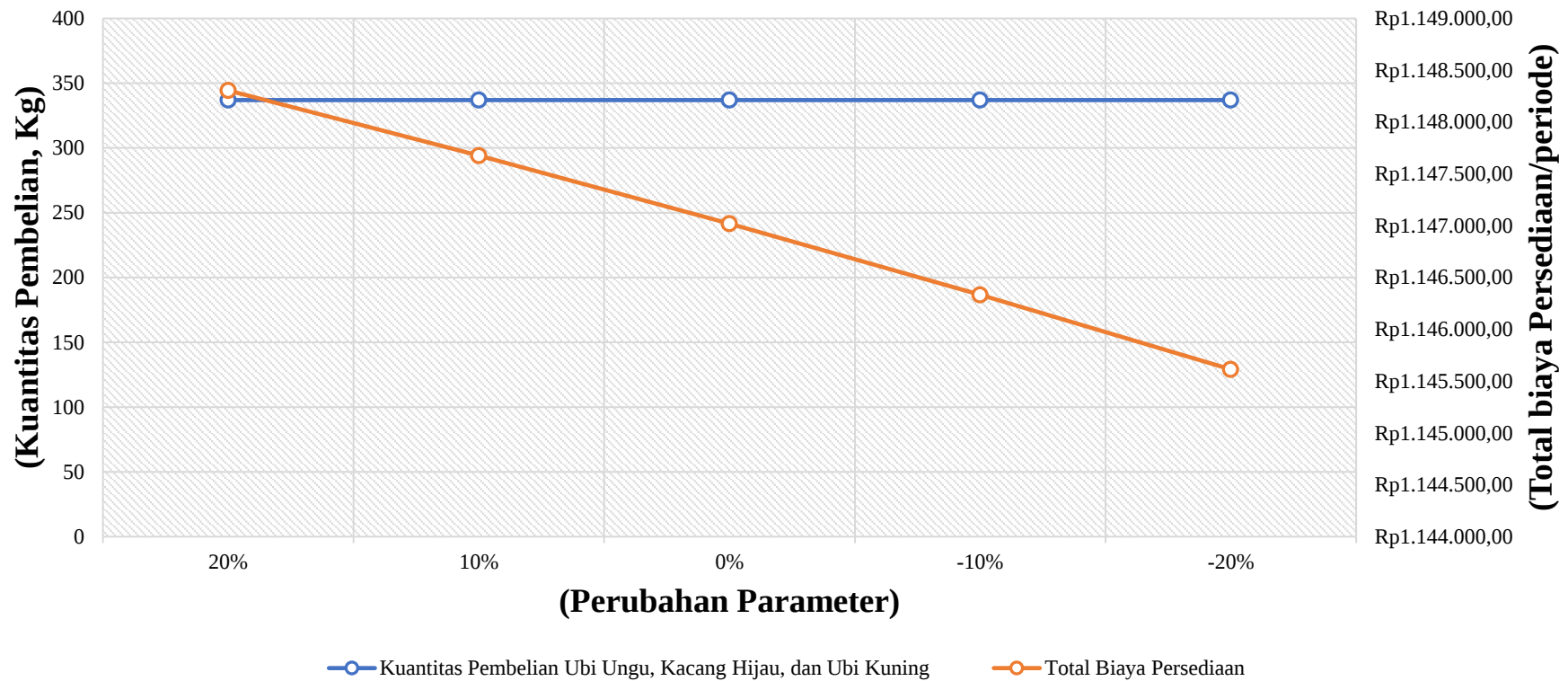
Tabel 4.21 Uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu

Periode / Bulan (t)	Perubahan Parameter	Nilai T, Hari	Nilai Q pada Ubi Ungu, Kg	Nilai Q pada Kacang Hijau, Kg	Nilai Q pada Ubi Kuning, Kg	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat Backorder, Rp	Total Kekurangan Biaya Akibat Lost sales, Rp	Total Biaya Transortasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
1	20%	9,00012506	211	78	48	Rp51.898,00	Rp873.908,58	Rp424,29	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp207.384,62	Rp1.148.304,95
	10%	9,00013306	211	78	48	Rp51.898,00	Rp873.908,58	Rp424,27	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp207.384,62	Rp1.147.676,74
	0	9,00014215	211	78	48	Rp51.898,00	Rp873.908,58	Rp424,25	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp207.384,62	Rp1.147.020,36
	-10%	9,00015257	211	78	48	Rp51.898,00	Rp873.908,58	Rp424,23	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp207.384,62	Rp1.146.333,61
	-20%	9,00014215	211	78	48	Rp51.898,00	Rp873.908,58	Rp424,20	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp207.384,62	Rp1.145.614,06
2	20%	9,00012506	244	82	9	Rp51.590,00	Rp873.764,06	Rp423,76	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp206.153,85	Rp1.146.621,12
	10%	9,00013306	244	82	9	Rp51.590,00	Rp873.764,06	Rp423,74	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp206.153,85	Rp1.145.992,92
	0	9,00014215	244	82	9	Rp51.590,00	Rp873.764,06	Rp423,71	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.153,85	Rp1.145.336,53
	-10%	9,00015257	244	82	9	Rp51.590,00	Rp873.764,06	Rp423,69	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp206.153,85	Rp1.144.649,79
	-20%	9,00014215	244	82	9	Rp51.590,00	Rp873.764,06	Rp423,67	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp206.153,85	Rp1.143.930,24
3	20%	9,00012506	102	81	32	Rp33.110,00	Rp874.395,68	Rp402,49	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp132.307,69	Rp1.054.905,32
	10%	9,00013306	102	81	32	Rp33.110,00	Rp874.395,68	Rp402,47	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp132.307,69	Rp1.054.277,11
	0	9,00014215	102	81	32	Rp33.110,00	Rp874.395,68	Rp402,45	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp132.307,69	Rp1.053.620,73
	-10%	9,00015257	102	81	32	Rp33.110,00	Rp874.395,68	Rp402,43	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp132.307,69	Rp1.052.933,98
	-20%	9,00014215	102	81	32	Rp33.110,00	Rp874.395,68	Rp402,40	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp132.307,69	Rp1.052.214,44
4	20%	9,00012506	190	85	34	Rp47.586,00	Rp873.987,77	Rp419,00	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp190.153,85	Rp1.126.836,08
	10%	9,00013306	190	85	34	Rp47.586,00	Rp873.987,77	Rp418,98	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp190.153,85	Rp1.126.207,88
	0	9,00014215	190	85	34	Rp47.586,00	Rp873.987,77	Rp418,96	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp190.153,85	Rp1.125.551,50
	-10%	9,00015257	190	85	34	Rp47.586,00	Rp873.987,77	Rp418,94	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp190.153,85	Rp1.124.864,75
	-20%	9,00014215	190	85	34	Rp47.586,00	Rp873.987,77	Rp418,92	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp190.153,85	Rp1.124.145,20
5	20%	9,00012506	317	94	41	Rp69.608,00	Rp873.387,91	Rp444,00	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp278.153,85	Rp1.236.283,21
	10%	9,00013306	317	94	41	Rp69.608,00	Rp873.387,91	Rp443,98	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp278.153,85	Rp1.235.655,01
	0	9,00014215	317	94	41	Rp69.608,00	Rp873.387,91	Rp443,96	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp278.153,85	Rp1.234.998,63
	-10%	9,00015257	317	94	41	Rp69.608,00	Rp873.387,91	Rp443,94	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp278.153,85	Rp1.234.311,88
	-20%	9,00014215	317	94	41	Rp69.608,00	Rp873.387,91	Rp443,92	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp278.153,85	Rp1.233.592,33
6	20%	9,00012506	405	94	37	Rp82.544,00	Rp872.994,23	Rp458,92	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp329.846,15	Rp1.300.532,76
	10%	9,00013306	405	94	37	Rp82.544,00	Rp872.994,23	Rp458,90	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp329.846,15	Rp1.299.904,56
	0	9,00014215	405	94	37	Rp82.544,00	Rp872.994,23	Rp458,88	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp329.846,15	Rp1.299.248,18
	-10%	9,00015257	405	94	37	Rp82.544,00	Rp872.994,23	Rp458,86	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp329.846,15	Rp1.298.561,43
	-20%	9,00014215	405	94	37	Rp82.544,00	Rp872.994,23	Rp458,84	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp329.846,15	Rp1.297.841,88
7	20%	9,00012506	346	87	64	Rp76.538,00	Rp873.269,20	Rp452,30	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp305.846,15	Rp1.270.795,11
	10%	9,00013306	346	87	64	Rp76.538,00	Rp873.269,20	Rp452,28	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp305.846,15	Rp1.270.166,91
	0	9,00014215	346	87	64	Rp76.538,00	Rp873.269,20	Rp452,26	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp305.846,15	Rp1.269.510,52
	-10%	9,00015257	346	87	64	Rp76.538,00	Rp873.269,20	Rp452,24	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp305.846,15	Rp1.268.823,78
	-20%	9,00014215	346	87	64	Rp76.538,00	Rp873.269,20	Rp452,22	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp305.846,15	Rp1.268.104,23
8	20%	9,00012506	267	264	57	Rp90.552,00	Rp873.103,07	Rp460,61	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp361.846,15	Rp1.340.651,29
	10%	9,00013306	267	264	57	Rp90.552,00	Rp873.103,07	Rp460,59	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp361.846,15	Rp1.340.023,09
	0	9,00014215	267	264	57	Rp90.552,00	Rp873.103,07	Rp460,57	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp361.846,15	Rp1.339.366,70

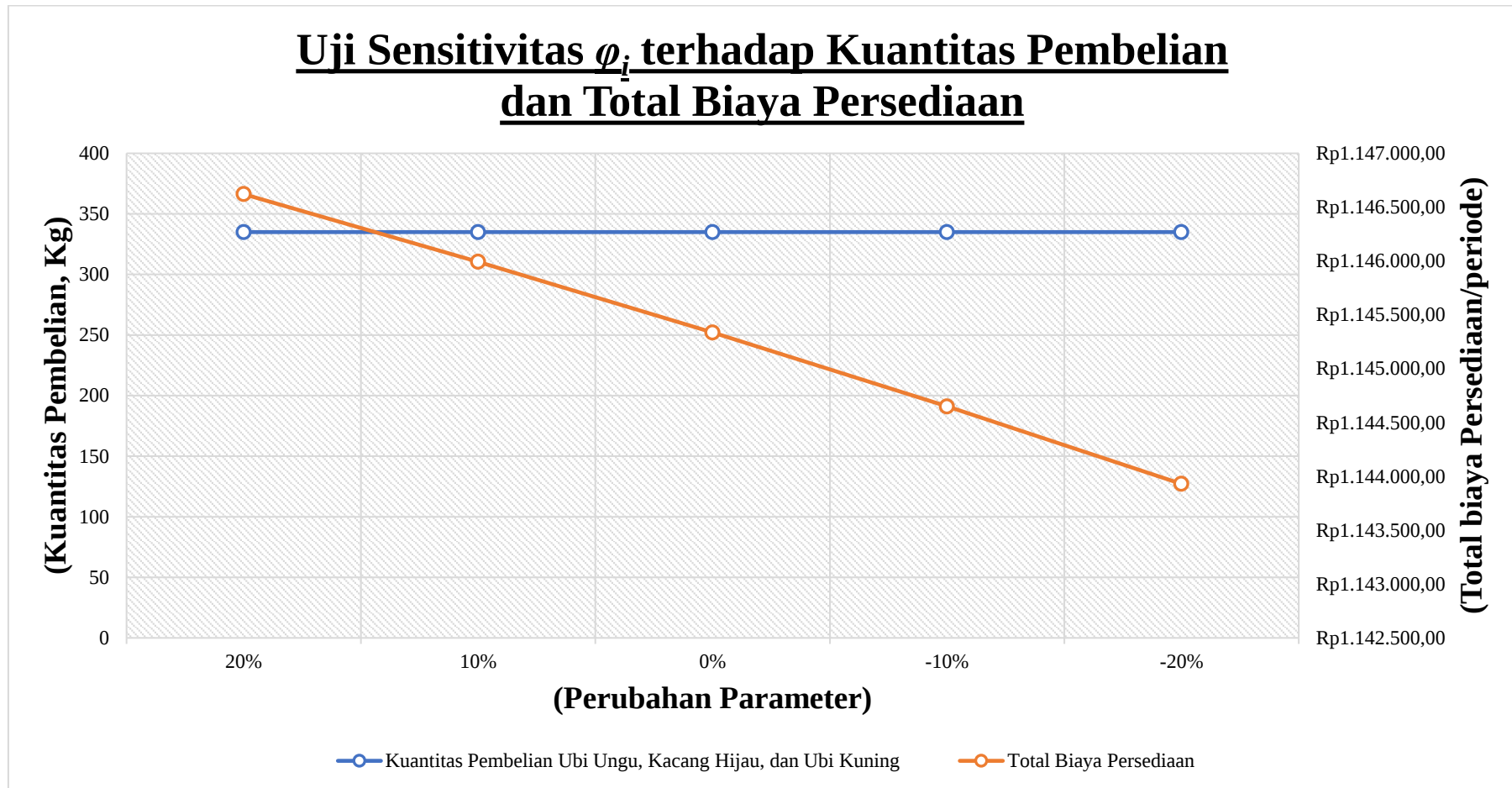
Periode / Bulan (t)	Perubahan Parameter	Nilai T, Hari	Nilai Q pada Ubi Ungu, Kg	Nilai Q pada Kacang Hijau, Kg	Nilai Q pada Ubi Kuning, Kg	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat Backorder, Rp	Total Kekurangan Biaya Akibat Lost sales, Rp	Total Biaya Transortasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
9	-10%	9,00015257	267	264	57	Rp90.552,00	Rp873.103,07	Rp460,55	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp361.846,15	Rp1.338.679,95
	-20%	9,00014215	267	264	57	Rp90.552,00	Rp873.103,07	Rp460,52	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp361.846,15	Rp1.337.960,41
	20%	9,00012506	340	41	29	Rp63.140,00	Rp873.446,21	Rp438,90	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp252.307,69	Rp1.204.022,26
	10%	9,00013306	340	41	29	Rp63.140,00	Rp873.446,21	Rp438,88	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp252.307,69	Rp1.203.394,06
	0	9,00014215	340	41	29	Rp63.140,00	Rp873.446,21	Rp438,86	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.307,69	Rp1.202.737,67
	-10%	9,00015257	340	41	29	Rp63.140,00	Rp873.446,21	Rp438,83	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp252.307,69	Rp1.202.050,92
	-20%	9,00014215	340	41	29	Rp63.140,00	Rp873.446,21	Rp438,81	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp252.307,69	Rp1.201.331,38
	20%	9,00012506	287	34	51	Rp57.288,00	Rp873.696,22	Rp432,46	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp228.923,08	Rp1.175.029,21
10	10%	9,00013306	287	34	51	Rp57.288,00	Rp873.696,22	Rp432,44	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp228.923,08	Rp1.174.401,01
	0	9,00014215	287	34	51	Rp57.288,00	Rp873.696,22	Rp432,42	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp228.923,08	Rp1.173.744,62
	-10%	9,00015257	287	34	51	Rp57.288,00	Rp873.696,22	Rp432,40	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp228.923,08	Rp1.173.057,88
	-20%	9,00014215	287	34	51	Rp57.288,00	Rp873.696,22	Rp432,37	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp228.923,08	Rp1.172.338,33
11	20%	9,00012506	302	27	44	Rp57.442,00	Rp873.652,35	Rp432,95	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp229.538,46	Rp1.175.755,21
	10%	9,00013306	302	27	44	Rp57.442,00	Rp873.652,35	Rp432,93	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp229.538,46	Rp1.175.127,01
	0	9,00014215	302	27	44	Rp57.442,00	Rp873.652,35	Rp432,91	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp229.538,46	Rp1.174.470,62
	-10%	9,00015257	302	27	44	Rp57.442,00	Rp873.652,35	Rp432,88	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp229.538,46	Rp1.173.783,88
12	-20%	9,00014215	302	27	44	Rp57.442,00	Rp873.652,35	Rp432,86	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp229.538,46	Rp1.173.064,33
	20%	9,00012506	437	18	2	Rp70.378,00	Rp873.089,34	Rp448,26	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp281.230,77	Rp1.239.835,83
	10%	9,00013306	437	18	2	Rp70.378,00	Rp873.089,34	Rp448,24	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp281.230,77	Rp1.239.207,62
	0	9,00014215	437	18	2	Rp70.378,00	Rp873.089,34	Rp448,22	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.238.551,24
	-10%	9,00015257	437	18	2	Rp70.378,00	Rp873.089,34	Rp448,20	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp281.230,77	Rp1.237.864,49
	-20%	9,00014215	437	18	2	Rp70.378,00	Rp873.089,34	Rp448,18	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp281.230,77	Rp1.237.144,95
	20%	9,00012506	170	46	158	Rp57.596,00	Rp874.143,60	Rp432,28	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp230.153,85	Rp1.177.015,18
	10%	9,00013306	170	46	158	Rp57.596,00	Rp874.143,60	Rp432,26	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp230.153,85	Rp1.176.386,98
13	0	9,00014215	170	46	158	Rp57.596,00	Rp874.143,60	Rp432,24	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp230.153,85	Rp1.175.730,60
	-10%	9,00015257	170	46	158	Rp57.596,00	Rp874.143,60	Rp432,22	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp230.153,85	Rp1.175.043,85
	-20%	9,00014215	170	46	158	Rp57.596,00	Rp874.143,60	Rp432,20	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp230.153,85	Rp1.174.324,30
	20%	9,00012506	231	67	31	Rp50.666,00	Rp873.858,07	Rp423,36	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp202.461,54	Rp1.142.098,43
14	10%	9,00013306	231	67	31	Rp50.666,00	Rp873.858,07	Rp423,34	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp202.461,54	Rp1.141.470,22
	0	9,00014215	231	67	31	Rp50.666,00	Rp873.858,07	Rp423,32	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp202.461,54	Rp1.140.813,84
	-10%	9,00015257	231	67	31	Rp50.666,00	Rp873.858,07	Rp423,29	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp202.461,54	Rp1.140.127,09
	-20%	9,00014215	231	67	31	Rp50.666,00	Rp873.858,07	Rp423,27	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp202.461,54	Rp1.139.407,55
15	20%	9,00012506	158	61	210	Rp66.066,00	Rp874.132,39	Rp441,38	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp264.000,00	Rp1.219.329,23
	10%	9,00013306	158	61	210	Rp66.066,00	Rp874.132,39	Rp441,36	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp264.000,00	Rp1.218.701,03
	0	9,00014215	158	61	210	Rp66.066,00	Rp874.132,39	Rp441,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp264.000,00	Rp1.218.044,64
	-10%	9,00015257	158	61	210	Rp66.066,00	Rp874.132,39	Rp441,32	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp264.000,00	Rp1.217.357,89
	-20%	9,00014215	158	61	210	Rp66.066,00	Rp874.132,39	Rp441,30	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp264.000,00	Rp1.216.638,35
16	20%	9,00012506	223	68	17	Rp47.432,00	Rp873.896,63	Rp419,58	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp189.538,46	Rp1.125.976,13
	10%	9,00013306	223	68	17	Rp47.432,00	Rp873.896,63	Rp419,56	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp189.538,46	Rp1.125.347,93
	0	9,00014215	223	68	17	Rp47.432,00	Rp873.896,63	Rp419,54	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp189.538,46	Rp1.124.691,54

