TESIS – TI185401

PENGEMBANGAN MODEL MANAJEMEN PERSEDIAAN TIGA FASE UNTUK PRODUK *PERISHABLE* DENGAN MEMPERTIMBANGKAN PENURUNAN KUALITAS (Studi Kasus : Cabai)

MEIDINA KALSE BOER
02411750032005

Dosen Pembimbing
Dr.Eng,Ir. Ahmad Rusdiansyah M.Eng

Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

TESIS – TI185401

PENGEMBANGAN MODEL MANAJEMEN PERSEDIAAN TIGA FASE UNTUK PRODUK *PERISHABLE* DENGAN MEMPERTIMBANGKAN PENURUNAN KUALITAS (Studi Kasus : Cabai)

MEIDINA KALSE BOER
02411750032005

Dosen Pembimbing
Dr.Eng,Ir. Ahmad Rusdiansyah M.Eng

Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

MEIDINA KALSE BOER
NRP: 02411750032005

Tanggal Ujian : 18 Agustus 2020
Periode Wisuda : September 2020

Disetujui oleh:
Pembimbing:

1. Dr.Eng,Ir. Ahmad Rusdiansyah, M.Eng .....
   NIP: 196811091995031003

Penguji:

1. Prof. Dr. Ir Suparno, M.S.I.E .....
   NIP: 19480710976031002

2. Imam Baihaqi, S.T.,M.Sc., Ph.D. .....
   NIP: 197007211997021001

Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Nurhadi Siswanto, S.T.,MSIE.,Ph.D
NIP: 197005231996011001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MEIDINA KALSE BOER

NRP : 02411750032005

Program Studi : Magister Teknik Industri - ITS

Menyatakan bahwa tesis dengan judul

"PENGEMBANGAN MODEL MANAJEMEN PERSEDIAAN TIGA FASE UNTUK PRODUK *PERISHABLE* DENGAN MEMPERTIMBANGKAN PENURUNAN KUALITAS

(Studi Kasus : Cabai) "

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 18 Agustus 2020

Yang membuat pernyataan

Meidina Kalse Boer

NRP.02411750032005

PENGEMBANGAN MODEL MANAJEMEN PERSEDIAAN TIGA FASE UNTUK PRODUK *PERISHABLE* DENGAN MEMPERTIMBANGKAN PENURUNAN KUALITAS (Studi Kasus : Cabai)

Nama : Meidina Kalse Boer
NRP : 02411750032005
Pembimbing : Dr.Eng,Ir. Ahmad Rusdiansyah M.Eng

ABSTRAK

Produk *perishable* memiliki *lifetime* yang terbatas, beberapa metode dapat dilakukan untuk mempertahankan kualitas produk. Permasalahan yang dihadapi adalah menentukan banyaknya *supply* yang dibutuhkan, sebelum umur produk tersebut habis. Tujuan penelitian adalah maksimasi keuntungan dengan mempertimbangkan penurunan kualitas. Pada penelitian ini model memiliki tiga fase persediaan, fase pertama menyimpan cabai segar, fase kedua dan ketiga menyimpan cabai kering dan bubuk. Hanya terdapat satu jenis pasokan untuk tiga permintaan produk yang berbeda, yaitu cabai segar. Untuk membuat cabai kering dan bubuk perlu dilakukan proses tambahan. Proses tersebut selanjutnya disebut sebagai *renewal process*. Proses *renewal* yang dilakukan adalah pengeringan dan penggilingan. Dengan melakukan proses *renewal* dapat memperpanjang umur produk. Sisa produk dari fase pertama dan kedua dapat masuk proses *renewal*. Terdapat beberapa skenario kasus yang merepresentasikan kondisi sistem nyata. Berdasarkan hasil perhitungan numerik yang telah dilakukan, model berhasil memaksimasi keuntungan. Pada perhitungan numerik 1 keuntungan tertinggi yang diperoleh sebesar Rp 213,931,262. Dengan pasokan untuk masing-masing produk sebesar 10444.44 Kg untuk cabai segar, 6111.11 Kg untuk cabai kering dan 5555.55 Kg untuk cabai bubuk. Kemudian pada perhitungan numerik 2 keuntungan tertinggi yang diperoleh sebesar Rp 640,491,944. Dengan pasokan untuk cabai segar sebesar 3638.54 Kg, 7469.14 Kg untuk cabai kering dan 8888.88 Kg untuk cabai bubuk.

Kata Kunci : Manajemen Persediaan, Penurunan Kualitas, *Produk Perishable, Renewal process*.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DEVELOPMENT OF THREE PHASES INVENTORY MANAGEMENT FOR PERISHABLE PRODUCTS BY CONSIDERING QUALITY DETERIORATION (Case Study : Chilli)

Name : Meidina Kalse Boer
NRP : 02411750032005
Supervisor : Dr.Eng,Ir. Ahmad Rusdiansyah M.Eng

ABSTRACT

Perishable products have a limited lifetime, several methods can be used to maintain product quality. The problem faced is determining the amount of supply needed, before the product's life runs out. The research objective is to maximize profits by considering the decline in quality. In this study, the model has a three-phase supply, the first phase of storing fresh chilli, the second phase and the third the dried and powdered chili. There is only one type of supply for three different product requests, namely fresh chilies. To make dry and powdered chilies an additional process is needed. This process is known as the renewal process. The renewal process carried out is drying and milling. By carrying out a renewal process it can extend the life of the product. The remaining products from the first and second phases can enter the renewal process. There are several case scenarios that represent real system conditions. Based on the results of the numerical calculations have been done, the model managed to maximize profits. In numerical calculation 1, the highest profit obtained is IDR. 213,931,262. With the supply of each product at 10444.44 Kg for fresh chilli, 6111.11 kg for dried chilli and 5555.55 kg of chilli powder. Then in numerical calculation 2, the highest profit obtained is Rp. 640,491,944. With the supply of fresh chillies at 3638.54 Kg, Kg 7469.14 to 8888.88 Kg of dried chili peppers and chili powder for.

Keywords: Inventory Management, Quality Deterioration, Perishable Products, Renewal process.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat, taufik dan hidayah-Nya, penyusunan tesis yang berjudul "*Pengembangan Model Manajemen Persediaan Tiga Fase untuk Produk Perishable dengan Mempertimbangkan Penurunan Kualitas (Studi kasus : Cabai)* *"* dapat diselesaikan dengan baik. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan jenjang pendidikan Strata-2 di Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan tesis ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, kerjasama dari berbagai pihak dan berkah dari Allah SWT sehingga kendala-kendala yang dihadapi tersebut dapat diatasi. Oleh karena itu Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr.Eng,Ir. Ahmad Rusdiansyah M.Eng. Selaku dosen wali sekaligus pembimbing yang telah dengan sabar, tekun, tulus, dan ikhlas meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran memberikan bimbingan, motivasi, arahan, dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis selama menyusun tesis.

Selanjutnya ucapan terima kasih penulis sampaikan pula kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir Suparno, M.S.I.E dan Bapak Imam Baihaqi, S.T., M.Sc., Ph.D selaku dosen penguji sidang tesis, yang telah memberikan masukan yang sangat berguna untuk memperbaiki penyusunan tesis ini.
2. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah memberi bekal ilmu pengetahuan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dan menyelesaikan penulisan tesis ini.
3. Ibunda Yuli Rusdiana dan Ayahanda Chandra Dewana Boer yang sangat banyak memberikan bantuan moril, materil, arahan, dan selalu mendoakan keberhasilan dan keselamatan selama menempuh pendidikan.
4. Saudara tercinta (Kheyene Molekandella Boer dan Galleta Selena Boer) atas dukungan, semangat, dan kasih sayang yang diberikan kepada penulis.
5. Rekan-rekan Mahasiswa Magister Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember angkatan 2017/2018 Genap. Rekan-rekan tersebut telah

menemani penulis didalam kehidupan kampus, memberi warna baru pada kehidupan penulis, banyak memberikan masukan dan dorongan semangat kepada penulis baik selama dalam mengikuti perkuliahan maupun dalam penulisan tesis ini.