Periode / Bulan (t)	Perubahan Parameter	Nilai T, Hari	Nilai Q pada Ubi Ungu, Kg	Nilai Q pada Kacang Hijau, Kg	Nilai Q pada Ubi Kuning, Kg	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat Backorder, Rp	Total Biaya Akibat Lost sales, Rp	Total Biaya Transortasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
17	-10%	9,00015257	223	68	17	Rp47.432,00	Rp873.896,63	Rp419,52	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp189.538,46	Rp1.124.004,79
	-20%	9,00014215	223	68	17	Rp47.432,00	Rp873.896,63	Rp419,50	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp189.538,46	Rp1.123.285,25
	20%	9,00012506	232	87	135	Rp69.916,00	Rp873.752,96	Rp444,67	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp279.384,62	Rp1.238.187,70
	10%	9,00013306	232	87	135	Rp69.916,00	Rp873.752,96	Rp444,65	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp279.384,62	Rp1.237.559,49
	0	9,00014215	232	87	135	Rp69.916,00	Rp873.752,96	Rp444,63	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp279.384,62	Rp1.236.903,11
	-10%	9,00015257	232	87	135	Rp69.916,00	Rp873.752,96	Rp444,61	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp279.384,62	Rp1.236.216,36
18	-20%	9,00014215	232	87	135	Rp69.916,00	Rp873.752,96	Rp444,58	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp279.384,62	Rp1.235.496,82
	20%	9,00012506	360	68	29	Rp70.378,00	Rp873.276,48	Rp446,04	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp281.230,77	Rp1.240.020,75
	10%	9,00013306	360	68	29	Rp70.378,00	Rp873.276,48	Rp446,02	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp281.230,77	Rp1.239.392,55
	0	9,00014215	360	68	29	Rp70.378,00	Rp873.276,48	Rp446,00	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.238.736,17
	-10%	9,00015257	360	68	29	Rp70.378,00	Rp873.276,48	Rp445,98	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp281.230,77	Rp1.238.049,42
	-20%	9,00014215	360	68	29	Rp70.378,00	Rp873.276,48	Rp445,96	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp281.230,77	Rp1.237.329,87
19	20%	9,00012506	536	46	25	Rp93.478,00	Rp872.552,64	Rp473,66	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp373.538,46	Rp1.354.732,22
	10%	9,00013306	536	46	25	Rp93.478,00	Rp872.552,64	Rp473,64	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp373.538,46	Rp1.354.104,01
	0	9,00014215	536	46	25	Rp93.478,00	Rp872.552,64	Rp473,62	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp373.538,46	Rp1.353.447,63
	-10%	9,00015257	536	46	25	Rp93.478,00	Rp872.552,64	Rp473,60	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp373.538,46	Rp1.352.760,88
	-20%	9,00014215	536	46	25	Rp93.478,00	Rp872.552,64	Rp473,58	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp373.538,46	Rp1.352.041,34
	20%	9,00012506	422	40	97	Rp86.086,00	Rp873.053,75	Rp465,40	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp344.000,00	Rp1.318.294,62
20	10%	9,00013306	422	40	97	Rp86.086,00	Rp873.053,75	Rp465,38	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp344.000,00	Rp1.317.666,41
	0	9,00014215	422	40	97	Rp86.086,00	Rp873.053,75	Rp465,36	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp344.000,00	Rp1.317.010,03
	-10%	9,00015257	422	40	97	Rp86.086,00	Rp873.053,75	Rp465,34	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp344.000,00	Rp1.316.323,28
	-20%	9,00014215	422	40	97	Rp86.086,00	Rp873.053,75	Rp465,32	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp344.000,00	Rp1.315.603,73
	20%	9,00012506	188	54	115	Rp54.978,00	Rp874.056,21	Rp428,91	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp219.692,31	Rp1.163.844,88
	10%	9,00013306	188	54	115	Rp54.978,00	Rp874.056,21	Rp428,89	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp219.692,31	Rp1.163.216,68
21	0	9,00014215	188	54	115	Rp54.978,00	Rp874.056,21	Rp428,87	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp219.692,31	Rp1.162.560,30
	-10%	9,00015257	188	54	115	Rp54.978,00	Rp874.056,21	Rp428,84	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp219.692,31	Rp1.161.873,55
	-20%	9,00014215	188	54	115	Rp54.978,00	Rp874.056,21	Rp428,82	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp219.692,31	Rp1.161.154,00
	20%	9,00012506	276	58	83	Rp64.218,00	Rp873.661,86	Rp439,38	Rp3.358,11	Rp11.331,35	Rp256.615,38	Rp1.209.624,09
	10%	9,00013306	276	58	83	Rp64.218,00	Rp873.661,86	Rp439,36	Rp3.435,34	Rp10.625,94	Rp256.615,38	Rp1.208.995,88
	0	9,00014215	276	58	83	Rp64.218,00	Rp873.661,86	Rp439,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp256.615,38	Rp1.208.339,50
22	-10%	9,00015257	276	58	83	Rp64.218,00	Rp873.661,86	Rp439,32	Rp3.602,13	Rp9.116,06	Rp256.615,38	Rp1.207.652,75
	-20%	9,00014215	276	58	83	Rp64.218,00	Rp873.661,86	Rp439,30	Rp3.692,41	Rp8.306,26	Rp256.615,38	Rp1.206.933,20

Uji Sensitivitas ϕ_i terhadap Kuantitas Pembelian dan Total Biaya Persediaan

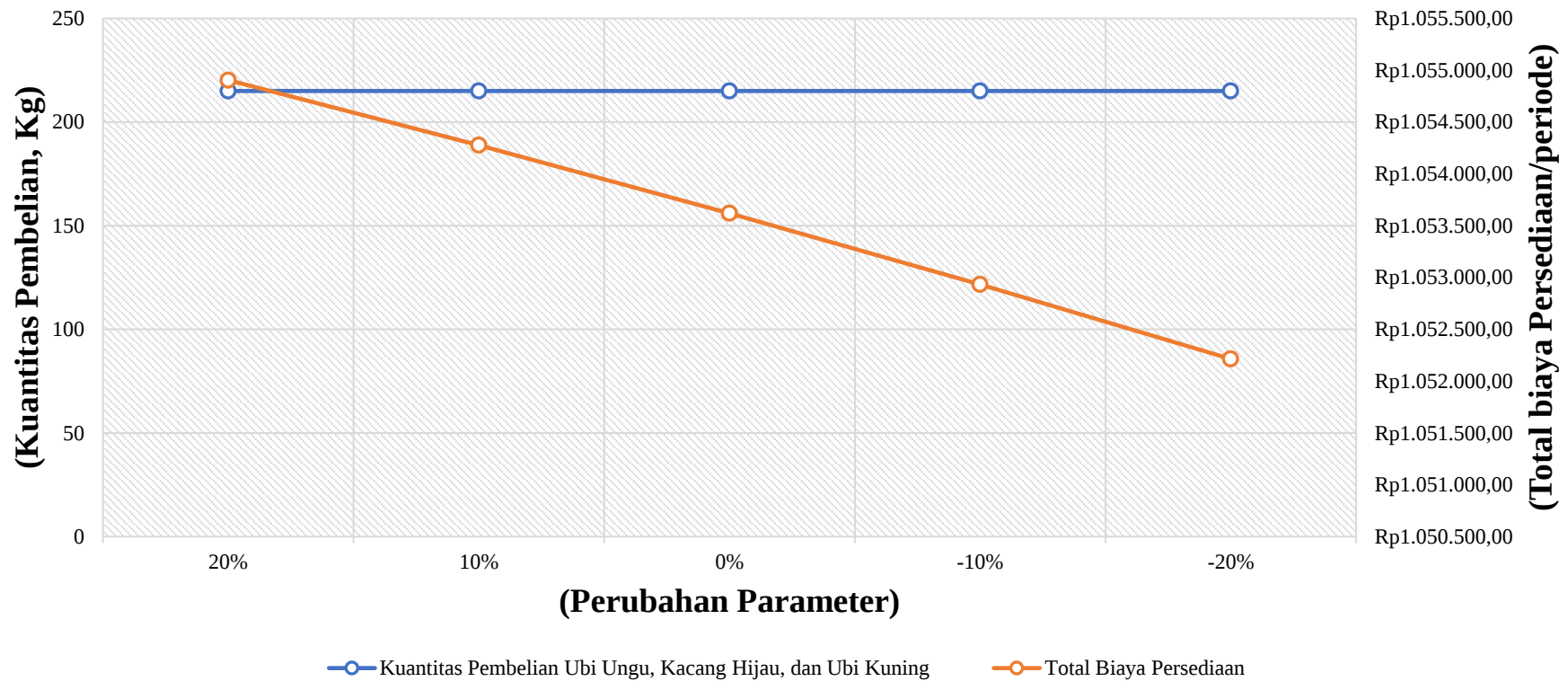


Gambar 4.7 Uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode januari



Gambar 4.8 Uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode februari

Uji Sensitivitas ϕ_i terhadap Kuantitas Pembelian dan Total Biaya Persediaan



Gambar 4.9 Uji sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode maret

4.3.4 Analisis uji sensitivitas tingkat ketersediaan bahan baku (δ_i)

Pengujian sensitivitas tingkat ketersediaan bahan baku menghasilkan panjang siklus yang *robust* dan kuantitas pembelian ubi ungu, kacang hijau serta ubi kuning yang berbeda-beda. Peningkatan tingkat ketersediaan bahan baku menyebabkan kebutuhan bahan baku meningkat pada setiap perubahan parameter. Oleh karena itu, peningkatan tingkat ketersediaan bahan baku menjadi faktor untuk mengoptimalkan penggunaan bahan baku dan menekan biaya produksi.

Pengujian sensitivitas tingkat ketersediaan bahan baku pada bulan 1 menghasilkan total biaya persediaan sebesar Rp1.147.020,36 dengan panjang siklus persediaan 9 hari. Kuantitas pemesanan optimal ubi ungu, kacang hijau, dan ubi kuning masing-masing sebesar 211 kg, 78 kg, dan 48 kg. Peningkatan parameter sebesar 10% meningkatkan biaya persediaan menjadi Rp1.171.529,40 dengan siklus tetap 9 hari dan kuantitas pemesanan masing-masing 232 kg, 85 kg, dan 52 kg. Peningkatan sebesar 20% menghasilkan biaya persediaan Rp1.199.224,18 dengan siklus tetap 9 hari serta kuantitas pemesanan 253 kg, 93 kg, dan 57 kg. Sebaliknya, penurunan parameter sebesar 10% menurunkan biaya persediaan menjadi Rp1.120.975,59 dengan siklus tetap 9 hari dan kuantitas pemesanan masing-masing 190 kg, 70 kg, dan 43 kg. Penurunan sebesar 20% menghasilkan biaya persediaan Rp1.093.280,82 dengan siklus tetap 9 hari serta kuantitas pemesanan masing-masing 169 kg, 62 kg, dan 38 kg. Berikut merupakan uji sensitivitas tingkat ketersediaan bahan baku (δ_i) dari periode Januari 2024 sampai dengan Oktober 2025 yang dapat dilihat pada Tabel 4.22.

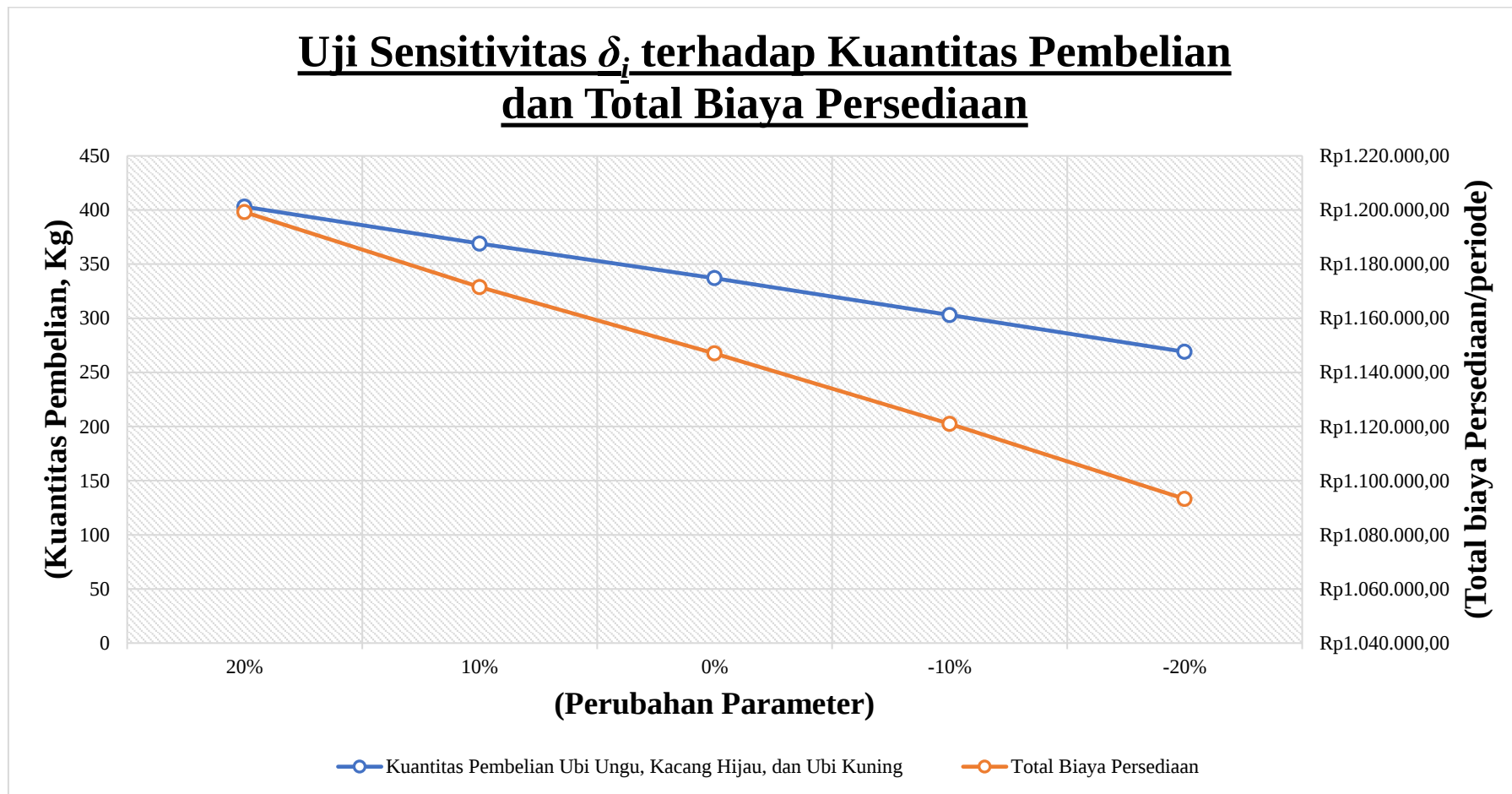
Uji sensitivitas tingkat ketersediaan bahan baku (δ_i) pada periode Januari sampai Maret 2024 dapat dilihat pada Gambar 4.10 sampai Gambar 4.12. Grafik menunjukkan bahwa perubahan nilai parameter (δ_i) memengaruhi kuantitas pembelian bahan baku dan total biaya persediaan. Peningkatan nilai (δ_i), maka kuantitas pembelian dan total biaya persediaan juga cenderung meningkat. Sebaliknya, penurunan nilai (δ_i), maka kuantitas pembelian dan total biaya persediaan mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat ketersediaan bahan baku berpengaruh terhadap keputusan jumlah pembelian dan besarnya biaya persediaan dalam sistem.

Tabel 4.22 Uji sensitivitas tingkat ketersediaan bahan baku (δ_i)

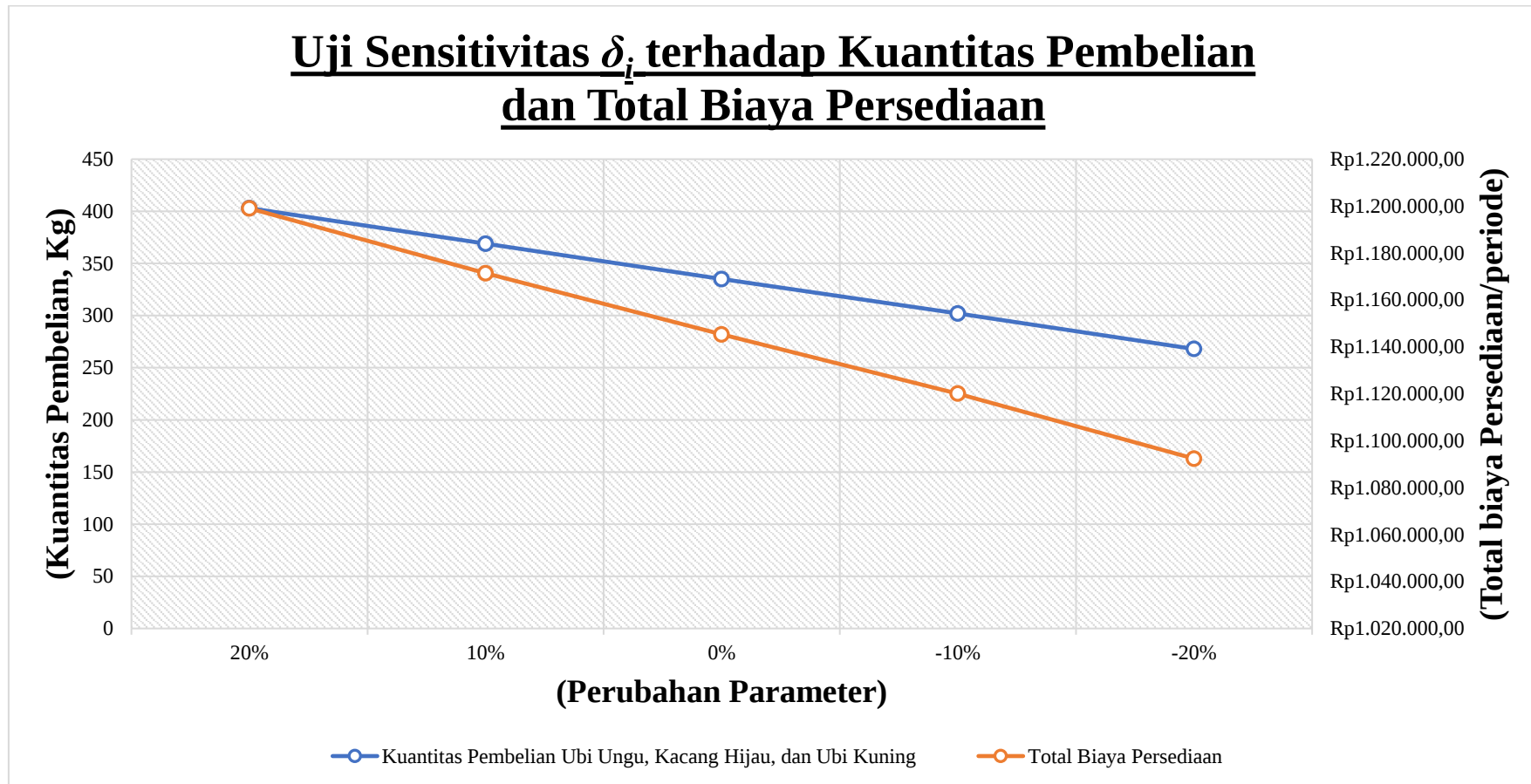
Periode / Bulan (t)	Perubahan Parameter	Nilai T, Hari	Nilai Q pada Ubi Ungu, Kg	Nilai Q pada Kacang Hijau, Kg	Nilai Q pada Ubi Kuning, Kg	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat Backorder, Rp	Total Kekurangan Biaya Akibat Lost sales, Rp	Total Biaya Transortasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
1	20%	9,00014215	253	93	57	Rp62.062,00	Rp875.317,70	Rp439,57	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp248.000,00	Rp1.199.224,18
	10%	9,00014215	232	85	52	Rp56.826,00	Rp873.791,95	Rp429,62	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp227.076,92	Rp1.171.529,40
	0	9,00014215	211	78	48	Rp51.898,00	Rp873.908,58	Rp424,25	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp207.384,62	Rp1.147.020,36
	-10%	9,00014215	190	70	43	Rp46.662,00	Rp874.028,57	Rp418,56	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp186.461,54	Rp1.120.975,59
	-20%	9,00014215	169	62	38	Rp41.426,00	Rp872.502,82	Rp408,62	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp165.538,46	Rp1.093.280,82
2	20%	9,00014215	293	99	11	Rp62.062,00	Rp875.138,61	Rp439,30	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp248.000,00	Rp1.199.044,82
	10%	9,00014215	269	90	10	Rp56.826,00	Rp873.627,70	Rp429,40	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp227.076,92	Rp1.171.364,93
	0	9,00014215	244	82	9	Rp51.590,00	Rp873.764,06	Rp423,71	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.153,85	Rp1.145.336,53
	-10%	9,00014215	220	74	8	Rp46.508,00	Rp873.895,93	Rp418,21	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp185.846,15	Rp1.120.073,21
	-20%	9,00014215	195	66	7	Rp41.272,00	Rp872.386,56	Rp408,26	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp164.923,08	Rp1.092.394,81
3	20%	9,00014215	123	97	39	Rp39.886,00	Rp875.896,96	Rp413,81	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp159.384,62	Rp1.088.986,30
	10%	9,00014215	113	89	35	Rp36.498,00	Rp874.321,40	Rp406,00	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp145.846,15	Rp1.070.476,46
	0	9,00014215	102	81	32	Rp33.110,00	Rp874.395,68	Rp402,45	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp132.307,69	Rp1.053.620,73
	-10%	9,00014215	92	73	29	Rp29.876,00	Rp874.465,46	Rp399,07	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp119.384,62	Rp1.037.530,06
	-20%	9,00014215	82	65	26	Rp26.642,00	Rp872.889,51	Rp391,44	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp106.461,54	Rp1.019.789,39
4	20%	9,00014215	228	102	41	Rp57.134,00	Rp875.409,73	Rp433,48	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp228.307,69	Rp1.174.689,82
	10%	9,00014215	209	93	37	Rp52.206,00	Rp873.877,56	Rp423,94	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp208.615,38	Rp1.148.527,80
	0	9,00014215	190	85	34	Rp47.586,00	Rp873.987,77	Rp418,96	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp190.153,85	Rp1.125.551,50
	-10%	9,00014215	171	76	30	Rp42.658,00	Rp874.101,34	Rp413,68	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp170.461,54	Rp1.101.039,47
	-20%	9,00014215	152	68	27	Rp38.038,00	Rp872.565,81	Rp404,45	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp152.000,00	Rp1.076.413,17
5	20%	9,00014215	381	113	50	Rp83.776,00	Rp874.686,37	Rp463,72	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp334.769,23	Rp1.307.100,23
	10%	9,00014215	349	103	46	Rp76.692,00	Rp873.215,55	Rp451,73	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp306.461,54	Rp1.270.225,73
	0	9,00014215	317	94	41	Rp69.608,00	Rp873.387,91	Rp443,96	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp278.153,85	Rp1.234.998,63
	-10%	9,00014215	286	85	37	Rp62.832,00	Rp873.555,37	Rp436,55	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp251.076,92	Rp1.201.305,76
	-20%	9,00014215	254	75	33	Rp55.748,00	Rp872.084,55	Rp424,56	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp222.769,23	Rp1.164.431,25
6	20%	9,00014215	487	113	44	Rp99.176,00	Rp874.212,64	Rp481,48	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp396.307,69	Rp1.383.582,72
	10%	9,00014215	446	103	41	Rp90.860,00	Rp872.781,85	Rp468,07	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp363.076,92	Rp1.340.591,75
	0	9,00014215	405	94	37	Rp82.544,00	Rp872.994,23	Rp458,88	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp329.846,15	Rp1.299.248,18
	-10%	9,00014215	365	85	33	Rp74.382,00	Rp873.202,12	Rp449,87	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp297.230,77	Rp1.258.669,67
	-20%	9,00014215	324	75	29	Rp65.912,00	Rp871.771,73	Rp436,28	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp263.384,62	Rp1.214.909,54
7	20%	9,00014215	415	104	77	Rp91.784,00	Rp874.549,52	Rp473,35	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp366.769,23	Rp1.346.981,02
	10%	9,00014215	381	96	71	Rp84.392,00	Rp873.082,56	Rp460,92	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp337.230,77	Rp1.308.571,17
	0	9,00014215	346	87	64	Rp76.538,00	Rp873.269,20	Rp452,26	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp305.846,15	Rp1.269.510,52
	-10%	9,00014215	312	78	58	Rp68.992,00	Rp873.450,94	Rp443,96	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp275.692,31	Rp1.231.984,12
	-20%	9,00014215	277	70	52	Rp61.446,00	Rp871.988,47	Rp431,35	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp245.538,46	Rp1.192.809,19
8	20%	9,00014215	321	317	68	Rp108.724,00	Rp874.345,04	Rp483,43	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp868.923,08	Rp1.865.880,46
	10%	9,00014215	294	291	62	Rp99.638,00	Rp872.899,90	Rp469,85	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp398.153,85	Rp1.384.566,51
	0	9,00014215	267	264	57	Rp90.552,00	Rp873.103,07	Rp460,57	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp361.846,15	Rp1.339.366,70
	-10%	9,00014215	241	238	51	Rp81.620,00	Rp873.299,18	Rp451,42	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp326.153,85	Rp1.294.929,36

Periode / Bulan (t)	Perubahan Parameter	Nilai T, Hari	Nilai Q pada Ubi Ungu, Kg	Nilai Q pada Kacang Hijau, Kg	Nilai Q pada Ubi Kuning, Kg	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat Backorder, Rp	Total Kekurangan Biaya Akibat Lost sales, Rp	Total Biaya Transortasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
9	-20%	9,00014215	214	211	45	Rp72.380,00	Rp871.857,00	Rp437,70	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp289.230,77	Rp1.247.310,38
	20%	9,00014215	408	49	35	Rp75.768,00	Rp874.760,45	Rp457,33	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp302.769,23	Rp1.267.159,92
	10%	9,00014215	374	45	32	Rp69.454,00	Rp873.280,46	Rp445,96	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp277.538,46	Rp1.234.123,79
	0	9,00014215	340	41	29	Rp63.140,00	Rp873.446,21	Rp438,86	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.307,69	Rp1.202.737,67
	-10%	9,00014215	306	37	26	Rp56.826,00	Rp873.611,96	Rp431,75	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp227.076,92	Rp1.171.351,55
10	-20%	9,00014215	272	33	23	Rp50.512,00	Rp872.131,97	Rp420,38	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp201.846,15	Rp1.138.315,42
	20%	9,00014215	344	41	61	Rp68.684,00	Rp875.061,23	Rp449,51	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp274.461,54	Rp1.232.061,19
	10%	9,00014215	316	37	56	Rp62.986,00	Rp873.555,09	Rp438,86	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp251.692,31	Rp1.202.077,16
	0	9,00014215	287	34	51	Rp57.288,00	Rp873.696,22	Rp432,42	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp228.923,08	Rp1.173.744,62
	-10%	9,00014215	258	31	46	Rp51.590,00	Rp873.837,35	Rp425,98	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.153,85	Rp1.145.412,08
11	-20%	9,00014215	230	27	41	Rp45.892,00	Rp872.331,20	Rp415,32	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp183.384,62	Rp1.115.428,05
	20%	9,00014215	363	32	53	Rp68.992,00	Rp875.005,71	Rp450,27	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp275.692,31	Rp1.233.545,20
	10%	9,00014215	332	30	49	Rp63.294,00	Rp873.506,73	Rp439,52	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.923,08	Rp1.203.568,23
	0	9,00014215	302	27	44	Rp57.442,00	Rp873.652,35	Rp432,91	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp229.538,46	Rp1.174.470,62
	-10%	9,00014215	272	24	40	Rp51.744,00	Rp873.797,57	Rp426,47	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.769,23	Rp1.146.142,18
12	-20%	9,00014215	242	22	36	Rp46.200,00	Rp872.294,09	Rp415,90	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp184.615,38	Rp1.116.930,29
	20%	9,00014215	525	21	2	Rp84.392,00	Rp874.330,93	Rp468,51	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp337.230,77	Rp1.309.827,12
	10%	9,00014215	481	19	2	Rp77.308,00	Rp872.888,74	Rp456,17	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp308.923,08	Rp1.272.980,90
	0	9,00014215	437	18	2	Rp70.378,00	Rp873.089,34	Rp448,22	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.238.551,24
	-10%	9,00014215	394	16	1	Rp63.294,00	Rp873.288,80	Rp440,14	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.923,08	Rp1.203.350,93
13	-20%	9,00014215	350	14	1	Rp56.210,00	Rp871.846,61	Rp427,80	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp224.615,38	Rp1.166.504,70
	20%	9,00014215	204	55	190	Rp69.146,00	Rp875.597,24	Rp449,42	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp276.307,69	Rp1.234.905,26
	10%	9,00014215	187	50	174	Rp63.294,00	Rp874.049,03	Rp438,63	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.923,08	Rp1.204.109,65
	0	9,00014215	170	46	158	Rp57.596,00	Rp874.143,60	Rp432,24	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp230.153,85	Rp1.175.730,60
	-10%	9,00014215	153	41	142	Rp51.744,00	Rp874.241,13	Rp425,71	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.769,23	Rp1.146.584,98
14	-20%	9,00014215	136	37	126	Rp46.046,00	Rp872.689,96	Rp415,06	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp184.000,00	Rp1.116.555,93
	20%	9,00014215	277	80	37	Rp60.676,00	Rp875.256,34	Rp438,54	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp242.461,54	Rp1.192.237,33
	10%	9,00014215	254	74	34	Rp55.748,00	Rp873.732,85	Rp428,87	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp222.769,23	Rp1.166.083,86
	0	9,00014215	231	67	31	Rp50.666,00	Rp873.858,07	Rp423,32	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp202.461,54	Rp1.140.813,84
	-10%	9,00014215	208	60	28	Rp45.584,00	Rp873.983,29	Rp417,77	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp182.153,85	Rp1.115.543,81
15	-20%	9,00014215	185	54	25	Rp40.656,00	Rp872.459,81	Rp408,09	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp162.461,54	Rp1.089.390,35
	20%	9,00014215	190	73	252	Rp79.310,00	Rp875.582,15	Rp460,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp316.923,08	Rp1.285.680,48
	10%	9,00014215	174	67	231	Rp72.688,00	Rp874.034,40	Rp448,71	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp290.461,54	Rp1.251.037,56
	0	9,00014215	158	61	210	Rp66.066,00	Rp874.132,39	Rp441,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp264.000,00	Rp1.218.044,64
	-10%	9,00014215	142	55	189	Rp59.444,00	Rp874.230,38	Rp433,97	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp237.538,46	Rp1.185.051,72
16	-20%	9,00014215	126	49	168	Rp52.822,00	Rp872.682,63	Rp422,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp211.076,92	Rp1.150.408,80
	20%	9,00014215	268	82	20	Rp56.980,00	Rp875.297,62	Rp434,19	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp227.692,31	Rp1.173.809,03
	10%	9,00014215	246	75	19	Rp52.360,00	Rp873.771,81	Rp424,91	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp209.230,77	Rp1.149.192,40
	0	9,00014215	223	68	17	Rp47.432,00	Rp873.896,63	Rp419,54	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp189.538,46	Rp1.124.691,54
	-10%	9,00014215	201	61	15	Rp42.658,00	Rp874.016,95	Rp414,35	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp170.461,54	Rp1.100.955,75
	-20%	9,00014215	179	55	14	Rp38.192,00	Rp872.488,19	Rp405,20	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp152.615,38	Rp1.077.105,68

Periode / Bulan (t)	Perubahan Parameter	Nilai T, Hari	Nilai Q pada Ubi Ungu, Kg	Nilai Q pada Kacang Hijau, Kg	Nilai Q pada Ubi Kuning, Kg	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat Backorder, Rp	Total Biaya Akibat Lost sales, Rp	Total Biaya Transortasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
17	20%	9,00014215	279	104	162	Rp83.930,00	Rp875.126,52	Rp464,30	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp335.384,62	Rp1.308.310,34
	10%	9,00014215	256	96	149	Rp77.154,00	Rp873.612,94	Rp452,57	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp308.307,69	Rp1.272.932,12
	0	9,00014215	232	87	135	Rp69.916,00	Rp873.752,96	Rp444,63	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp279.384,62	Rp1.236.903,11
	-10%	9,00014215	209	78	122	Rp62.986,00	Rp873.888,08	Rp437,03	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp251.692,31	Rp1.202.408,33
	-20%	9,00014215	186	70	108	Rp56.056,00	Rp872.374,90	Rp425,14	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp224.000,00	Rp1.166.260,95
18	20%	9,00014215	432	82	35	Rp84.546,00	Rp874.555,00	Rp465,98	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp337.846,15	Rp1.310.818,05
	10%	9,00014215	396	75	32	Rp77.462,00	Rp873.092,87	Rp453,86	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp309.538,46	Rp1.273.952,11
	0	9,00014215	360	68	29	Rp70.378,00	Rp873.276,48	Rp446,00	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.238.736,17
	-10%	9,00014215	324	61	26	Rp63.294,00	Rp873.460,09	Rp438,14	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.923,08	Rp1.203.520,23
	-20%	9,00014215	288	55	23	Rp56.364,00	Rp871.995,00	Rp426,16	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp225.230,77	Rp1.167.420,84
19	20%	9,00014215	643	55	29	Rp111.958,00	Rp873.689,54	Rp498,80	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp894.769,23	Rp1.894.320,48
	10%	9,00014215	590	50	27	Rp102.718,00	Rp872.297,45	Rp484,10	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp820.923,08	Rp1.809.827,54
	0	9,00014215	536	46	25	Rp93.478,00	Rp872.552,64	Rp473,62	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp373.538,46	Rp1.353.447,63
	-10%	9,00014215	482	41	22	Rp83.930,00	Rp872.811,18	Rp462,83	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp335.384,62	Rp1.305.993,54
	-20%	9,00014215	429	37	20	Rp74.844,00	Rp871.416,13	Rp448,27	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp299.076,92	Rp1.259.190,24
20	20%	9,00014215	507	48	116	Rp103.334,00	Rp874.286,45	Rp489,16	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp825.846,15	Rp1.817.360,68
	10%	9,00014215	464	44	106	Rp94.556,00	Rp872.849,68	Rp474,95	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp377.846,15	Rp1.359.131,70
	0	9,00014215	422	40	97	Rp86.086,00	Rp873.053,75	Rp465,36	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp344.000,00	Rp1.317.010,03
	-10%	9,00014215	380	36	87	Rp77.462,00	Rp873.258,23	Rp455,59	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp309.538,46	Rp1.274.119,19
	-20%	9,00014215	338	32	77	Rp68.838,00	Rp871.816,96	Rp441,56	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp275.076,92	Rp1.229.578,36
21	20%	9,00014215	226	65	138	Rp66.066,00	Rp875.489,55	Rp445,43	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp264.000,00	Rp1.219.405,89
	10%	9,00014215	207	59	127	Rp60.522,00	Rp873.951,29	Rp435,04	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp241.846,15	Rp1.190.159,39
	0	9,00014215	188	54	115	Rp54.978,00	Rp874.056,21	Rp428,87	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp219.692,31	Rp1.162.560,30
	-10%	9,00014215	169	49	104	Rp49.588,00	Rp874.160,73	Rp422,87	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp198.153,85	Rp1.135.730,36
	-20%	9,00014215	151	43	92	Rp44.044,00	Rp872.618,38	Rp412,48	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp176.000,00	Rp1.106.479,77
22	20%	9,00014215	332	69	99	Rp77.000,00	Rp875.017,14	Rp457,86	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp307.692,31	Rp1.273.572,21
	10%	9,00014215	304	63	91	Rp70.532,00	Rp873.518,11	Rp446,40	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.846,15	Rp1.239.747,57
	0	9,00014215	276	58	83	Rp64.218,00	Rp873.661,86	Rp439,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp256.615,38	Rp1.208.339,50
	-10%	9,00014215	249	52	75	Rp57.904,00	Rp873.804,08	Rp432,33	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp231.384,62	Rp1.176.929,93
	-20%	9,00014215	221	46	66	Rp51.282,00	Rp872.305,44	Rp420,70	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp204.923,08	Rp1.142.336,13

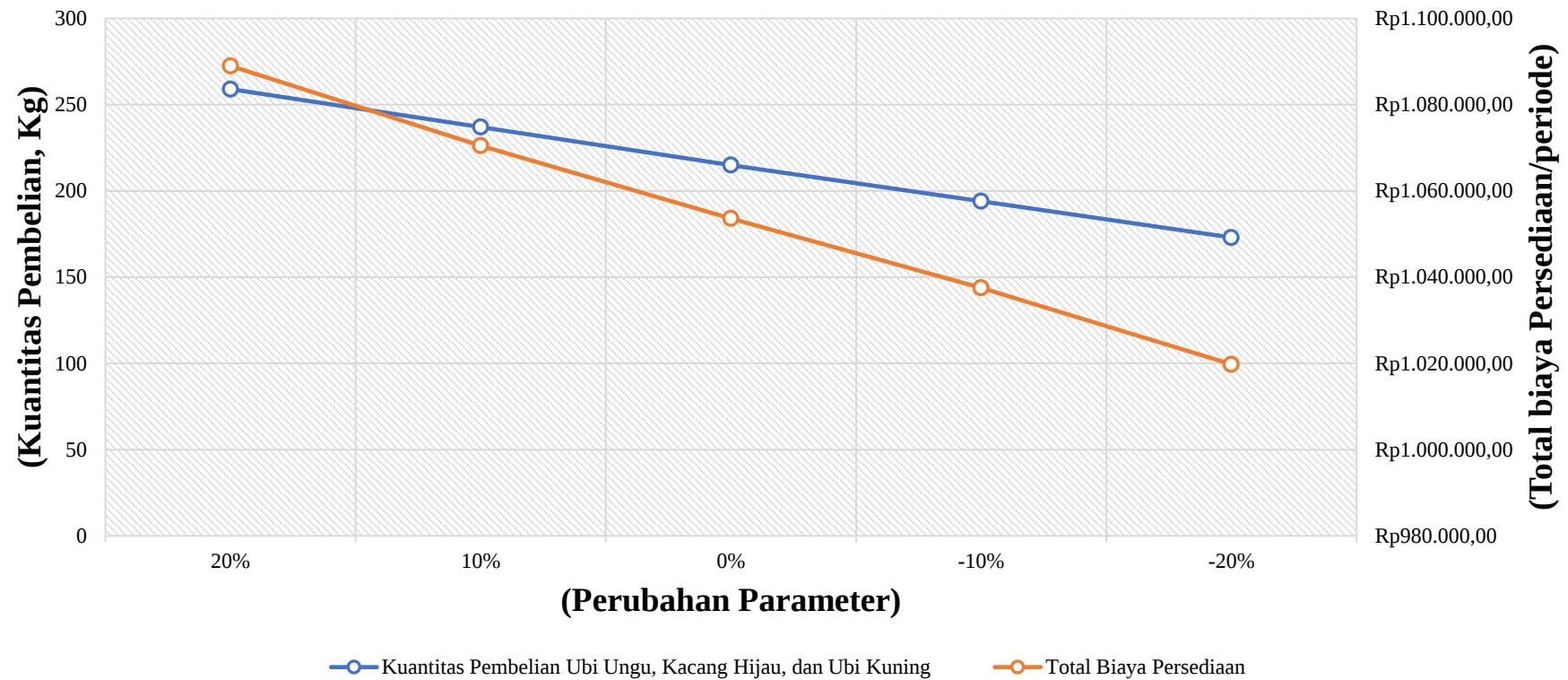


Gambar 4.10 Uji sensitivitas tingkat ketersediaan bahan baku terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode januari



Gambar 4.11 Uji sensitivitas tingkat ketersediaan bahan baku terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode februari

Uji Sensitivitas δ_i terhadap Kuantitas Pembelian dan Total Biaya Persediaan



Gambar 4.12 Uji sensitivitas tingkat ketersediaan bahan baku terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode maret

4.3.5 Analisis uji sensitivitas waktu mulai terjadinya *stock-out* (t_3)

Pengujian sensitivitas waktu mulai terjadinya *stock-out* menghasilkan panjang siklus yang *robust* dan kuantitas pembelian ubi ungu, kacang hijau serta ubi kuning yang berbeda-beda. Peningkatan sensitivitas waktu mulai terjadinya *stock-out* menyebabkan kebutuhan bahan baku meningkat pada setiap perubahan parameter. Oleh karena itu, peningkatan sensitivitas waktu mulai terjadinya *stock-out* menjadi faktor untuk mengoptimalkan penggunaan bahan baku dan menekan biaya produksi.

Pengujian sensitivitas tingkat ketersediaan bahan baku pada bulan 1 menghasilkan total biaya persediaan sebesar Rp1.147.020,36 dengan panjang siklus persediaan 9 hari. Kuantitas pemesanan optimal ubi ungu, kacang hijau, dan ubi kuning masing-masing sebesar 211 kg, 78 kg, dan 48 kg. Peningkatan parameter sebesar 10% meningkatkan biaya persediaan menjadi Rp1.419.052,84 dengan panjang siklus tetap 9 hari dan kuantitas pemesanan masing-masing 232 kg, 85 kg, dan 52 kg. Peningkatan sebesar 20% menghasilkan biaya persediaan Rp1.772.232,33 dengan panjang siklus tetap 9 hari serta kuantitas pemesanan 253 kg, 93 kg, dan 57 kg. Sebaliknya, penurunan parameter sebesar 10% menurunkan biaya persediaan menjadi Rp906.686,33 dengan panjang siklus tetap 9 hari dan kuantitas pemesanan masing-masing 190 kg, 70 kg, dan 43 kg. Penurunan sebesar 20% menghasilkan biaya persediaan Rp706.883,89 dengan panjang siklus tetap 9 hari serta kuantitas pemesanan masing-masing 169 kg, 62 kg, dan 38 kg. Berikut merupakan uji sensitivitas waktu mulai terjadinya *stock-out* (t_3) dari periode Januari 2024 sampai Oktober 2025 yang dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Uji sensitivitas waktu mulai terjadinya *stock-out* (t_3) terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan dapat dilihat pada Gambar 4.13 sampai Gambar 4.15. Grafik menunjukkan bahwa peningkatan nilai parameter (t_3) diikuti oleh peningkatan kuantitas pembelian bahan baku dan total biaya persediaan, sedangkan penurunan nilai (t_3) menyebabkan penurunan pada kedua variabel tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa waktu mulai terjadinya *stock-out* memengaruhi keputusan jumlah pembelian serta besarnya biaya persediaan dalam sistem.