6. Rekan-rekan Alumni Mahasiswa Magister Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah memberikan masukan dan pengalamannya selama perkuliahan.
7. Rekan-rekan Alumni Mahasiswa Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Malang yang telah memberikan semangat bagi penulis untuk menyelesaikan pendidikan ini.
8. Keluarga besar Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Malang yang telah memberikan banyak pengalaman kepada penulis selama proses perkuliahan sampai sekarang.
9. Rekan-rekan Mahasiswa Asal Kalimantan yang telah bersama-sama menemani penulis dalam perantauan menuntut ilmu diluar daerah.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan tesis ini.

Akhir kata, dengan segala kerendahan hati penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan pada tugas akhir ini, sehingga penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan tesis ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 18 Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS v
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS vii
ABSTRAK ix
ABSTRACT xi
KATA PENGANTAR xiii
DAFTAR ISI xv
DAFTAR TABEL xvii
DAFTAR GAMBAR xix
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Penelitian 1
1.2 Perumusan Masalah 6
1.3 Tujuan Penelitian 7
1.4 Manfaat Penelitian 8
1.5 Batasan & Asumsi 8
1.6 Sistematika Penulisan 9
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 11
2.1 Produk Perishable 11
2.2 Manajemen Persediaan untuk Produk Perishable 12
2.2.1 Model Manajemen Persediaan Acuan 12
2.3 Penurunan Kualitas untuk Produk Perishable 15
2.3.1 Model Penurunan Kualitas 17
2.4 Memperpanjang Umur Produk Dengan Proses Renewal 19

2.4.1 Pengeringan (*Drying*), Penggaraman (*Salted*) dan Pembekuan (*Frozen*) 22

2.5 Posisi Penelitian 24

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 27

3.1 Deskripsi Permasalahan 27

3.2 Peta Jalan & Flow Chart Penelitian 28

3.3 Pengembangan Model Konseptual 31

3.3.1 Gambaran Umum Masalah 31

3.4 Pengembangan Model Matematis 33

3.5 Tahap Percobaan Numerik 33

3.6 Tahap Analisa & Pembahasan 33

3.7 Tahap Kesimpulan dan Saran 33

BAB 4 PERHITUNGAN NUMERIK & ANALISA SENSITIVITAS . 35

4.1. Permasalahan Manajemen Persediaan Tiga Fase 35

4.2. Model Matematis 37

4.3. Penurunan Kualitas 46

4.4. Desain Percobaan Numerik 49

4.4.1. Percobaan Numerik 1 53

4.4.2. Percobaan Numerik 2 66

BAB 5 ANALISA DAN PEMBAHASAN 77

5.1. Analisa & Pembahasan Perhitungan Numerik 1 77

5.2. Analisa & Pembahasan Perhitungan Numerik 2 90

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 97

6.1. Kesimpulan 97

6.2. Saran 98

Daftar Pustaka 99

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Notasi yang digunakan pada model persediaan Shin et al (2019) 13
Tabel 2. 2 Posisi Penelitian 24

Tabel 4. 1 Notasi Model 37
Tabel 4. 2 Penurunan kualitas 47
Tabel 4. 3 Penurunan Harga jual produk 48
Tabel 4. 4 Data Proses Produksi 49
Tabel 4. 5 *Data Biaya Produksi* 50
Tabel 4. 6 Data *Demand* Perhitungan Numerik 1 51
Tabel 4. 7 Data *Demand* Skenario SK2-1 Perhitungan Numerik 2 52
Tabel 4. 8 Data *Demand* Skenario SK2-2 Perhitungan Numerik 2 53
Tabel 4. 9 Skenario Perhitungan Numerik 1 54
Tabel 4. 10 Pasokan Produk Perhitungan Numerik 1 55
Tabel 4. 11 *Lost sales* Perhitungan Numerik 1 56
Tabel 4. 12 Keuntungan Hasil Perhitungan Numerik 1 57
Tabel 4. 13 *Revenue* dan *Salvage Value* Perhitungan Numerik 1 59
Tabel 4. 14 Penjualan Produk Skenario SK1-1 Perhitungan Numerik 1 60
Tabel 4. 15 Penjualan Produk Skenario SK1-2 Perhitungan Numerik 1 61
Tabel 4. 16 Penjualan Produk Skenario SK1-3 Perhitungan Numerik 1 61
Tabel 4. 17 Penjualan Produk Skenario SK1-4 Perhitungan Numerik 1 62
Tabel 4. 18 Penjualan Produk Skenario SK1-5 Perhitungan Numerik 1 63
Tabel 4. 19 Penjualan Produk Skenario SK1-6 Perhitungan Numerik 1 63
Tabel 4. 20 Penjualan Produk Skenario SK1-7 Perhitungan Numerik 1 64
Tabel 4. 21 *Purchase cost, production cost 1, production cost 2, holding cost* & *Lost sales cost* Perhitungan Numerik 1 65
Tabel 4. 22 Skenario Perhitungan Numerik 2 67
Tabel 4. 23 Harga Jual Produk Skenario SK2-1 Perhitungan Numerik 2 68
Tabel 4. 24 Harga Jual Produk Skenario SK2-2 Perhitungan Numerik 2 69
Tabel 4. 25 Pasokan Produk Perhitungan Numerik 2 70