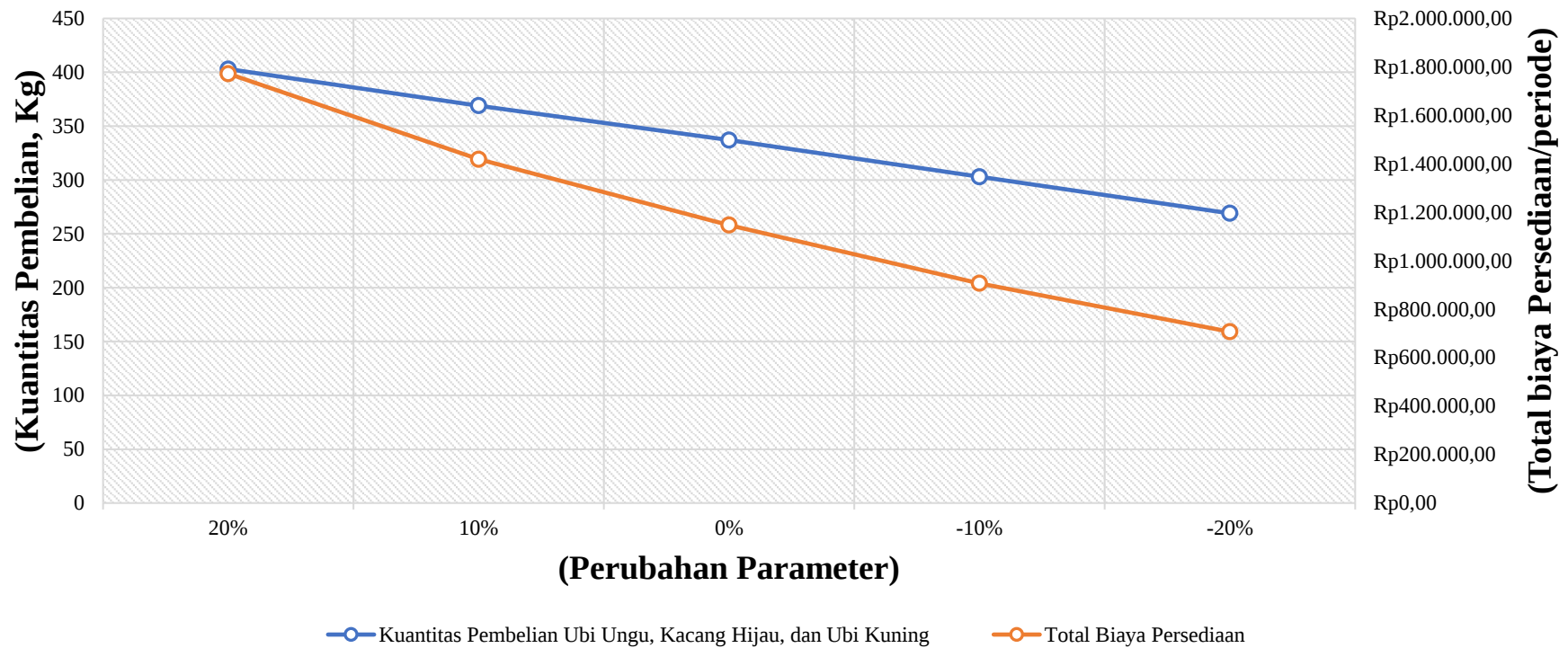
Tabel 4.23 Uji sensitivitas waktu mulai terjadinya *stock-out*

Periode / Bulan (t)	Perubahan Parameter	Nilai T, Hari	Nilai Q pada Ubi Ungu, Kg	Nilai Q pada Kacang Hijau, Kg	Nilai Q pada Ubi Kuning, Kg	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat Backorder, Rp	Total Kekurangan Biaya Akibat Lost sales, Rp	Total Biaya Transortasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
1	20%	10,80014215	253	93	57	Rp62.062,00	Rp1.460.729,23	Rp776,08	Rp174,45	Rp490,56	Rp248.000,00	Rp1.772.232,33
	10%	9,90014215	232	85	52	Rp56.826,00	Rp1.134.401,20	Rp577,16	Rp45,00	Rp126,55	Rp227.076,92	Rp1.419.052,84
	0	10,00000000	211	78	48	Rp51.898,00	Rp873.908,58	Rp424,25	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp207.384,62	Rp1.147.020,36
	-10%	8,10014215	190	70	43	Rp46.662,00	Rp662.138,64	Rp302,00	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp186.461,54	Rp906.686,35
	-20%	7,20014215	169	62	38	Rp41.426,00	Rp490.701,70	Rp209,58	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp165.538,46	Rp706.883,89
2	20%	10,80014215	293	99	11	Rp62.062,00	Rp1.460.550,14	Rp775,82	Rp174,45	Rp490,56	Rp248.000,00	Rp1.772.052,97
	10%	9,90014215	269	90	10	Rp56.826,00	Rp1.134.236,95	Rp576,94	Rp45,00	Rp126,55	Rp227.076,92	Rp1.418.888,37
	0	10,00000000	244	82	9	Rp51.590,00	Rp873.764,06	Rp423,71	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp206.153,85	Rp1.145.336,53
	-10%	8,10014215	220	74	8	Rp46.508,00	Rp662.006,00	Rp301,64	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp185.846,15	Rp905.783,97
	-20%	7,20014215	195	66	7	Rp41.272,00	Rp490.585,43	Rp209,23	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp164.923,08	Rp705.997,88
3	20%	10,80014215	123	97	39	Rp39.886,00	Rp1.461.308,49	Rp750,33	Rp174,45	Rp490,56	Rp159.384,62	Rp1.661.994,45
	10%	9,90014215	113	89	35	Rp36.498,00	Rp1.134.930,65	Rp553,54	Rp45,00	Rp126,55	Rp145.846,15	Rp1.317.999,90
	0	10,00000000	102	81	32	Rp33.110,00	Rp874.395,68	Rp402,45	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp132.307,69	Rp1.053.620,73
	-10%	8,10014215	92	73	29	Rp29.876,00	Rp662.575,52	Rp282,51	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp119.384,62	Rp823.240,82
	-20%	7,20014215	82	65	26	Rp26.642,00	Rp491.088,38	Rp192,40	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp106.461,54	Rp633.392,47
4	20%	10,80014215	228	102	41	Rp57.134,00	Rp1.460.821,27	Rp770,00	Rp174,45	Rp490,56	Rp228.307,69	Rp1.747.697,97
	10%	9,90014215	209	93	37	Rp52.206,00	Rp1.134.486,82	Rp571,48	Rp45,00	Rp126,55	Rp208.615,38	Rp1.396.051,23
	0	10,00000000	190	85	34	Rp47.586,00	Rp873.987,77	Rp418,96	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp190.153,85	Rp1.125.551,50
	-10%	8,10014215	171	76	30	Rp42.658,00	Rp662.211,40	Rp297,11	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp170.461,54	Rp886.750,23
	-20%	7,20014215	152	68	27	Rp38.038,00	Rp490.764,69	Rp205,41	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp152.000,00	Rp690.016,24
5	20%	10,80014215	381	113	50	Rp83.776,00	Rp1.460.097,90	Rp800,24	Rp174,45	Rp490,56	Rp334.769,23	Rp1.880.108,38
	10%	9,90014215	349	103	46	Rp76.692,00	Rp1.133.824,80	Rp599,27	Rp45,00	Rp126,55	Rp306.461,54	Rp1.517.749,17
	0	10,00000000	317	94	41	Rp69.608,00	Rp873.387,91	Rp443,96	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp278.153,85	Rp1.234.998,63
	-10%	8,10014215	286	85	37	Rp62.832,00	Rp661.665,44	Rp319,98	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp251.076,92	Rp987.016,52
	-20%	7,20014215	254	75	33	Rp55.748,00	Rp490.283,43	Rp225,52	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp222.769,23	Rp778.034,33
6	20%	10,80014215	487	113	44	Rp99.176,00	Rp1.459.624,17	Rp818,00	Rp174,45	Rp490,56	Rp396.307,69	Rp1.956.590,88
	10%	9,90014215	446	103	41	Rp90.860,00	Rp1.133.391,10	Rp615,61	Rp45,00	Rp126,55	Rp363.076,92	Rp1.588.115,19
	0	10,00000000	405	94	37	Rp82.544,00	Rp872.994,23	Rp458,88	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp329.846,15	Rp1.299.248,18
	-10%	8,10014215	365	85	33	Rp74.382,00	Rp661.312,19	Rp333,30	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp297.230,77	Rp1.044.380,43
	-20%	7,20014215	324	75	29	Rp65.912,00	Rp489.970,60	Rp237,24	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp263.384,62	Rp828.512,61
7	20%	10,80014215	415	104	77	Rp91.784,00	Rp1.459.961,06	Rp809,87	Rp174,45	Rp490,56	Rp366.769,23	Rp1.919.989,17
	10%	9,90014215	381	96	71	Rp84.392,00	Rp1.133.691,82	Rp608,46	Rp45,00	Rp126,55	Rp337.230,77	Rp1.556.094,60
	0	10,00000000	346	87	64	Rp76.538,00	Rp873.269,20	Rp452,26	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp305.846,15	Rp1.269.510,52
	-10%	8,10014215	312	78	58	Rp68.992,00	Rp661.561,00	Rp327,40	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp275.692,31	Rp1.017.694,88
	-20%	7,20014215	277	70	52	Rp61.446,00	Rp490.187,34	Rp232,32	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp245.538,46	Rp806.412,27
8	20%	10,80014215	321	317	68	Rp108.724,00	Rp1.459.756,58	Rp819,95	Rp174,45	Rp490,56	Rp868.923,08	Rp2.438.888,62
	10%	9,90014215	294	291	62	Rp99.638,00	Rp1.133.509,16	Rp617,39	Rp45,00	Rp126,55	Rp398.153,85	Rp1.632.089,95
	0	10,00000000	267	264	57	Rp90.552,00	Rp873.103,07	Rp460,57	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp361.846,15	Rp1.339.366,70
	-10%	8,10014215	241	238	51	Rp81.620,00	Rp661.409,24	Rp334,85	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp326.153,85	Rp1.080.640,12

Periode / Bulan (t)	Perubahan Parameter	Nilai T, Hari	Nilai Q pada Ubi Ungu, Kg	Nilai Q pada Kacang Hijau, Kg	Nilai Q pada Ubi Kuning, Kg	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat Backorder, Rp	Total Kekurangan Biaya Akibat Lost sales, Rp	Total Biaya Transortasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
9	-20%	7,20014215	214	211	45	Rp72.380,00	Rp490.055,88	Rp238,67	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp289.230,77	Rp860.913,46
	20%	10,80014215	408	49	35	Rp75.768,00	Rp1.460.171,99	Rp793,84	Rp174,45	Rp490,56	Rp302.769,23	Rp1.840.168,07
	10%	9,90014215	374	45	32	Rp69.454,00	Rp1.133.889,72	Rp593,50	Rp45,00	Rp126,55	Rp277.538,46	Rp1.481.647,23
	0	10,00000000	340	41	29	Rp63.140,00	Rp873.446,21	Rp438,86	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp252.307,69	Rp1.202.737,67
	-10%	8,10014215	306	37	26	Rp56.826,00	Rp661.722,02	Rp315,19	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp227.076,92	Rp957.062,31
10	-20%	7,20014215	272	33	23	Rp50.512,00	Rp490.330,85	Rp221,35	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp201.846,15	Rp751.918,49
	20%	10,80014215	344	41	61	Rp68.684,00	Rp1.460.472,77	Rp786,03	Rp174,45	Rp490,56	Rp274.461,54	Rp1.805.069,35
	10%	9,90014215	316	37	56	Rp62.986,00	Rp1.134.164,34	Rp586,40	Rp45,00	Rp126,55	Rp251.692,31	Rp1.449.600,60
	0	10,00000000	287	34	51	Rp57.288,00	Rp873.696,22	Rp432,42	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp228.923,08	Rp1.173.744,62
	-10%	8,10014215	258	31	46	Rp51.590,00	Rp661.947,41	Rp309,41	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp206.153,85	Rp931.122,84
11	-20%	7,20014215	230	27	41	Rp45.892,00	Rp490.530,08	Rp216,29	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp183.384,62	Rp729.031,13
	20%	10,80014215	363	32	53	Rp68.992,00	Rp1.460.417,25	Rp786,79	Rp174,45	Rp490,56	Rp275.692,31	Rp1.806.553,35
	10%	9,90014215	332	30	49	Rp63.294,00	Rp1.134.115,98	Rp587,06	Rp45,00	Rp126,55	Rp252.923,08	Rp1.451.091,67
	0	10,00000000	302	27	44	Rp57.442,00	Rp873.652,35	Rp432,91	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp229.538,46	Rp1.174.470,62
	-10%	8,10014215	272	24	40	Rp51.744,00	Rp661.907,63	Rp309,90	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp206.769,23	Rp931.852,94
12	-20%	7,20014215	242	22	36	Rp46.200,00	Rp490.492,97	Rp216,86	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp184.615,38	Rp730.533,36
	20%	10,80014215	525	21	2	Rp84.392,00	Rp1.459.742,46	Rp805,03	Rp174,45	Rp490,56	Rp337.230,77	Rp1.882.835,28
	10%	9,90014215	481	19	2	Rp77.308,00	Rp1.133.498,00	Rp603,71	Rp45,00	Rp126,55	Rp308.923,08	Rp1.520.504,34
	0	10,00000000	437	18	2	Rp70.378,00	Rp873.089,34	Rp448,22	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.238.551,24
	-10%	8,10014215	394	16	1	Rp63.294,00	Rp661.398,86	Rp323,58	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp252.923,08	Rp989.061,69
13	-20%	7,20014215	350	14	1	Rp56.210,00	Rp490.045,48	Rp228,76	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp224.615,38	Rp780.107,78
	20%	10,80014215	204	55	190	Rp69.146,00	Rp1.461.008,77	Rp785,94	Rp174,45	Rp490,56	Rp276.307,69	Rp1.807.913,42
	10%	9,90014215	187	50	174	Rp63.294,00	Rp1.134.658,28	Rp586,17	Rp45,00	Rp126,55	Rp252.923,08	Rp1.451.633,09
	0	10,00000000	170	46	158	Rp57.596,00	Rp874.143,60	Rp432,24	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp230.153,85	Rp1.175.730,60
	-10%	8,10014215	153	41	142	Rp51.744,00	Rp662.351,19	Rp309,15	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp206.769,23	Rp932.295,74
14	-20%	7,20014215	136	37	126	Rp46.046,00	Rp490.888,84	Rp216,02	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp184.000,00	Rp730.159,00
	20%	10,80014215	277	80	37	Rp60.676,00	Rp1.460.667,87	Rp775,06	Rp174,45	Rp490,56	Rp242.461,54	Rp1.765.245,48
	10%	9,90014215	254	74	34	Rp55.748,00	Rp1.134.342,11	Rp576,41	Rp45,00	Rp126,55	Rp222.769,23	Rp1.413.607,30
	0	10,00000000	231	67	31	Rp50.666,00	Rp873.858,07	Rp423,32	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp202.461,54	Rp1.140.813,84
	-10%	8,10014215	208	60	28	Rp45.584,00	Rp662.093,35	Rp301,20	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp182.153,85	Rp901.254,57
15	-20%	7,20014215	185	54	25	Rp40.656,00	Rp490.658,69	Rp209,05	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp162.461,54	Rp702.993,42
	20%	10,80014215	190	73	252	Rp79.310,00	Rp1.460.993,69	Rp796,86	Rp174,45	Rp490,56	Rp316.923,08	Rp1.858.688,64
	10%	9,90014215	174	67	231	Rp72.688,00	Rp1.134.643,66	Rp596,25	Rp45,00	Rp126,55	Rp290.461,54	Rp1.498.561,00
	0	10,00000000	158	61	210	Rp66.066,00	Rp874.132,39	Rp441,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp264.000,00	Rp1.218.044,64
	-10%	8,10014215	142	55	189	Rp59.444,00	Rp662.340,44	Rp317,41	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp237.538,46	Rp970.762,49
16	-20%	7,20014215	126	49	168	Rp52.822,00	Rp490.881,51	Rp223,30	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp211.076,92	Rp764.011,88
	20%	10,80014215	268	82	20	Rp56.980,00	Rp1.460.709,15	Rp770,71	Rp174,45	Rp490,56	Rp227.692,31	Rp1.746.817,18
	10%	9,90014215	246	75	19	Rp52.360,00	Rp1.134.381,06	Rp572,46	Rp45,00	Rp126,55	Rp209.230,77	Rp1.396.715,84
	0	10,00000000	223	68	17	Rp47.432,00	Rp873.896,63	Rp419,54	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp189.538,46	Rp1.124.691,54
	-10%	8,10014215	201	61	15	Rp42.658,00	Rp662.127,02	Rp297,78	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp170.461,54	Rp886.666,51
	-20%	7,20014215	179	55	14	Rp38.192,00	Rp490.687,06	Rp206,16	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp152.615,38	Rp690.708,76