Tabel 4. 26 *Lost sales* Perhitungan Numerik 2 70
Tabel 4. 27 Keuntungan Hasil Perhitungan Numerik 2 71
Tabel 4. 28 *Revenue* dan *Salvage Value* Perhitungan Numerik 2 71
Tabel 4. 29 Penjualan Produk Minggu ke 1 Skenario SK2-1 Perhitungan Numerik 2 72
Tabel 4. 30 Penjualan Produk Minggu ke 2-12 Skenario SK2-1 Perhitungan Numerik 2 72
Tabel 4. 31 Penjualan Produk Skenario SK2-3 Perhitungan Numerik 2 73
Tabel 4. 32 Penjualan Produk Minggu ke 1-12 Skenario SK2-2 Perhitungan Numerik 2 74
Tabel 4. 35 *Purchase cost, production cost 1, production cost 2, holding cost* & *Lost sales cost* Perhitungan Numerik 2 75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Inventory model untuk bahan baku kimchi (Sumber : Shin et al, 2019) 13
Gambar 2. 2 Penurunan kualitas berdasarkan waktu (Sumber : Osvald dan Stirn, 2008) 18

Gambar 3. 1 Peta Jalan Penelitian 29
Gambar 3. 2 Flow Chart Metodologi Penelitian 30
Gambar 3. 3 Permasalahan Sistem Manajemen Persediaan untuk Model Persediaan Tiga Fase 31

Gambar 4. 1 Manajemen persediaan tiga fase 35

Gambar 5. 1 Pasokan Produk SK1-1, SK1-2, SK1-3 dan SK1-4 untuk Perhitungan Numerik 1 78
Gambar 5. 2 Pasokan Produk SK1-5, SK1-6, dan SK1-7 untuk Perhitungan Numerik 1 80
Gambar 5. 3 *Lost sales* skenario SK1-1, SK1-2, SK1-3, dan SK1-4 untuk Perhitungan Numerik 1 81
Gambar 5. 4 *Lost sales* skenario SK1-5, SK1-6, dan SK1-7 untuk Perhitungan Numerik 1 83
Gambar 5. 5 Perbandingan Keuntungan SK1-1, SK1-2, SK1-3 dan SK1-4 Perhitungan Numerik 1 84
Gambar 5. 6 Perbandingan Keuntungan SK1-5, SK1-6, dan SK1-7 Perhitungan Numerik 1 85
Gambar 5. 7 Perbandingan Total *Revenue* dan Total *Production Cost* skenario SK1-1, SK1-2, SK1-3 dan SK1-4 Perhitungan Numerik 1 86
Gambar 5. 8 Perbandingan Total *Revenue* dan Total *Production Cost* skenario SK1-5, SK1-6, dan SK1-7 Perhitungan Numerik 1 87

Gambar 5. 9 Perbandingan Biaya *Purchase*, Produksi, Biaya Simpan dan *Lost Sales* SK1-1, SK1-2, SK1-3 dan SK1-4 Perhitungan Numerik 1 88
Gambar 5. 10 Perbandingan Biaya *Purchase*, Produksi, Biaya Simpan dan *Lost Sales* SK1-5, SK1-6, dan SK1-7 Perhitungan Numerik 1 89
Gambar 5. 11 Pasokan Produk untuk Perhitungan Numerik 2 91
Gambar 5. 12 *Lost Sales* Produk untuk Perhitungan Numerik 2 92
Gambar 5. 13 Perbandingan Total Revenue, Biaya Produksi dan Keuntungan Skenario SK2-1 dan SK2-2 Perhitungan Numerik 2 94
Gambar 5. 14 Perbandingan Biaya *Purchase*, Produksi, Biaya Simpan dan *Lost Sales* Perhitungan Numerik 2 95