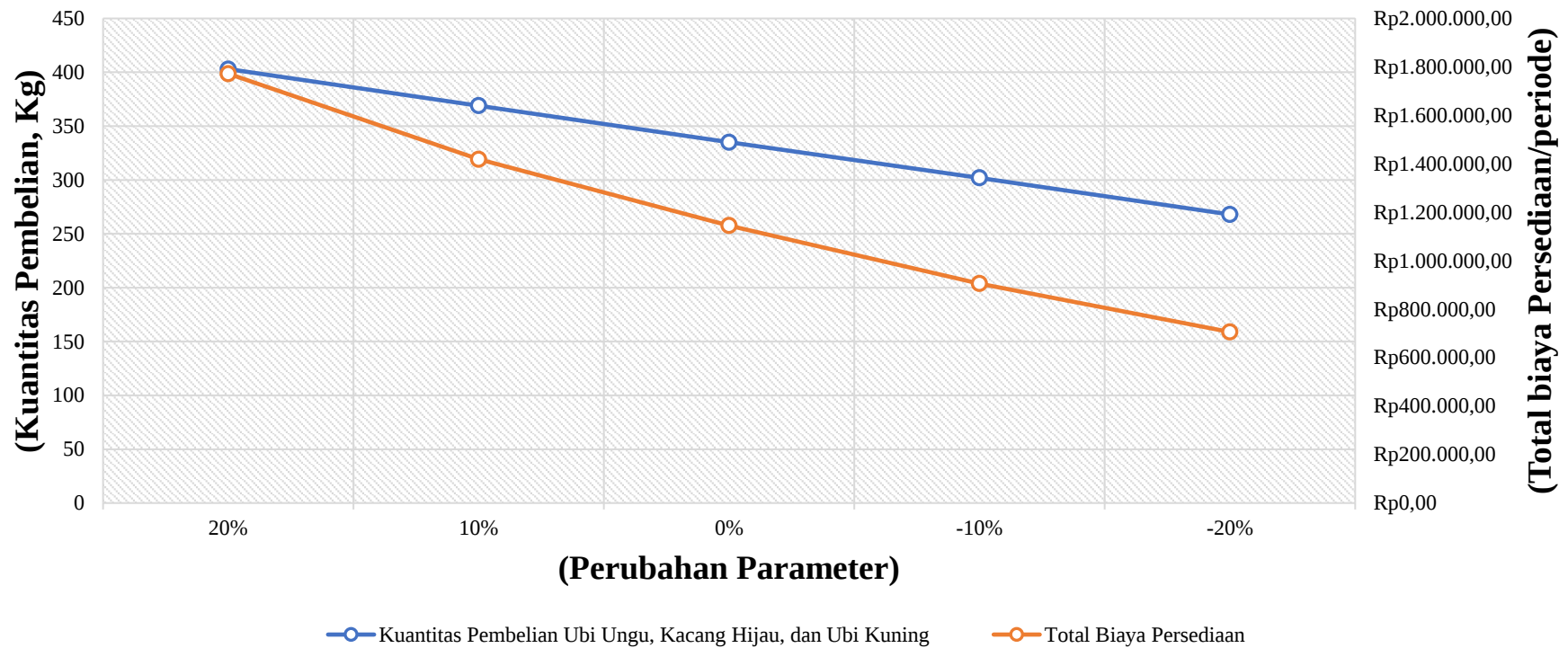
Periode / Bulan (t)	Perubahan Parameter	Nilai T, Hari	Nilai Q pada Ubi Ungu, Kg	Nilai Q pada Kacang Hijau, Kg	Nilai Q pada Ubi Kuning, Kg	Total Biaya Pemeriksaan, Rp	Total Biaya Penyimpanan, Rp	Total Biaya Pembuangan, Rp	Total Biaya Kekurangan Akibat Backorder, Rp	Total Kekurangan Biaya Akibat Lost sales, Rp	Total Biaya Transortasi, Rp	Total Biaya Persediaan, Rp
17	20%	10,80014215	279	104	162	Rp83.930,00	Rp1.460.538,06	Rp800,82	Rp174,45	Rp490,56	Rp335.384,62	Rp1.881.318,50
	10%	9,90014215	256	96	149	Rp77.154,00	Rp1.134.222,20	Rp600,12	Rp45,00	Rp126,55	Rp308.307,69	Rp1.520.455,56
	0	10,00000000	232	87	135	Rp69.916,00	Rp873.752,96	Rp444,63	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp279.384,62	Rp1.236.903,11
	-10%	8,10014215	209	78	122	Rp62.986,00	Rp661.998,14	Rp320,47	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp251.692,31	Rp988.119,09
	-20%	7,20014215	186	70	108	Rp56.056,00	Rp490.573,77	Rp226,10	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp224.000,00	Rp779.864,02
18	20%	10,80014215	432	82	35	Rp84.546,00	Rp1.459.966,54	Rp802,50	Rp174,45	Rp490,56	Rp337.846,15	Rp1.883.826,20
	10%	9,90014215	396	75	32	Rp77.462,00	Rp1.133.702,13	Rp601,40	Rp45,00	Rp126,55	Rp309.538,46	Rp1.521.475,54
	0	10,00000000	360	68	29	Rp70.378,00	Rp873.276,48	Rp446,00	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp281.230,77	Rp1.238.736,17
	-10%	8,10014215	324	61	26	Rp63.294,00	Rp661.570,16	Rp321,58	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp252.923,08	Rp989.230,99
	-20%	7,20014215	288	55	23	Rp56.364,00	Rp490.193,88	Rp227,12	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp225.230,77	Rp781.023,91
19	20%	10,80014215	643	55	29	Rp111.958,00	Rp1.459.101,07	Rp835,31	Rp174,45	Rp490,56	Rp894.769,23	Rp2.467.328,63
	10%	9,90014215	590	50	27	Rp102.718,00	Rp1.132.906,71	Rp631,64	Rp45,00	Rp126,55	Rp820.923,08	Rp2.057.350,98
	0	10,00000000	536	46	25	Rp93.478,00	Rp872.552,64	Rp473,62	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp373.538,46	Rp1.353.447,63
	-10%	8,10014215	482	41	22	Rp83.930,00	Rp660.921,24	Rp346,27	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp335.384,62	Rp1.091.704,30
	-20%	7,20014215	429	37	20	Rp74.844,00	Rp489.615,01	Rp249,23	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp299.076,92	Rp872.793,31
20	20%	10,80014215	507	48	116	Rp103.334,00	Rp1.459.697,99	Rp825,68	Rp174,45	Rp490,56	Rp825.846,15	Rp2.390.368,83
	10%	9,90014215	464	44	106	Rp94.556,00	Rp1.133.458,93	Rp622,49	Rp45,00	Rp126,55	Rp377.846,15	Rp1.606.655,13
	0	10,00000000	422	40	97	Rp86.086,00	Rp873.053,75	Rp465,36	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp344.000,00	Rp1.317.010,03
	-10%	8,10014215	380	36	87	Rp77.462,00	Rp661.368,29	Rp339,03	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp309.538,46	Rp1.059.829,95
	-20%	7,20014215	338	32	77	Rp68.838,00	Rp490.015,83	Rp242,53	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp275.076,92	Rp843.181,43
21	20%	10,80014215	226	65	138	Rp66.066,00	Rp1.460.901,09	Rp781,95	Rp174,45	Rp490,56	Rp264.000,00	Rp1.792.414,04
	10%	9,90014215	207	59	127	Rp60.522,00	Rp1.134.560,55	Rp582,58	Rp45,00	Rp126,55	Rp241.846,15	Rp1.437.682,83
	0	10,00000000	188	54	115	Rp54.978,00	Rp874.056,21	Rp428,87	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp219.692,31	Rp1.162.560,30
	-10%	8,10014215	169	49	104	Rp49.588,00	Rp662.270,79	Rp306,31	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp198.153,85	Rp921.441,12
	-20%	7,20014215	151	43	92	Rp44.044,00	Rp490.817,25	Rp213,45	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp176.000,00	Rp720.082,85
22	20%	10,80014215	332	69	99	Rp77.000,00	Rp1.460.428,67	Rp794,38	Rp174,45	Rp490,56	Rp307.692,31	Rp1.846.580,37
	10%	9,90014215	304	63	91	Rp70.532,00	Rp1.134.127,36	Rp593,94	Rp45,00	Rp126,55	Rp281.846,15	Rp1.487.271,01
	0	10,00000000	276	58	83	Rp64.218,00	Rp873.661,86	Rp439,34	Rp3.516,56	Rp9.888,35	Rp256.615,38	Rp1.208.339,50
	-10%	8,10014215	249	52	75	Rp57.904,00	Rp661.914,14	Rp315,76	Rp2.917,72	Rp8.204,45	Rp231.384,62	Rp962.640,69
	-20%	7,20014215	221	46	66	Rp51.282,00	Rp490.504,32	Rp221,66	Rp2.363,14	Rp6.645,00	Rp204.923,08	Rp755.939,20

Uji Sensitivitas t_3 terhadap Kuantitas Pembelian dan Total Biaya Persediaan



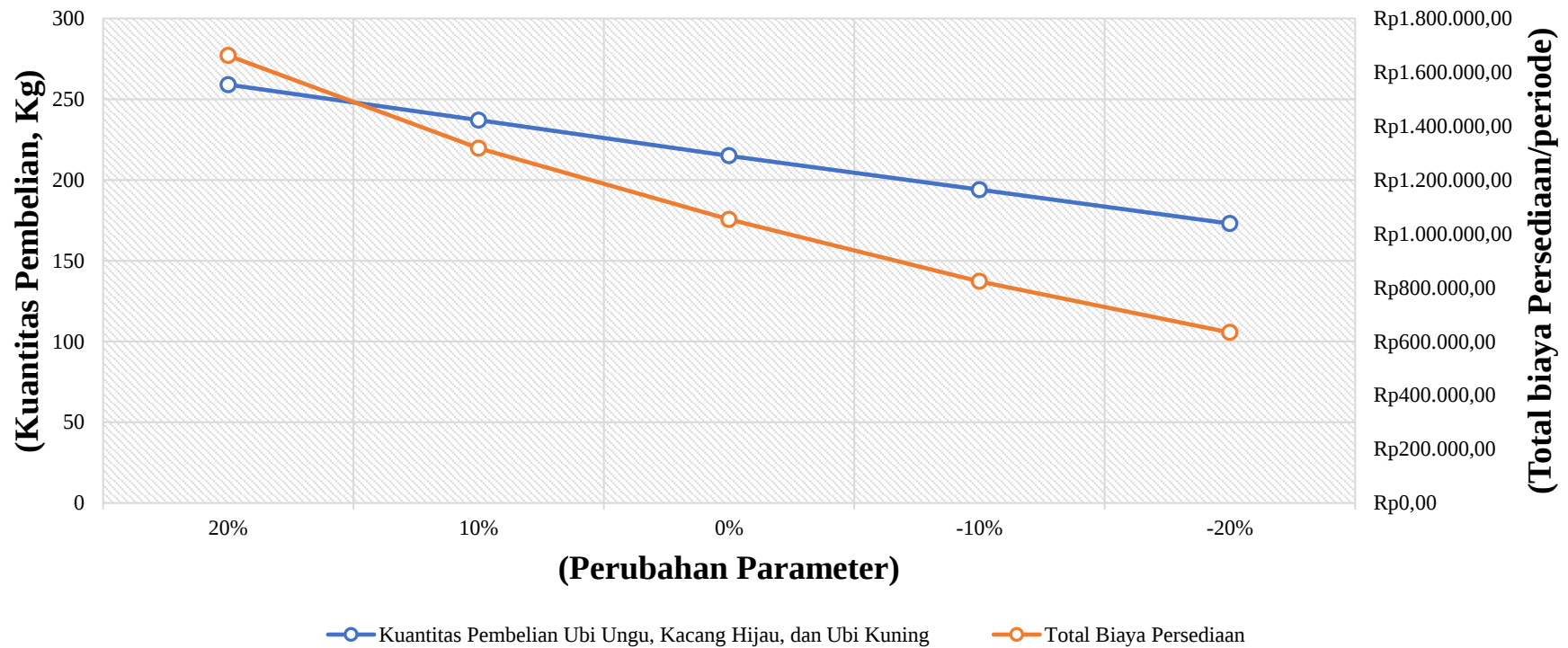
Gambar 4.13 Uji sensitivitas waktu mulai terjadinya *stock-out* terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode januari

Uji Sensitivitas t_3 terhadap Kuantitas Pembelian dan Total Biaya Persediaan



Gambar 4.14 Uji sensitivitas waktu mulai terjadinya *stock-out* terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode februari

Uji Sensitivitas t_3 terhadap Kuantitas Pembelian dan Total Biaya Persediaan



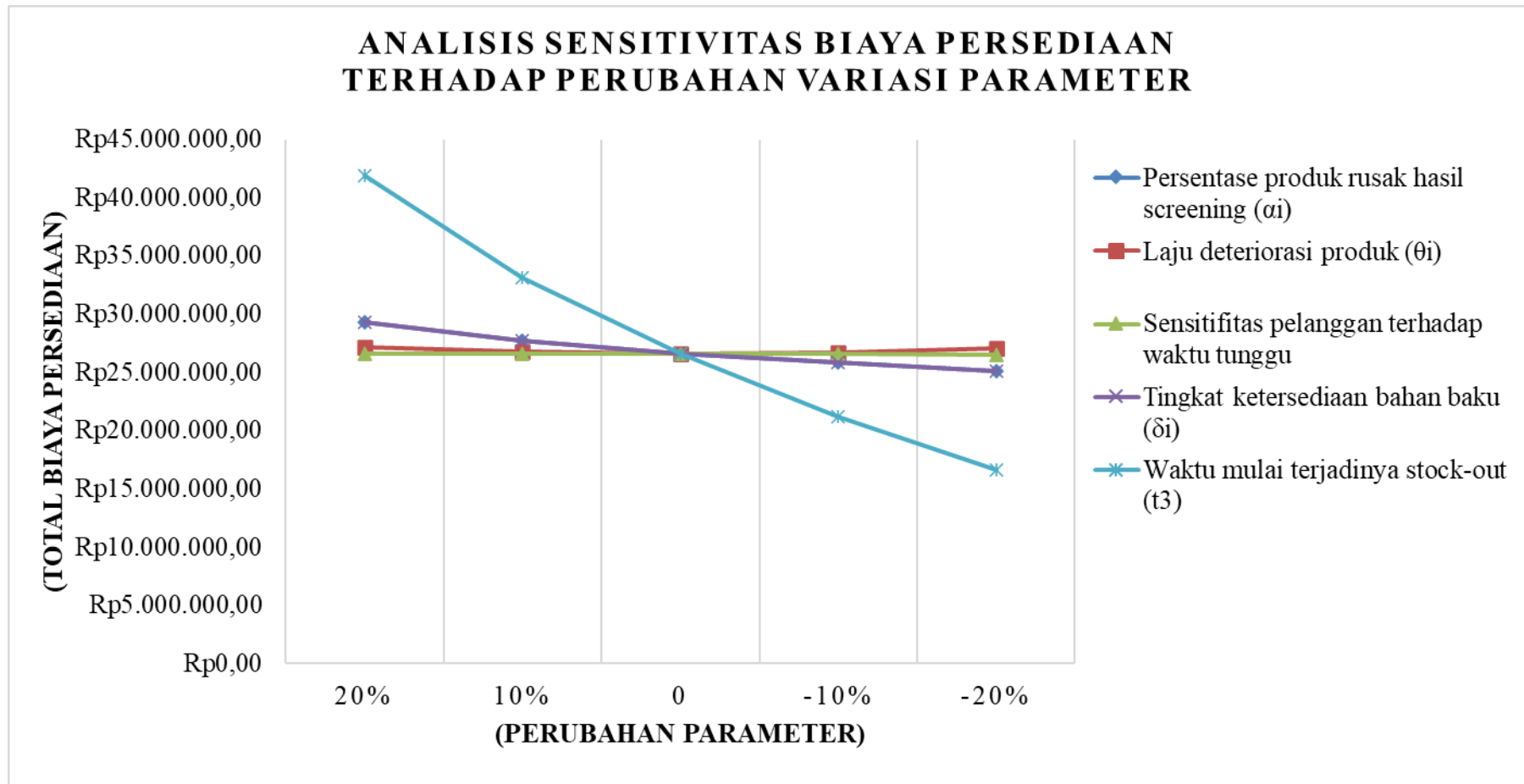
Gambar 4.15 Uji sensitivitas waktu mulai terjadinya *stock-out* terhadap kuantitas pembelian dan total biaya persediaan pada periode maret

4.3.6 Rekapitulasi sensitivitas terhadap biaya persediaan

Berikut rekapitulasi sensitivitas terhadap biaya persediaan selama 22 periode dapat dilihat pada Tabel 4.24 dan Gambar 4.16.

Tabel 4.24 Rekapitulasi sensitivitas terhadap biaya persediaan selama 22 periode

Parameter yang di Ubah	Perubahan Parameter	Total Biaya Persediaan, Rp/22 Bulan	% Perubahan TC
Persentase produk rusak hasil <i>screening</i> (α_i)	20%	Rp29.318.773,07	10,30
	10%	Rp27.694.897,71	4,19
	0	Rp26.580.434,64	0,00
	-10%	Rp25.879.513,04	-2,64
	-20%	Rp25.143.096,80	-5,41
Laju deteriorasi produk (θ_i)	20%	Rp27.142.965,45	2,12
	10%	Rp26.769.419,30	0,71
	0	Rp26.580.434,64	0,00
	-10%	Rp26.677.326,21	0,36
	-20%	Rp27.075.851,57	1,86
Sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu	20%	Rp26.608.695,59	0,11
	10%	Rp26.594.875,10	0,05
	0	Rp26.580.434,64	0,00
	-10%	Rp26.565.326,17	-0,06
	-20%	Rp26.549.496,21	-0,12
Tingkat ketersediaan bahan baku (δ_i)	20%	Rp29.318.502,73	10,30
	10%	Rp27.694.777,75	4,19
	0	Rp26.580.434,64	0,00
	-10%	Rp25.879.601,82	-2,64
	-20%	Rp25.143.244,06	-5,41
Waktu mulai terjadinya <i>stock-out</i> (t_3)	20%	Rp41.924.682,10	57,73
	10%	Rp33.140.293,38	24,68
	0	Rp26.580.434,64	0,00
	-10%	Rp21.165.238,55	-20,37
	-20%	Rp16.642.511,69	-37,39



Gambar 4.16 Rekapitulasi sensitivitas terhadap biaya persediaan selama 22 periode

Berdasarkan Tabel 4.22 dan Gambar 4.16, perubahan parameter waktu mulai terjadinya *stock-out* (t_3) menunjukkan pengaruh paling sensitif terhadap total biaya persediaan selama periode 22 bulan. Peningkatan nilai t_3 sebesar 20% menyebabkan lonjakan total biaya persediaan hingga 57,73%, sedangkan penurunan sebesar 20% mampu menurunkan biaya hingga 37,39%. Perubahan tersebut karena parameter t_3 merepresentasikan titik waktu dimulainya kekurangan persediaan dalam satu siklus. Parameter ini secara langsung memengaruhi durasi terjadinya *shortage* dan besarnya biaya kekurangan (*backorder* dan atau *lost sales*). Ketika nilai t_3 meningkat, periode tanpa persediaan menjadi lebih panjang sehingga akumulasi biaya kekurangan, kehilangan peluang penjualan, dan potensi penurunan tingkat pelayanan meningkat secara signifikan. Sebaliknya, penurunan nilai t_3 memperpendek durasi kekurangan persediaan, sehingga total biaya yang timbul akibat *stock-out* dapat ditekan.

Persentase produk rusak hasil *screening* (α_i) dan tingkat ketersediaan bahan baku (δ_i) juga memberikan pengaruh yang cukup besar, di mana peningkatan parameter sebesar 20% meningkatkan total biaya persediaan hingga 10,30%, sementara penurunan sebesar 20% menurunkannya hingga 5,41%. Hal ini disebabkan karena α_i memengaruhi kuantitas efektif produk layak jual. Semakin tinggi proporsi produk rusak, semakin besar kebutuhan pemesanan ulang untuk memenuhi permintaan aktual yang pada akhirnya meningkatkan biaya pemesanan, penyimpanan, dan potensi biaya kekurangan. Sementara itu, δ_i berkaitan dengan stabilitas pasokan bahan baku. Ketidakstabilan ketersediaan bahan baku dapat menyebabkan gangguan produksi dan meningkatkan risiko ketidaksesuaian antara tingkat persediaan dan permintaan, sehingga berdampak pada peningkatan total biaya persediaan.

Laju deteriorasi produk (θ_i) memiliki pengaruh yang relatif lebih kecil dengan perubahan biaya maksimum sebesar 2,12%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun deteriorasi menyebabkan penyusutan kuantitas persediaan seiring waktu, kontribusinya terhadap total biaya relatif terbatas dalam satu siklus perencanaan yang dianalisis. Struktur biaya dalam model yang diusulkan lebih sensitif terhadap

parameter yang memengaruhi ketersediaan dan kekurangan persediaan dibandingkan terhadap tingkat penurunan kualitas produk itu sendiri.

Sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu memberikan dampak paling rendah, yaitu 0,12%. Hal tersebut menunjukkan bahwa parameter sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu tidak secara signifikan mengubah pola permintaan efektif maupun struktur biaya secara keseluruhan. Parameter perilaku pelanggan memiliki pengaruh yang relatif kecil dibandingkan parameter operasional yang secara langsung memengaruhi kuantitas persediaan dan durasi kekurangan.

4.4 Analisis Hasil

Berdasarkan hasil pengolahan data dan penerapan model persediaan *perishable multi item* yang dikembangkan pada penelitian ini, diperoleh kebijakan pengendalian persediaan yang optimal dengan mempertimbangkan karakteristik bahan baku yang mudah rusak, ketidakpastian ketersediaan bahan baku, dan keterbatasan kapasitas angkut. Model usulan dirancang untuk meminimalkan total biaya persediaan yang terdiri atas biaya pemeriksaan, biaya penyimpanan, biaya pembuangan produk rusak, biaya kekurangan akibat *backorder*, biaya kekurangan akibat *lost sales*, dan biaya transportasi. Seluruh parameter model ditentukan berdasarkan data historis perusahaan, hasil wawancara, dan studi literatur yang relevan, sehingga hasil yang diperoleh mencerminkan kondisi operasional perusahaan secara aktual.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa panjang siklus persediaan yang optimal diperoleh dari model usulan adalah sebesar 9 hari. Nilai tersebut menunjukkan bahwa dalam kondisi optimal, perusahaan sebaiknya melakukan pembelian bahan baku setiap sekitar sembilan hari sekali. Panjang siklus persediaan yang relatif pendek ini mencerminkan karakteristik bahan baku yang bersifat *perishable*, sehingga persediaan tidak disarankan untuk disimpan dalam jangka waktu yang lama guna menghindari peningkatan kerusakan dan biaya pembuangan. Berdasarkan panjang siklus persediaan optimal tersebut, diperoleh kuantitas pembelian optimal bahan baku aktual pada setiap periode untuk masing-masing

item, yaitu ubi ungu, kacang hijau, dan ubi kuning. Kuantitas pembelian optimal bersifat dinamis dan bervariasi pada setiap periode, mengikuti pola permintaan probabilistik yang dimodelkan dalam bentuk fungsi kuadratik. Sebagai contoh, pada periode ke-22, kuantitas pembelian optimal yang dihasilkan oleh model usulan adalah sebesar 276 Kg untuk ubi ungu, 58 Kg untuk kacang hijau, dan 83 Kg untuk ubi kuning. Perbedaan kuantitas pembelian antar item dan antar periode menunjukkan bahwa model mampu menyesuaikan keputusan pengadaan dengan fluktuasi permintaan serta karakteristik masing-masing bahan baku.