BAB 1
PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan dan asumsi yang digunakan, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang Penelitian

Manajemen rantai pasok untuk produk *perishable* memiliki permasalahan manajemen persediaan yang lebih kompleks. Tantangan yang akan dihadapi industri makanan produk *perishable* adalah bagaimana menentukan banyaknya *supply* yang dibutuhkan sebelum umur produk habis. Produk *perishable* memiliki *lifetime* yang terbatas, kualitas produk akan turun dari waktu ke waktu. Tingkat kesegaran produk *perishable* secara signifikan dipengaruhi oleh durasi waktu dan temperatur lingkungannya (Song & Ko, 2016). Produk *perishable* akan kehilangan nilainya pada saat mencapai akhir umur produk (Agustina, Lee & Piplani, 2014). Penurunan kualitas ini akan terus terjadi hingga produk tersebut tidak aman untuk dikonsumsi (Boundless, 2015). Penurunan kualitas yang terjadi dari waktu ke waktu dapat menyebabkan kerugian sebesar 15% akibat adanya *perishable food* yang rusak dan busuk (Zhang *et al.*, 2009).

Kualitas dari produk *perishable* merupakan salah satu karakteristik yang perlu dipertimbangkan dalam suatu rangkaian rantai pasok (Sahin *et al.*, 2007). Saat ini konsumen lebih mementingkan kualitas dan keamanan dari produk *perishable* seperti, sayur, daging segar, ikan dan produk susu. Pada penelitian yang dilakukan oleh Tsiros & Heilman (2005), mengamati bahwa pelanggan (lebih dari 50%) akan memeriksa tanggal kadaluwarsa sebelum membeli produk. Demi menjamin keamanan dan kualitas serta menghasilkan keuntungan yang optimum, pengelola *supply chain* produk *perishable* harus memiliki komitmen yang kuat (Wang & Li, 2012).

Selain anggur dan keju, hampir semua produk buah, sayuran, dan daging akan menurun kualitasnya selama periode penyimpanannya. Selama produk disimpan, tekstur, rasa, warna, dan komposisi gizi dapat berubah. Laju perubahan

tersebut dipengaruhi oleh kondisi saat produk disimpan. Penurunan kualitas dapat dideteksi oleh perubahan bau, rasa, sentuhan, atau bentuk. Tidak semua makanan akan meningkat kualitasnya saat disimpan (kecuali anggur dan keju). Penurunan kualitas dapat dideteksi oleh bau, rasa, sentuhan, atau penglihatan. Perubahan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu oksigen, kelembaban, cahaya, pertumbuhan mikroba, dan suhu (Tanner *et al.*, 2016). Buah-buahan termasuk dalam *perishable product.* Kandungan vitamin pada buah dapat menurun selama produk disimpan. Karena itu proses tambahan perlu dilakukan pada produk *perishable*, untuk meningkatkan umur simpan produk dan untuk mencegah degradasi vitamin (Tontul & Topuz, 2017).

Penurunan kualitas yang terjadi pada wortel kering karena penyerapan air selama penyimpanan yang tidak tepat seperti perubahan warna, rasa, dan hilangnya sifat antioksidan (Koca, Burdurlu and Karadeniz, 2007). Menurut Osvald & Stirn (2008), sayur segar memiliki kandungan nutrisi dan rasa terbaik dapat diperoleh tepat ketika sayuran tersebut dipanen dan akan menurun seiring dengan berjalannya waktu sampai sayuran tersebut membusuk. Kualitas dari suatu produk sayuran bernilai 100% ketika produk tersebut dapat terjual pada harga normal. Sebaliknya kualitas produk sayuran bernilai 0% ketika produk tersebut sudah tidak memiliki *commercial value*. Tingkat kesegaran dari suatu produk akan berdampak pada nilai jual produk sayuran tersebut.