Kuantitas pembelian optimal yang dihasilkan oleh model usulan mempertimbangkan tingkat ketersediaan bahan baku dari petani, yaitu sebesar 95% untuk ubi ungu, 98% untuk kacang hijau, dan 96% untuk ubi kuning. Model yang dikembangkan pada penelitian ini tidak hanya berfokus pada pemenuhan permintaan, namun juga mengantisipasi kemungkinan ketidakterpenuhan pasokan yang dapat menyebabkan kekurangan persediaan. Hal ini menunjukkan bahwa model usulan memiliki kemampuan untuk mengakomodasi kondisi ketidakpastian yang sering terjadi pada sistem persediaan bahan baku pertanian.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan model persediaan *perishable multi item* yang diusulkan, total biaya persediaan selama 22 bulan yaitu sebesar Rp26.580.434,64 yang merupakan akumulasi dari beberapa komponen biaya persediaan. Biaya pemeriksaan pada model usulan tercatat sebesar Rp1.412.488,00 yang dipengaruhi oleh volume pembelian bahan baku dan tingkat pemeriksaan kualitas yang diterapkan. Biaya penyimpanan menjadi komponen biaya terbesar dengan nilai Rp19.219.079,19 yang merupakan upaya perusahaan dalam menjaga tingkat persediaan guna mengantisipasi fluktuasi permintaan dan ketidakpastian pasokan. Selain itu, biaya pembuangan produk rusak pada model usulan sebesar Rp9.651,71 yang menunjukkan bahwa tingkat kerusakan bahan baku relatif dapat dikendalikan. Biaya kekurangan persediaan akibat *backorder* dan *lost sales* masing-masing sebesar Rp77.364,36 dan Rp217.543,69 yang mengindikasikan bahwa sebagian besar permintaan pelanggan dapat dipenuhi dengan baik. Adapun biaya transportasi yang timbul pada model usulan selama periode pengamatan adalah

sebesar Rp5.644.307,69 yang dipengaruhi oleh frekuensi pemesanan dan pemanfaatan kapasitas angkut kendaraan yang lebih efisien.

Berbeda dengan model usulan, berdasarkan kebijakan persediaan yang selama ini diterapkan oleh perusahaan, total biaya persediaan selama periode 22 bulan adalah sebesar Rp28.374.029,57 yang merupakan akumulasi dari berbagai komponen biaya persediaan. Biaya pemeriksaan pada kebijakan perusahaan tercatat sebesar Rp1.974.280,00 yang dipengaruhi oleh pola pemesanan bahan baku yang belum mempertimbangkan kuantitas pembelian optimal. Biaya penyimpanan pada kebijakan perusahaan sebesar Rp17.153.160,00 yang mencerminkan penyimpanan persediaan tanpa perhitungan tingkat optimal. Biaya pembuangan produk rusak sebesar Rp2.166,72 yang menunjukkan bahwa proses identifikasi produk rusak belum dilakukan secara sistematis. Selanjutnya, biaya kekurangan persediaan akibat *backorder* dan *lost sales* masing-masing tercatat sebesar Rp204.592,08 dan Rp1.150.600,00 yang mengindikasikan masih tingginya risiko keterlambatan pemenuhan permintaan dan kehilangan penjualan. Adapun biaya transportasi pada kebijakan perusahaan mencapai Rp7.889.230,77 yang dipengaruhi oleh frekuensi pengiriman dan pemanfaatan kapasitas angkut yang belum optimal.

Perbandingan total biaya persediaan antara model usulan dan kebijakan perusahaan menunjukkan bahwa model usulan mampu memberikan penghematan biaya yang signifikan. Selisih total biaya persediaan antara kebijakan perusahaan dan model usulan adalah sebesar Rp1.1793.594,93 atau setara dengan penurunan biaya sebesar 6,3213%. Penurunan biaya ini terutama berasal dari berkurangnya biaya kekurangan akibat *lost sales* dan *backorder*, serta efisiensi biaya transportasi yang dihasilkan dari penyesuaian kuantitas pembelian dan frekuensi pengiriman. Hasil perbandingan ini menunjukkan bahwa penerapan model persediaan yang mempertimbangkan faktor *perishable*, permintaan probabilistik, ketidakpastian ketersediaan bahan baku, dan keterbatasan kapasitas angkut dapat meningkatkan efisiensi sistem persediaan.

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengevaluasi tingkat robustitas model usulan terhadap perubahan parameter dalam sistem persediaan. Pengujian dilakukan menggunakan metode *one-at-a-time sensitivity analysis* dengan

memvariasikan satu parameter pada rentang -20% , -10% , 0% , $+10\%$, dan $+20\%$, sementara parameter lainnya diasumsikan konstan. Parameter yang dianalisis meliputi persentase produk rusak hasil *screening* (α_i), tingkat ketersediaan bahan baku (δ_i), laju deteriorasi produk (θ_i), sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu, dan waktu mulai terjadinya *stock-out* (t_3). Hasil uji sensitivitas menunjukkan bahwa parameter persentase produk rusak hasil *screening*, tingkat ketersediaan bahan baku, dan waktu mulai terjadinya *stockout* mengalami perubahan kuantitas pembelian ketika nilai parameternya diubah, sehingga ketiga parameter tersebut dapat dikategorikan sensitif terhadap perubahan parameter. Sebaliknya, parameter laju deteriorasi produk dan sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu tidak menunjukkan perubahan pada kuantitas pembelian ketika dilakukan variasi nilai parameter. Hal ini ditunjukkan oleh nilai kuantitas pembelian yang relatif konstan meskipun parameter tersebut diubah.

Berdasarkan uji sensitivitas didapatkan waktu mulai terjadinya *stock-out* (t_3) merupakan parameter yang paling sensitif terhadap total biaya persediaan, di mana peningkatan sebesar 20% menyebabkan meningkatnya biaya hingga $57,73\%$, sedangkan penurunan sebesar 20% mampu menurunkan biaya hingga $37,39\%$. Persentase produk rusak hasil *screening* (α_i) dan tingkat ketersediaan bahan baku (δ_i) memberikan pengaruh signifikan dengan kenaikan parameter sebesar 20% meningkatkan total biaya persediaan hingga $10,30\%$ dan penurunan sebesar 20% menurunkannya hingga $5,41\%$. Laju deteriorasi produk (θ_i) menunjukkan pengaruh yang relatif kecil dengan perubahan biaya maksimum sebesar $2,12\%$. Sementara itu, sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu merupakan parameter yang paling tidak sensitif dengan perubahan total biaya persediaan yang sangat terbatas, yaitu tidak melebihi $0,12\%$. Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa model usulan memiliki tingkat robustitas yang baik terhadap variasi parameter.

BAB V

KESIMPULAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan model persediaan *multi-item perishable* yang mempertimbangkan permintaan probabilistik, ketidakpastian ketersediaan bahan baku, dan keterbatasan kapasitas angkut untuk meminimalkan total biaya persediaan. Biaya yang dihasilkan dari model yang diusulkan sebesar Rp26.580.434,64 dengan penghematan biaya persediaan sebesar Rp1.793.594,93 atau setara dengan 6,3213% dibandingkan dengan kebijakan persediaan yang diterapkan perusahaan saat ini. Berdasarkan hasil validasi model, diperoleh panjang siklus persediaan optimal selama 9 hari yang kemudian menghasilkan akumulasi kuantitas pembelian optimal bahan baku ubi ungu dan kacang hijau pada periode 1 hingga 22 secara berturut-turut sebesar 337 Kg, 335 Kg, 215 Kg, 309 Kg, 452 Kg, 536 Kg, 497 Kg, 588 Kg, 410 Kg, 372 Kg, 373 Kg, 457 Kg, 374 Kg, 329 Kg, 429 Kg, 308 Kg, 454 Kg, 457 Kg, 607 Kg, 559 Kg, 357 Kg, dan 417 Kg.

Hasil pengujian dan validasi menunjukkan bahwa model yang diusulkan mampu menghasilkan solusi yang lebih optimal dibandingkan kebijakan persediaan sebelumnya. Selain itu, model yang dikembangkan menunjukkan tingkat fleksibilitas dan robustitas yang baik, sebagaimana ditunjukkan melalui hasil analisis sensitivitas terhadap perubahan persentase produk rusak hasil *screening*, laju deteriorasi produk, sensitivitas pelanggan terhadap waktu tunggu, serta tingkat ketersediaan bahan baku.

5.2 Saran

Saran yang diberikan dari penelitian ini untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Menambahkan faktor emisi karbon kendaraan distribusi ke dalam model persediaan sebagai komponen biaya lingkungan, sehingga keputusan pembelian tidak hanya berorientasi pada minimisasi biaya ekonomi, tetapi juga mempertimbangkan aspek keberlanjutan dan tanggung jawab lingkungan.

2. Mempertimbangkan ketidakpastian kondisi jalan raya, seperti kemacetan, kecelakaan, dan gangguan lalu lintas lainnya yang dapat memengaruhi waktu tempuh distribusi dan menyebabkan peningkatan biaya transportasi serta risiko keterlambatan pengiriman bahan baku.
3. Mengembangkan model dengan pendekatan *multi-supplier*, di mana perusahaan dapat memiliki lebih dari satu pemasok dengan karakteristik yang berbeda, seperti harga, kapasitas pasok, tingkat keandalan, dan jarak pengiriman, sehingga keputusan pembelian dapat menjadi lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Asrida, W., & Rahabeat, N. (2022). Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Kayu Linggua pada Home Industri Mebel di Desa Nania Kota Ambon (Studi Kasus Pada Mebel Rahmi). *Jurnal Maneksi*, 11(2), 1–9.
- Caesarramzy, D., Andrawina, L., & Astuti, M. D. (2017). Usulan Kebijakan Persediaan Produk Kategori Suplemen dan Kebutuhan Harian di BM PT XYZ untuk Mengurangi Total Biaya Persediaan Menggunakan Metode Periodic Review (R, s, S). *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 4(2), 107–118. <https://doi.org/10.24853/jisi.4.2.107-118>
- Cahyani, I. A. C., Pulawan, I. M., & Santini, N. M. (2019). Analisis Persediaan Bahan Baku untuk Efektivitas dan Efisiensi Biaya Persediaan Bahan Baku Terhadap Kelancaran Proses Produksi pada Usaha Industri Tempe Murnisingaraja di Kabupaten Badung. *Bisnis dan Akuntansi*, 18(2), 116–125. https://ejournal.warmadewa.ac.id/index.php/wacana_ekonomihttp://dx.doi.org/10.22225/we.18.2.1165.116-125
- Chrisna, H., & Hernawaty, H. (2018). Analisis Manajemen Persediaan Dalam Memaksimalkan Pengendalian Internal Persediaan Pada Pabrik Sepatu Ferradini Medan. *Akuntansi Bisnis & Publik*, 8(2), 82–92.
- Djazuli, R. A., Jumadi, R., & Febrianto, B. (2021). *Pengembangan Produk Pangan* (M. R. Firmansyah (ed.)). UMG Press.
- Dobson, G., Pinker, E. J., & Yildiz, O. (2017). An EOQ Model for Perishable Goods With Age-Dependent Demand Rate. *European Journal of Operational Research*, 257(1), 84–88. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.06.073>
- Dzikrillah, N., Purba, H. H., Suwazan, D., & Wahjoedi, N. (2016). Pengendalian Persediaan Melalui Penentuan Produk Strategi. *Jurnal Teknik Industri*, 11(29), 161–166.
- Faisal, M., Ahmad, U., & Wulandani, D. (2019). Determination of Mung Bean Seed Viability Change in Vacuum Packaging during Storage in Different Temperatures. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 557(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/557/1/012074>

- Faizi, M. N. (2025). Operasional Turnover Bahan Baku Produsen Tempe Ibu Nurul di Desa Sepande Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo. *Publikasi Riset Mahasiswa Manajemen*, 7(1), 295–307.
- Ginola, A., Angel Olivia Benedikta, & Edwin Sutiana. (2025). Model EOQ Perishable Item dengan Penurunan Minat Pembeli Menggunakan Kedatangan Uniform. *Journal of Research in Industrial Engineering and Management*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.61221/jriem.v3i1.27>
- Jayadi, M. (2021). Pengendalian Persediaan Deterministik Dinamis Pada Bahan Baku Bata Ringan Aac (Autoclaved Aerated Concrete) Menggunakan Wagner-Within Algorithm Dan Silver-Meal Algorithm. In *Universitas Hasanuddin* (Vol. 1, Issue 69). Universitas Hasanuddin.
- Lahu, E. P., & Sumarauw, J. S. . (2017). Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Guna Meminimalkan Biaya Persediaan pada Dunkin Donuts Manado. *Jurnal EMBA*, 5(3), 4175–4184. <http://kbbi.web.id/optimal>.
- Pasaribu, R. N. (2024). *Pengembangan Sistem Pengendalian Persediaan untuk Mengurangi Biaya Operasional*. 1–9.
- Patriarca, R., Di Gravio, G., Costantino, F., & Tronci, M. (2020). EOQ Inventory Model for Perishable Products Under Uncertainty. *Production Engineering*, 14(5–6), 601–612. <https://doi.org/10.1007/s11740-020-00986-5>
- Priatna, D. K. (2025). *Buku Ajar Manajemen Operasi* (I. Marina (ed.)). Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia.
- Rahayu, K. E., & Sarifin, M. (2020). Pengendalian dan Perencanaan Persediaan Bahan Baku Castable 16 dengan Metode Periodic dan Continius Review di PT. XYZ Surabaya. *Jurnal Manajemen Industri Dan Teknologi*, 1(3), 141–152. <http://juminten.upnjatim.ac.id/index.php/juminten>
- Silitonga, R. Y. H., & Julieta, C. E. (2022). *Pengembangan Model Persediaan Economic Order Quantity Multi Item dengan Mempertimbangkan Faktor Kadaluarsa, All Unit Discount, dan Kendala Kapasitas*. 17(3).
- Simatupang, T. M. (1995). *Pemodelan Sistem*. Nindita Klaten.
- Sugihartono, S., & Sari, R. M. (2025). Analisis Manajemen Persediaan Bahan Baku Produk Cat Tepung (Powder Coating) di PT XYZ Melalui Pendekatan Lean

- Warehouse. *JHIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(3), 2589–2594.
<https://doi.org/10.54371/jiip.v8i3.7211>
- Taha, H. A. (2007). Operation Research An Introduction Eight Edition. In *Pearson Education, Inc* (8 th ed, Vol. 2, Issue 2). Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. <https://doi.org/10.1080/15326348608807035>
- Tersine, R. J. (1987). *Principle of Inventory and Materials Management* (Third Edit). Elsevier Science Publishing Co., Inc.
- Wijaya, A. H. (2016). *Model Persediaan Deteriorated Item dengan Mempertimbangkan Faktor Biaya Simpan Variabel, Penundaan Pembayaran dan Composed Shortage*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Yan, X., & Wang, Y. (2013). An EOQ Model for Perishable Items with Supply Uncertainty. *Mathematical Problems in Engineering*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/739425>
- Zahra, A., Aulia, S. I., Destiyani, S., Susilo, S., & Togatorop, Y. F. (2025). Inventory Management as the Key to Improving the Company’s Operational Performance. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Dan Manajemen*, 3(3), 418–428.
- Zuari, E., & Rahayoe, S. (2013). *Rekayasa Penyimpanan Ubi Jalar (Ipomoea batatas L.) di dalam Tanah dengan Variasi Alas Tumpukan sebagai Upaya untuk Mempertahankan Kualitas*. Universitas Gajah Mada.

LAMPIRAN A

Dokumentasi Pengamatan



(Gudang bahan baku)



(Bahan baku yang rusak dan bagus)



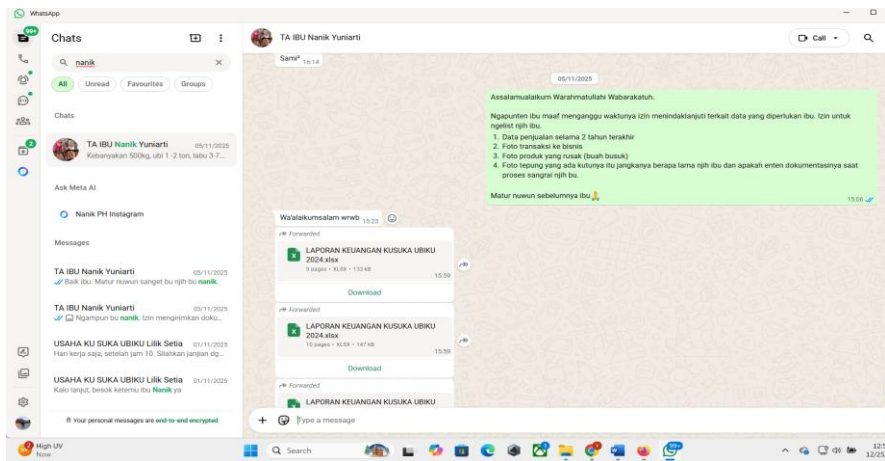
(Gudang tepung pada UMKM Kusuka Ubiku)



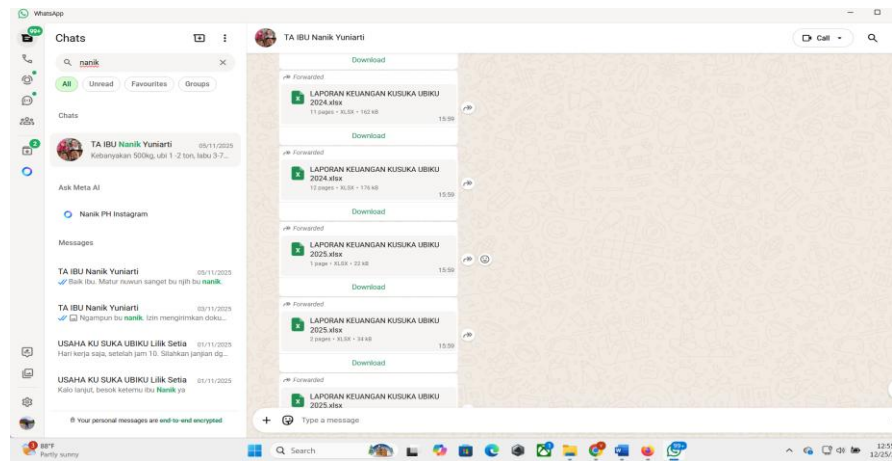
(Dokumentasi bersama istri pemilik (Ibu Nanik))

LAMPIRAN B

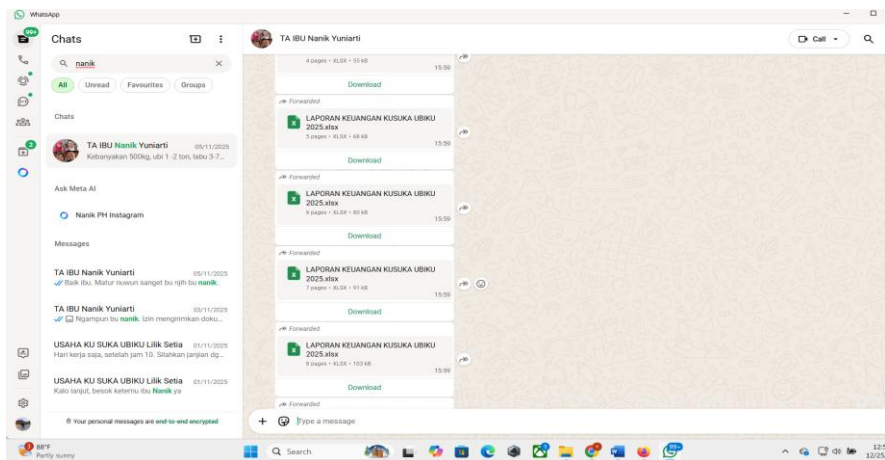
Bukti Pengambilan Data UMKM Kusuka Ubiku