Pada prakteknya, telah umum dilakukan metode-metode dalam mempertahankan kualitas produk *perishable*. Metode tersebut diantaranya dengan didinginkan, dikeringkan, dan digarami. Menurut Zanoni & Zavanella (2012), semakin rendah temperatur yang digunakan pada suatu *cold storage* akan memperpanjang *shelf life* produk. Dengan penggunaan *cold storage* berdampak pada tingginya penggunaan energi yang dibutuhkan. Oleh karena itu, penggunaan energi secara tepat diperlukan dalam suatu rangkaian *cold chain*. Penentuan temperatur pada *cold storage* merupakan *trade off* antara kualitas produk dan biaya energi yang akan ditimbulkan. Dengan tujuan untuk pemeliharaan kualitas produk (Zhang *et al.*, 2009).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Shin *et al* (2019), menjadi salah satu bukti bahwa proses penggaraman dapat memperpanjang umur produk.

Ketika jumlah pasokan sawi tinggi, dengan melakukan penggaraman dapat memperpanjang umur produk. Sehingga sawi segar akan diasinkan terlebih dahulu untuk menjadi bahan baku kimchi.

Selain dengan melakukan penggaraman untuk kimchi, proses lain yang dapat dilakukan untuk memperpanjang *lifetime perishable product* adalah pengeringan. Tujuan dari proses pengeringan makanan tidak hanya untuk mengurangi volume dan berat produk tetapi juga untuk memperpanjang umur produk (Aktas *et al.*, 1999). Metode *Spray-drying* adalah salah satu teknik yang sangat dimanfaatkan untuk meningkatkan masa simpan produk makanan. *Spray-drying* akan mengalami kendala untuk memproses buah yang memiliki kandungan gula tinggi. Kandungan gula ini akan berubah menjadi lengket dan mengendap, sehingga akan menurunkan kualitas produk. Untuk mencapai pengeringan yang efektif dan mendapatkan produk yang dapat diterima, kondisi pengeringan harus dioptimalkan (Tontul and Topuz, 2017). Contoh lainnya produk yang menggunakan proses pengeringan adalah minuman kedelai. Bagaimana mengoptimalkan proses *spray drying* untuk mendapatkan bubuk minuman kedelai yang berkualitas. Suhu udara menjadi faktor utama yang mempengaruhi sebagian besar parameter kualitas (Giri *et al.*, 2017).

Beberapa penelitian mengenai manajemen persediaan untuk produk *perishable* telah banyak dilakukan. Chen (2019), menentukan jumlah persediaan yang optimal untuk produk *perishable* dengan *single vendor* dan *multi buyers system*. *Perishable* sebagai produk yang memiliki *shelf life* yang singkat, memerlukan tindakan untuk mempercepat tingkat penjualan dan *inventory turnover*. Dengan melakukan *pricing* dan promosi untuk memicu keinginan membeli pada konsumen. Penelitian lainnya menyatakan dengan melakukan integrasi antara produksi dan distribusi menunjukkan bahwa hasilnya akan tergantung pada tingkat kesegaran produk saat didistribusikan. Bagaimana minimasi biaya *supply* dapat tercapai yang didalamnya termasuk biaya yang terjadi akibat produk yang telah rusak (Amorim, Günther and Almada-Lobo, 2012).

Produk *perishable* memiliki dua macam *shelflife* yaitu, produk yang memiliki *fix shelf life* dan *loose shelf life*. *Fresh produce* pada penelitian ini memiliki karakteristik yang spesial, karena sebagian besar penelitian

mengkategorikan produk segar ke dalam kategori kerusakan yang lebih umum dengan *lifetime* random. Karakteristik utama dari item yang di pertimbangkan adalah umur simpannya (*shelflife*) yang sangat singkat dan membusuk seiring berjalannya waktu. Tingkat permintaan diasumsikan deterministik dan tergantung pada *displayed inventory* dan tingat kesegaran produk (Bai & Kendall, 2008).