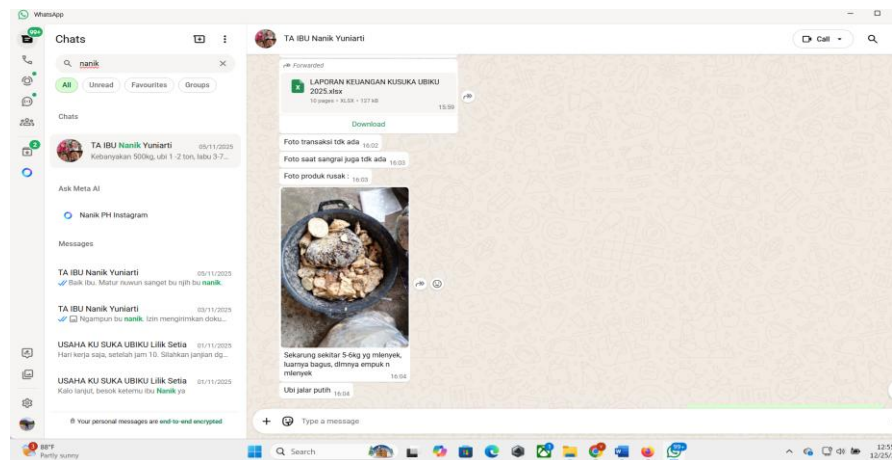
(Pengambilan data penjualan (permintaan tepung))



(Pengambilan data penjualan (permintaan tepung))



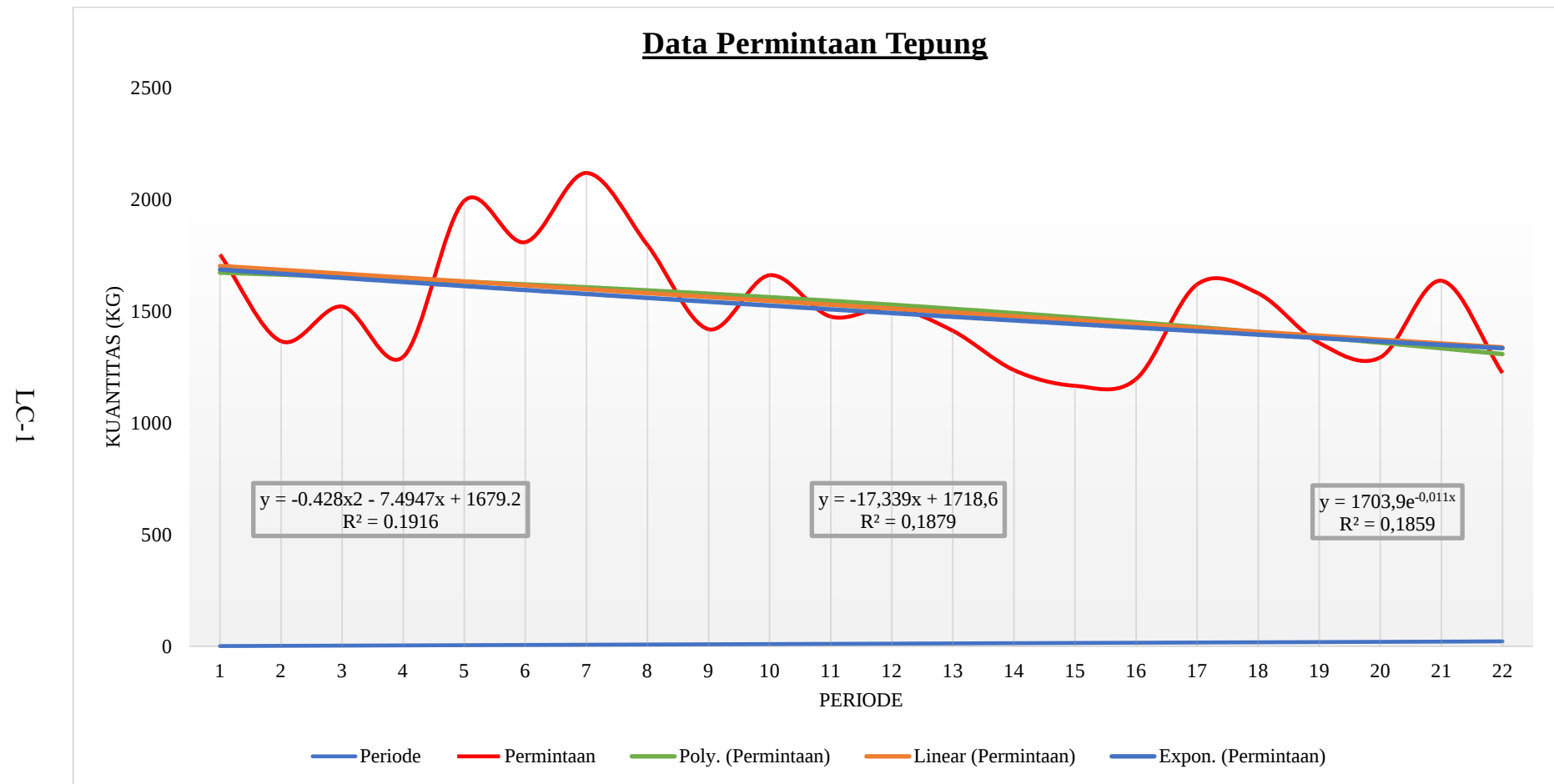
(Pengambilan data penjualan (permintaan tepung))



(Pengambilan data penjualan (permintaan tepung))

LAMPIRAN C

Laju Permintaan Tepung pada UMKM Kusuka Ubiku



Laju permintaan memiliki fungsi kuadratik karena fungsi kuadratik memiliki nilai R^2 yang lebih besar daripada fungsi-fungsi yang lain.

LAMPIRAN D

Data Permintaan Tepung Ubi Ungu, Kacang Hijau, dan Ubi Kuning

Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
1-Jan-24			
2-Jan-24	2	10	0
3-Jan-24	1	11	0
4-Jan-24	0	2	0
5-Jan-24	1	1	0
6-Jan-24	10	10	0
7-Jan-24			
8-Jan-24	0	0	1
9-Jan-24	0	0	0
10-Jan-24	25	0	5
11-Jan-24	0	0	0
12-Jan-24	15	10	0
13-Jan-24	17	0	1
14-Jan-24			
15-Jan-24	3	0	0
16-Jan-24	10	1	0
17-Jan-24	2	0	2
18-Jan-24	2	0	2
19-Jan-24	0	0	0
20-Jan-24	1	0	0
21-Jan-24			
22-Jan-24	0	0	0
23-Jan-24	20	0	0
24-Jan-24	1	0	0
25-Jan-24	1	0	0
26-Jan-24	0	10	0
27-Jan-24	15	0	4
28-Jan-24			
29-Jan-24	12	10	16
30-Jan-24	0	1	0
31-Jan-24	1	0	0
1-Feb-24	15	0	0
2-Feb-24	0	1	0
3-Feb-24	12	3	0
4-Feb-24			
5-Feb-24	10	10	0
6-Feb-24	1	0	0
7-Feb-24	0	0	0
8-Feb-24			
9-Feb-24	11	22	1
10-Feb-24			
11-Feb-24			
12-Feb-24	3	0	2
13-Feb-24	0	0	1

Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
14-Feb-24			
15-Feb-24	11	0	0
16-Feb-24			
17-Feb-24	11	10	0
18-Feb-24			
19-Feb-24	0.5	0	0
20-Feb-24	15	1	0
21-Feb-24	1.25	0	0
22-Feb-24	0	10	0
23-Feb-24	10	1	0
24-Feb-24	0	0	0
25-Feb-24			
26-Feb-24	20	10	2
27-Feb-24	40	1	0
28-Feb-24	0	1	0
29-Feb-24	0	0	0
1-Mar-24	5	0	0
2-Mar-24	10	10	0
3-Mar-24			
4-Mar-24	16	0	2
5-Mar-24	1	1	1
6-Mar-24	0	0	0
7-Mar-24	8	10	5
8-Mar-24	0	0	0
9-Mar-24	0	0	3
10-Mar-24			
11-Mar-24			
12-Mar-24	0	0	0
13-Mar-24	10	0	0
14-Mar-24	0	12	0
15-Mar-24	0	0	0
16-Mar-24	0	1	0
17-Mar-24			
18-Mar-24	0.5	0	0
19-Mar-24	1	0	0
20-Mar-24	0	10	0
21-Mar-24	0	0	0
22-Mar-24	0	0	0
23-Mar-24	0	0	0
24-Mar-24			
25-Mar-24	0	1	1
26-Mar-24	0	11	0
27-Mar-24	0	0	1
28-Mar-24	6	12	7

Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
29-Mar-24			
30-Mar-24	10	1	1
31-Mar-24			
1-Apr-24	0	1	0
2-Apr-24	16	1	10
3-Apr-24	45	10	2
4-Apr-24	1	0	0
5-Apr-24	0	1	0
6-Apr-24	0	10	0
7-Apr-24			
8-Apr-24			
9-Apr-24			
10-Apr-24			
11-Apr-24			
12-Apr-24			
13-Apr-24			
14-Apr-24			
15-Apr-24			
16-Apr-24			
17-Apr-24	3	0	0
18-Apr-24	5	10	2
19-Apr-24	0	0	1
20-Apr-24	0	0	0
21-Apr-24	2	1	1
22-Apr-24	1	0	3
23-Apr-24	35	0	3
24-Apr-24			
25-Apr-24	0	1	0
26-Apr-24	2	0	0
27-Apr-24	12	26	0
28-Apr-24			
29-Apr-24	0	1	0
30-Apr-24	3	10	0
1-May-24			
2-May-24	25	20	2
3-May-24	1	0	1
4-May-24	1	1	0
5-May-24			
6-May-24	15	0	0
7-May-24	6	0	0
8-May-24	0	0	11
9-May-24	0	0	0
10-May-24	12	10	0
11-May-24	10	0	2

Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
12-May-24			
13-May-24	10	0	0
14-May-24	0	0	0
15-May-24	0	0	0
16-May-24	0	20	0
17-May-24	15	5	0
18-May-24	0	0	0
19-May-24			
20-May-24	40	1	0
21-May-24	0	0	2
22-May-24	2	10	2
23-May-24			
24-May-24	0	10	0
25-May-24	0	0	0
26-May-24			
27-May-24	20	0	1
28-May-24	15	1	1
29-May-24	5	1	0
30-May-24	29	1	5
31-May-24	3	0	0
1-Jun-24			
2-Jun-24			
3-Jun-24	0	0	10
4-Jun-24	10	10	0
5-Jun-24	20	12	0
6-Jun-24	20	3	0
7-Jun-24	21	0	0
8-Jun-24	32	0	10
9-Jun-24			
10-Jun-24	32	0	0
11-Jun-24	0	0	0
12-Jun-24	23	21	1
13-Jun-24	6	0	0
14-Jun-24	20	0	0
15-Jun-24	1	0	0
16-Jun-24			
17-Jun-24			
18-Jun-24	1	0	0
19-Jun-24	22	21	0
20-Jun-24	1	1	1
21-Jun-24	1	0	1
22-Jun-24	0	0	0
23-Jun-24			
24-Jun-24	30	11	0

Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
25-Jun-24	4	0	0
26-Jun-24	10	0	0
27-Jun-24	11	0	0
28-Jun-24	2	0	0
29-Jun-24	0	1	1
30-Jun-24			
1-Jul-24	0	1	0
2-Jul-24	12	10	0
3-Jul-24	1	0	0
4-Jul-24	0	0	1
5-Jul-24	10	0	20
6-Jul-24	20	1	0
7-Jul-24			
8-Jul-24	52	2	7
9-Jul-24	0	0	0
10-Jul-24	10	25	0
11-Jul-24	20	0	0
12-Jul-24	0	0	0
13-Jul-24	20	1	10
14-Jul-24	0	10	0
15-Jul-24			
16-Jul-24	4	0	0
17-Jul-24	20	0	0
18-Jul-24	5	0	0
19-Jul-24	1	0	0
20-Jul-24	0	0	0
21-Jul-24			
22-Jul-24	1	3	0
23-Jul-24	11	10	0
24-Jul-24	1	0	1
25-Jul-24	0	1	0
26-Jul-24	20	0	1
27-Jul-24	10	0	1
28-Jul-24			
29-Jul-24	0	10	0
30-Jul-24	0	0	1
31-Jul-24	10	0	0
1-Aug-24	4	0	3
2-Aug-24	10	0	10
3-Aug-24	2	0	0
4-Aug-24			
5-Aug-24	1	0	3
6-Aug-24	70	0	0
7-Aug-24	0	10	0

Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
8-Aug-24	10	1	0
9-Aug-24	10	0	1
10-Aug-24	0	0	0
11-Aug-24			
12-Aug-24	0	0	0
13-Aug-24	2	0	0
14-Aug-24	10	1	1
15-Aug-24	0	0	0
16-Aug-24	10	10	0
17-Aug-24			
18-Aug-24			
19-Aug-24	0	0	0
20-Aug-24	0	0	0
21-Aug-24	14	0	2
22-Aug-24	0	1	0
23-Aug-24	0	0	0
24-Aug-24	10	200	10
25-Aug-24			
26-Aug-24	10	0	1
27-Aug-24	0	1	1
28-Aug-24	10	0	0
29-Aug-24	0	1	0
30-Aug-24	2	0	2
31-Aug-24	1	0	3
1-Sep-24			
2-Sep-24	23	0	0
3-Sep-24	21	0	0
4-Sep-24			
5-Sep-24	1	0	1
6-Sep-24	1	0	0
7-Sep-24	0	0	0
8-Sep-24			
9-Sep-24	14	0	10
10-Sep-24	20	0	0
11-Sep-24	1	1	0
12-Sep-24	10	10	0
13-Sep-24	11	1	0
14-Sep-24	0	0	1
15-Sep-24			
16-Sep-24	10	0	0
17-Sep-24	0	2	0
18-Sep-24	20	10	0
19-Sep-24	0	10	0
20-Sep-24	2	0	2

Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
21-Sep-24	0	0	0
22-Sep-24			
23-Sep-24	24	1	0
24-Sep-24	10	0	0
25-Sep-24	15	0	5
26-Sep-24	20	0	0
27-Sep-24	20	0	0
28-Sep-24	1	0	0
29-Sep-24			
30-Sep-24	0	0	0
1-Oct-24	1	0	0
2-Oct-24	2	0	0
3-Oct-24	31	0	0
4-Oct-24	0	1	2
5-Oct-24	1	0	3
6-Oct-24			
7-Oct-24	20	1	0
8-Oct-24	20	0	0
9-Oct-24	0	10	0
10-Oct-24	0	0	0
11-Oct-24	11	1	0
12-Oct-24	6	1	1
13-Oct-24			
14-Oct-24	10	1	10
15-Oct-24	0	0	0
16-Oct-24	0	0	0
17-Oct-24	0	1	10
18-Oct-24	3	0	0
19-Oct-24	10	0	0
20-Oct-24			
21-Oct-24	30	0	5
22-Oct-24	1	0	1
23-Oct-24	1	10	1
24-Oct-24	0	0	0
25-Oct-24	10	0	0
26-Oct-24	1	0	0
27-Oct-24			
28-Oct-24	0	0	0
29-Oct-24	21	1	0
30-Oct-24	0	2	0
31-Oct-24	10	0	0
1-Nov-24	2	0	0
2-Nov-24	0	0	0
3-Nov-24			

Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
4-Nov-24	11	0	0
5-Nov-24	1	2	1
6-Nov-24	0	0	0
7-Nov-24	0	0	1
8-Nov-24	23	0	3
9-Nov-24	20	0	0
10-Nov-24			
11-Nov-24	14	10	0
12-Nov-24	10	1	10
13-Nov-24	1	0	0
14-Nov-24	0	0	0
15-Nov-24	20	0	0
16-Nov-24	11	0	1
17-Nov-24			
18-Nov-24	3	0	2
19-Nov-24	1	0	0
20-Nov-24	20	0	0
21-Nov-24	0	0	0
22-Nov-24	1	0	0
23-Nov-24	0	0	10
24-Nov-24			
25-Nov-24	0	0	0
26-Nov-24	20	0	1
27-Nov-24			
28-Nov-24	41	10	0
29-Nov-24			
30-Nov-24	0	0	0
1-Dec-24			
2-Dec-24	40	10	0
3-Dec-24	0	2	0
4-Dec-24	100	0	0
5-Dec-24	1	0	1
6-Dec-24	10	0	0
7-Dec-24	0	2	0
8-Dec-24			
9-Dec-24	30	0	0
10-Dec-24	2	0	0
11-Dec-24	20	0	0
12-Dec-24	0	0	0
13-Dec-24	1	0	0
14-Dec-24	10	0	0
15-Dec-24			
16-Dec-24	0	1	0
17-Dec-24	1	0	0

Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
18-Dec-24	10	0	0
19-Dec-24	24	0	0
20-Dec-24	3	0	0
21-Dec-24	0	0	0
22-Dec-24			
23-Dec-24	0	0	0
24-Dec-24	0	0	0
25-Dec-24	0	0	0
26-Dec-24	30	0	0
27-Dec-24	1	0	0
28-Dec-24	1	0	0
29-Dec-24			
30-Dec-24	0	0	0
31-Dec-24	4	0	0
1-Jan-25			
2-Jan-25	10	10	0
3-Jan-25	1	0	0
4-Jan-25	0	0	0
5-Jan-25			
6-Jan-25	0	0	0
7-Jan-25	20	0	1
8-Jan-25	10	0	0
9-Jan-25	2	7	0
10-Jan-25	1	0	1
11-Jan-25	11	0	1
12-Jan-25			
13-Jan-25	0	0	0
14-Jan-25	1	0	0
15-Jan-25	0	0	100
16-Jan-25	0	0	0
17-Jan-25	0	0	0
18-Jan-25	1	10	0
19-Jan-25			
20-Jan-25	0	0	0
21-Jan-25	4	0	0
22-Jan-25	0	0	0
23-Jan-25	1	1	0
24-Jan-25	0	0	0
25-Jan-25	30	0	0
26-Jan-25			
27-Jan-25			
28-Jan-25	0	10	0
29-Jan-25	0	0	0
30-Jan-25	20	1	0

Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
31-Jan-25	0	0	0
1-Feb-25	1	0	0
2-Feb-25			
3-Feb-25	0	0	0
4-Feb-25	10	0	0
5-Feb-25	22	6	1
6-Feb-25	3	0	3
7-Feb-25	2	0	0
8-Feb-25	1	0	1
9-Feb-25			
10-Feb-25	20	10	0
11-Feb-25	0	1	0
12-Feb-25	25	0	0
13-Feb-25	0	0	0
14-Feb-25	10	10	0
15-Feb-25	11	0	10
16-Feb-25			
17-Feb-25	0	0	0
18-Feb-25	10	0	0
19-Feb-25	20	0	0
20-Feb-25	0	0	0
21-Feb-25	0	0	0
22-Feb-25	1	0	0
23-Feb-25			
24-Feb-25			
25-Feb-25	5	0	5
26-Feb-25	10	0	0
27-Feb-25	1	30	0
28-Feb-25	0	0	0
1-Mar-25	1	11	1
2-Mar-25			
3-Mar-25	20	0	0
4-Mar-25	1	0	125
5-Mar-25	0	0	0
6-Mar-25	0	0	0
7-Mar-25	15	30	5
8-Mar-25	10	0	0
9-Mar-25			
10-Mar-25	0	0	3
11-Mar-25	20	0	0
12-Mar-25	1	0	0
13-Mar-25	0	0	0
14-Mar-25	5	0	0
15-Mar-25	0	0	0

Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
16-Mar-25			
17-Mar-25	2	0	0
18-Mar-25	0	0	0
19-Mar-25	0	0	0
20-Mar-25	25	10	0
21-Mar-25	2	0	0
22-Mar-25	0	0	3
23-Mar-25			
24-Mar-25	2	1	0
25-Mar-25	0	0	0
26-Mar-25	0	0	0
27-Mar-25	0	0	0
28-Mar-25			
29-Mar-25			
30-Mar-25			
31-Mar-25			
1-Apr-25			
2-Apr-25			
3-Apr-25			
4-Apr-25			
5-Apr-25			
6-Apr-25			
7-Apr-25	1	0	0
8-Apr-25	21	0	1
9-Apr-25	2	0	0
10-Apr-25	1	0	0
11-Apr-25	5	0	0
12-Apr-25	10	1	0
13-Apr-25			
14-Apr-25	20	0	0
15-Apr-25	1	0	2
16-Apr-25	0	0	1
17-Apr-25	1	7	0
18-Apr-25			
19-Apr-25	20	0	0
20-Apr-25			
21-Apr-25	20	0	0
22-Apr-25	2	2	0
23-Apr-25	1	0	0
24-Apr-25	2	6	0
25-Apr-25	0	1	0
26-Apr-25	10	10	2
27-Apr-25			
28-Apr-25	22	0	0

Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
29-Apr-25	0	0	5
30-Apr-25	8	31	0
1-May-25	0	1	0
2-May-25	0	0	0
3-May-25	0	0	5
4-May-25			
5-May-25	0	0	0
6-May-25	40	1	50
7-May-25	1	1	0
8-May-25	1	0	0
9-May-25	2	0	1
10-May-25			
11-May-25			
12-May-25			
13-May-25	21	1	20
14-May-25	0	0	0
15-May-25	0	0	5
16-May-25	0	0	0
17-May-25	2	13	0
18-May-25			
19-May-25	14	14	0
20-May-25	20	10	1
21-May-25	1	0	0
22-May-25	10	0	0
23-May-25	0	0	0
24-May-25	0	0	0
25-May-25			
26-May-25	0	1	0
27-May-25	9	31	0
28-May-25	0	0	5
29-May-25			
30-May-25	12	1	1
31-May-25	20	0	0
1-Jun-25			
2-Jun-25	10	10	0
3-Jun-25	25	0	0
4-Jun-25	0	0	0
5-Jun-25	0	10	1
6-Jun-25			
7-Jun-25	12	0	0
8-Jun-25			
9-Jun-25	0	0	10
10-Jun-25	14	0	0
11-Jun-25	0	11	1

Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
12-Jun-25	25	0	0
13-Jun-25	0	0	0
14-Jun-25	47	0	1
15-Jun-25			
16-Jun-25	3	0	0
17-Jun-25	10	0	0
18-Jun-25	1	0	0
19-Jun-25	0	0	0
20-Jun-25	15	0	0
21-Jun-25	10	0	0
22-Jun-25			
23-Jun-25	0	0	0
24-Jun-25	6	27	0
25-Jun-25	3	0	0
26-Jun-25	21	0	0
27-Jun-25			
28-Jun-25	10	0	6
29-Jun-25			
30-Jun-25	25	0	0
1-Jul-25	6	0	1
2-Jul-25	13	0	0
3-Jul-25	37	0	2
4-Jul-25	27	0	1
5-Jul-25	21	0	0
6-Jul-25			
7-Jul-25	42	0	0
8-Jul-25	1	0	0
9-Jul-25	20	10	0
10-Jul-25	1	10	0
11-Jul-25	11	0	0
12-Jul-25	1	0	1
13-Jul-25			
14-Jul-25	0	0	0
15-Jul-25	1	0	0
16-Jul-25	20	1	0
17-Jul-25	0	0	0
18-Jul-25	0	0	0
19-Jul-25	2	0	0
20-Jul-25			
21-Jul-25	24	1	0
22-Jul-25	16	0	10
23-Jul-25	5	0	0
24-Jul-25	0	0	0
25-Jul-25	10	15	0

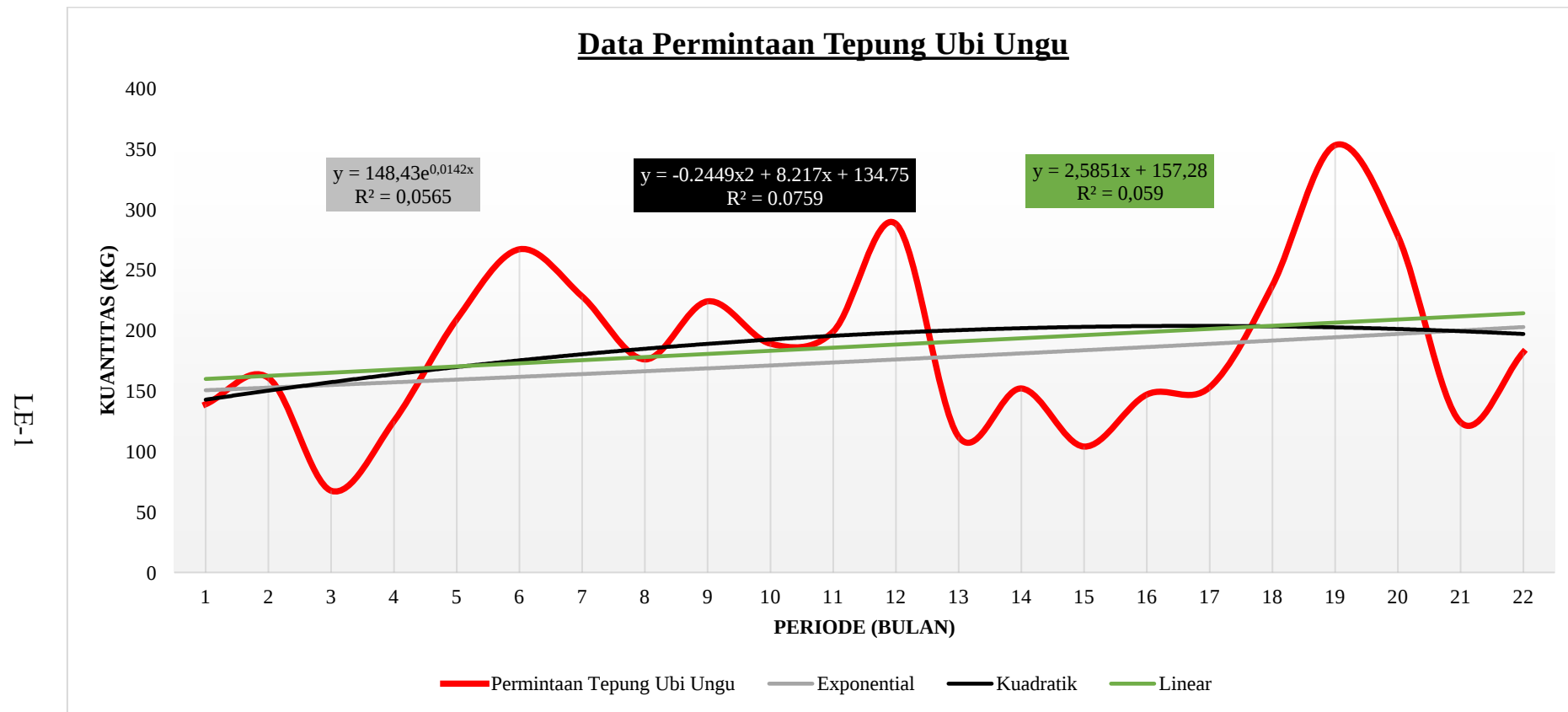
Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
26-Jul-25	1	0	0
27-Jul-25			
28-Jul-25	20	0	0
29-Jul-25	38	2	1
30-Jul-25	36	0	0
31-Jul-25	0	0	0
1-Aug-25	1	1	0
2-Aug-25	0	0	0
3-Aug-25			
4-Aug-25	39	0	11
5-Aug-25	30	0	0
6-Aug-25	0	0	0
7-Aug-25	21	11	2
8-Aug-25	15	0	0
9-Aug-25	1	0	0
10-Aug-25			
11-Aug-25	11	10	50
12-Aug-25	21	0	0
13-Aug-25	24	0	0
14-Aug-25	15	0	0
15-Aug-25	0	0	0
16-Aug-25	10	0	0
17-Aug-25			
18-Aug-25	0	1	0
19-Aug-25	1	0	0
20-Aug-25	30	0	0
21-Aug-25	1	10	0
22-Aug-25	10	0	0
23-Aug-25	1	1	0
24-Aug-25			
25-Aug-25	25	0	0
26-Aug-25	20	0	0
27-Aug-25	0	0	0
28-Aug-25	0	0	0
29-Aug-25	2	0	0
30-Aug-25			
31-Aug-25			
1-Sep-25	22	10	0
2-Sep-25	2	10	0
3-Sep-25	0	0	0
4-Sep-25	1	1	0
5-Sep-25			
6-Sep-25	0	0	0
7-Sep-25			

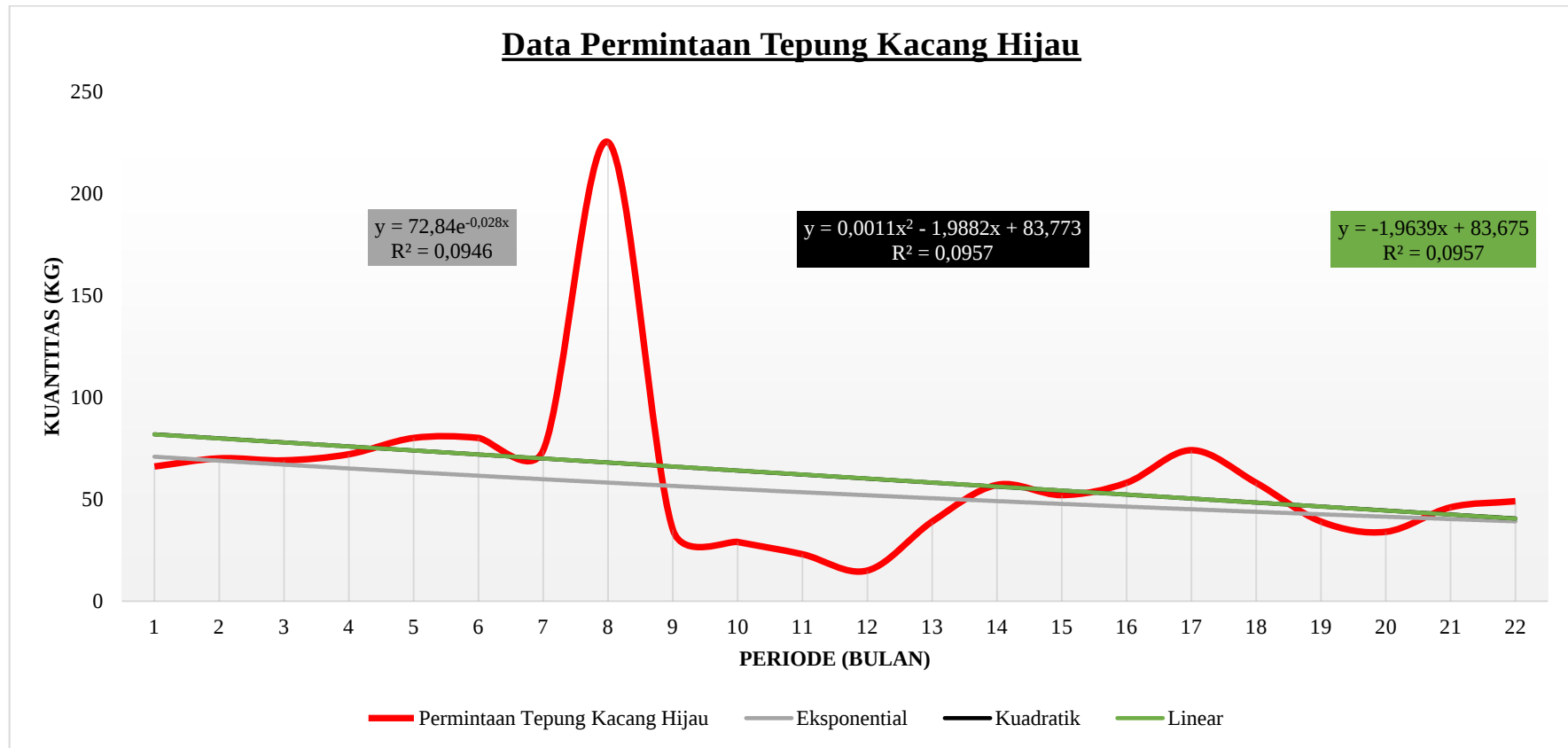
Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
8-Sep-25	13	1	46
9-Sep-25	0	0	10
10-Sep-25	0	0	1
11-Sep-25	4	0	1
12-Sep-25	11	0	0
13-Sep-25	20	0	0
14-Sep-25			
15-Sep-25	0	11	5
16-Sep-25	0	0	0
17-Sep-25	0	1	1
18-Sep-25	0	0	0
19-Sep-25	0	0	0
20-Sep-25	10	0	0
21-Sep-25			
22-Sep-25	24	1	0
23-Sep-25	1	0	1
24-Sep-25	3	0	1
25-Sep-25	6	10	4
26-Sep-25	2	1	0
27-Sep-25	0	0	0
28-Sep-25			
29-Sep-25	5	0	5
30-Sep-25	0	0	0
1-Oct-25	0	10	0
2-Oct-25	44	0	50
3-Oct-25			
4-Oct-25	1	0	0
5-Oct-25			
6-Oct-25	11	0	0
7-Oct-25	20	11	0
8-Oct-25	0	0	0
9-Oct-25	22	0	0
10-Oct-25	0	1	1
11-Oct-25	0	0	0
12-Oct-25			
13-Oct-25	10	5	0
14-Oct-25	0	1	1
15-Oct-25	10	10	0
16-Oct-25	4	0	0
17-Oct-25	0	0	0
18-Oct-25	10	0	0
19-Oct-25			
20-Oct-25			
21-Oct-25	10	0	0

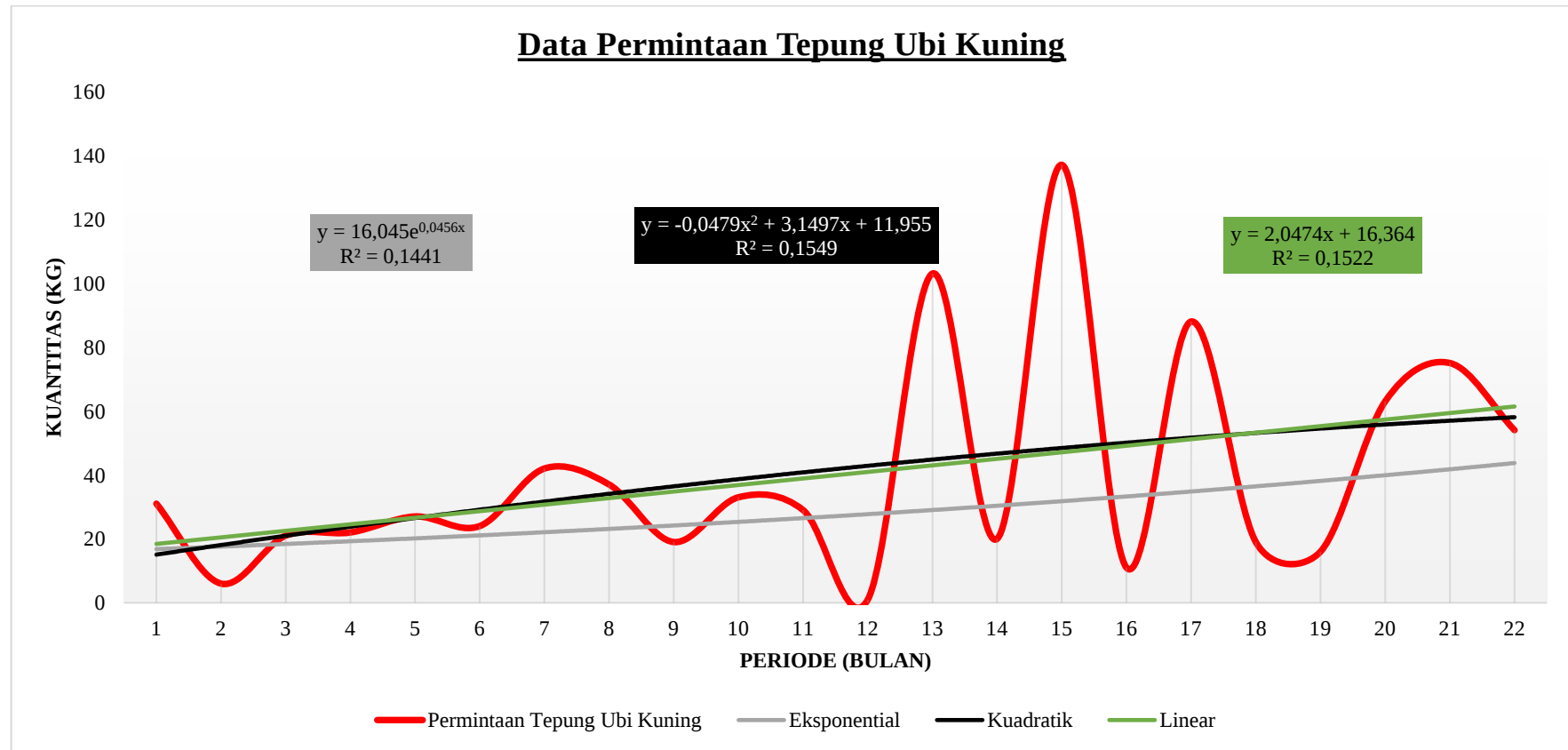
Tanggal	Variasi Tepung (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
22-Oct-25	0	0	0
23-Oct-25			
24-Oct-25	2	0	0
25-Oct-25	1	0	0
26-Oct-25			
27-Oct-25	16	11	1
28-Oct-25	2	0	0
29-Oct-25	17	0	1
30-Oct-25	0	0	0
31-Oct-25	2	0	0

LAMPIRAN E

Laju Permintaan Tepung Ubi Ungu, Kacang Hijau, dan Ubi Kuning







LAMPIRAN F

Data Pembelian Tepung Ubi Ungu, Kacang Hijau, dan Ubi Kuning

1. Pembelian dalam harian

Tanggal	Kuantitas Pembelian (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
1-Jan-24	70	50	30
11-Jan-24	80	30	30
21-Jan-24	80	30	30
31-Jan-24	90	50	50
12-Feb-24	90	40	30
24-Feb-24	150	40	30
5-Mar-24	30	40	30
16-Mar-24	30	50	30
28-Mar-24	130	50	30
8-Apr-24	30	30	30
18-Apr-24	90	60	30
29-Apr-24	90	50	30
8-May-24	80	50	30
18-May-24	130	40	30
28-May-24	170	40	30
6-Jun-24	250	40	30
18-Jun-24	130	50	30
30-Jun-24	200	60	50
12-Jul-24	100	40	30
24-Jul-24	100	30	30
5-Aug-24	170	30	30
15-Aug-24	60	300	30
24-Aug-24	130	280	30
5-Sep-24	100	30	30
15-Sep-24	200	40	30
27-Sep-24	120	30	30
7-Oct-24	110	30	40
17-Oct-24	90	30	30
27-Oct-24	80	30	30
7-Nov-24	170	30	30
18-Nov-24	140	30	30
28-Nov-24	150	40	30
10-Dec-24	110	30	30
19-Dec-24	100	30	30
30-Dec-24	80	30	30
10-Jan-25	30	30	150
22-Jan-25	90	30	30
1-Feb-25	100	30	30
10-Feb-25	160	30	30
20-Feb-25	70	60	200
4-Mar-25	80	50	200
13-Mar-25	60	30	30

Tanggal	Kuantitas Pembelian (Kg)		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
24-Mar-25	30	30	30
5-Apr-25	100	30	30
14-Apr-25	110	30	30
24-Apr-25	130	70	80
6-May-25	110	30	80
15-May-25	80	60	30
25-May-25	120	60	30
3-Jun-25	120	30	30
12-Jun-25	180	30	30
23-Jun-25	140	40	30
2-Jul-25	280	30	30
14-Jul-25	130	30	30
25-Jul-25	170	30	30
3-Aug-25	280	30	100
14-Aug-25	150	30	30
25-Aug-25	120	30	30
5-Sep-25	80	30	100
15-Sep-25	80	40	30
26-Sep-25	140	40	90
8-Oct-25	90	30	30
20-Oct-25	80	30	30
Rata-rata	115	46	43

2. Pembelian dalam bulanan

Bulan	Kuantitas Pembelian, Kg		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
Jan-24	320	160	140
Feb-24	240	80	60
Mar-24	190	140	90
Apr-24	210	140	90
May-24	380	130	90
Jun-24	580	150	110
Jul-24	200	70	60
Aug-24	360	610	90
Sep-24	420	100	90
Oct-24	280	90	100
Nov-24	460	100	90
Dec-24	290	90	90
Jan-25	120	60	180
Feb-25	330	120	260
Mar-25	170	110	260
Apr-25	340	130	140
May-25	310	150	140
Jun-25	440	100	90

Bulan	Kuantitas Pembelian, Kg		
	Ubi Ungu	Kacang Hijau	Ubi Kuning
Jul-25	580	90	90
Aug-25	550	90	160
Sep-25	300	110	220
Oct-25	170	60	60