Kimchi merupakan panganan konsumsi sehari-hari di Korea tentunya memiliki tingkat permintaan yang tinggi. Permasalahan utamanya bagaimana menentukan *supply* dan *inventory* untuk sawi putih sebagai bahan baku kimchi yang merupakan produk *perishable*. Tidak seimbangnya antara *supply* dan konsumsi membuat harga sawi putih fluktuatif. Saat *supply* berlebih sawi putih sebagai produk *perishable* akan terbuang. Hal ini terjadi karena sawi putih memiliki *shelflife* yang singkat. Untuk mencegah harga pasar yang fluktuatif maka diperlukan proses tambahan pada produk sebelum disimpan. Cara yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan proses penggaraman. Dengan melakukan proses penggaraman dapat memperpanjang periode penyimpanan produk (Shin *et al.*, 2019). Banyaknya *waste* yang terjadi berasal dari kontrol kualitas yang tidak tepat dan *inventori* yang berlebihan. Permasalahan ini merupakan tantangan utama bagi *perishable food management* pada *grocery store*. Dengan tujuan untuk mengurangi pembusukan limbah makanan dan memaksimalkan laba retailer, dilakukan dengan cara penetapan harga berdasarkan umur simpan makanan (Wang & Li, 2012).

Beberapa penelitian sebelumnya berfokus pada produknya dan cara penyimpanannya. Selain itu pentingnya menilai apakah strategi pengadaan yang digunakan sudah tepat atau belum untuk produk *perishable*. Dengan strategi pengadaan yang tepat, secara efektif dapat memasok produk dengan kualitas yang sesuai dengan tingkat *waste* produk yang dapat diterima (Rijpkema, Rossi and Van der vorst, 2013). Produk *perishable* dikirim melalui *cold chain logistic* untuk mempertahankan nilainya. *Cold chain logistic* melibatkan kegiatan transportasi dan penyimpanan dalam kisaran suhu rendah dan terkontrol untuk memperpanjang atau mempertahankan *shelflife* produk. Gangguan logistik dalam pasokan makanan dapat menyebabkan *food waste*. Sehingga menyebabkan terjadinya *food shortage* dan kerugian ekonomi. Gangguan logistik tersebut seperti terjadinya waktu transit

yang lama, kualitas yang berubah dengan cepat dan masa simpan produk yang lebih pendek menjadi permasalahan perusahaan (Ali *et al.*, 2018).

Pada penelitian ini akan dibuat model manajemen persediaan untuk *perishable product* dengan melakukan *renewal process*. Model ini memiliki tiga fase persediaan, setiap fase menyimpan jenis produk yang berbeda-beda. Persediaan pada fase pertama menyimpan cabai segar, kemudian fase kedua menyimpan cabai kering dan fase ketiga menyimpan cabai bubuk. Produk pada fase kedua dan ketiga akan dibuat dari satu pasokan yang sama, yaitu cabai segar. Produk pada fase pertama dapat berubah menjadi fase kedua melalui proses tambahan. Begitupula dengan produk pada fase kedua dapat diubah menjadi produk fase ketiga. Proses tersebut pada penelitian ini selanjutnya akan disebut dengan *renewal process*.

Renewal yang berarti memperbarui, jadi produk pada fase sebelumnya akan diproses/diubah sehingga menjadi produk yang berbeda untuk disimpan pada fase berikutnya. Terdapat dua kali proses *renewal*, yang pertama untuk merubah cabai segar menjadi cabai kering dengan melakukan pengeringan. Proses *renewal* kedua bertujuan untuk merubah cabai kering menjadi cabai bubuk, dengan melakukan penggilingan. Proses *renewal* ini dilakukan dengan tujuan untuk memperpanjang umur produk. Selain menerima pasokan untuk langsung diproses *renewal*, sisa produk dari fase sebelumnya juga dapat masuk proses *renewal*. Ketika pada persediaan fase satu terdapat cabai segar yang belum terjual, maka dapat masuk proses *renewal*. Sehingga produk yang tersisa dapat digunakan untuk diubah menjadi produk lain dengan *shelflife* yang lebih lama.

Permasalahan pada penelitian akan menjadi kompleks karena menentukan *supply* untuk memenuhi permintaan produk pada ketiga fase. Selain itu terjadi penyusutan pada produk ketika masuk proses *renewal.* Penyusutan terjadi untuk cabai kering dan bubuk. Oleh karena itu diperlukan kuantitas pasokan optimal dengan mempertimbangkan terjadinya penyusutan produk. Kemudian penurunan kualitas tentunya perlu dipertimbangkan, karena model ini digunakan untuk *perishable product.* Kualitas produk *perishable* pada penelitian ini dipengaruhi oleh durasi waktu. Setiap produk pada masing-masing fase memiliki *shelflife* yang berbeda. *Shelflife* ini akan menentukan berapa lama produk akan disimpan,

sehingga dapat dihitung besarnya penurunan kualitas yang terjadi. Penurunan kualitas yang terjadi akan mempengaruhi harga jual produk, sehingga akan berpengaruh terhadap keuntungan yang dapat diperoleh. Model akan memberikan keputusan jumlah optimal *supply* produk dengan tujuan maksimasi profit. Dengan mempertimbangkan tingkat penurunan kualitas produk pada setiap fase.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini akan dirancang model sistem *inventory management* untuk *perishable product.* Dengan menggunakan konsep *renewal* (pembaruan) dari Shin *et al* (2019). Produk *perishable* akan mengalami penurunan kualitas terus menerus hingga tidak dapat dikonsumsi lagi. Karakteristik produk yang memiliki umur singkat, akan membuat nilai jual produk tersebut menurun hingga produk rusak dan tidak memiliki nilai jual. Untuk memperpanjang *shelflife* produk dan menjamin kualitas produk ketika sampai pada konsumen, akan dilakukan proses *renewal* (pembaruan).

Untuk mempertahankan kualitas produk dapat dilakukan dengan melakukan proses tambahan pada produk. Beberapa cara dapat dilakukan agar produk memiliki umur simpan yang lebih lama. Proses tambahan atau dapat disebut dengan proses *renewal* (pembaruan) seperti pembekuan, pengeringan dan penggaraman telah diketahui dapat memperpanjang umur produk. Selain dapat memperpanjang umur produk, dengan adanya proses *renewal* juga dapat menambahkan nilai jual produk dan mennghemat biaya produksi.

Pada penelitian ini menggunakan satu jenis pasokan untuk tiga jenis produk yang berbeda. Manajemen persediaan dikembangkan menjadi tiga fase, penyimpanan produk pada setiap fase memiliki keterkaitan satu sama lain. Pada fase pertama menyimpan produk cabai segar dan fase kedua menyimpan cabai kering. Untuk membuat produk fase dua yaitu cabai kering harus melewati satu kali proses *renewal* (*drying*). fase ketiga adalah cabai bubuk, untuk membuatnya harus melalui dua kali proses *renewal* atau mengambil sisa produk fase kedua dan melalui satu kali proses *renewal (mixer)*. Dengan adanya proses *renewal*, dapat menurunkan tingkat *waste* pada produk *perishable.* Jadi, ketika produk dalam bentuk segar tidak laku dijual, sebelum umur produknya habis maka akan diproses

untuk menjadi produk yang berbeda. Dengan begitu produk yang telah diproses memiliki umur simpan yang lebih lama dan menambah nilai jual produk. Selain menentukan keputusan kuantitas pasokan juga menentukan berapa banyak kuantitas untuk di *renewal.*

Kemudian penurunan kualitas yang terjadi pada produk selama sepanjang penyimpanan akan mempengaruhi harga produk tersebut. Penurunan kualitas yang terjadi akan merubah harga jual produk saat itu, sehingga akan berpengaruh pada keuntungan yang diperoleh. Dengan menggunakan model penurunan kualitas dari Wang & Li (2012), diharapkan dapat memaksimumkan keuntungan yang diperoleh. Pada penelitian ini memiliki beberapa rumusan masalah, diantaranya adalah :

1. Bagaimana membuat model manajemen persediaan tiga fase dengan melakukan proses *renewal* dan mempertimbangkan penurunan kualitas ?
2. Berapa jumlah pasokan produk untuk fase pertama, fase kedua dan fase ketiga ?
3. Berapa penurunan harga produk yang terjadi akibat adanya penurunan kualitas ?
4. Berapa keuntungan yang diperoleh ?

1.3 Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini akan dibangun model matematis yang dapat merepresentasikan permasalah sistem *inventory management* yang telah dijelaskan sebelumnya. Tujuan penelitian ini dapat diuraikan pada poin-poin berikut :

1. Mendesain model manajemen persediaan tiga fase untuk produk *perishable* dengan melakukan *renewal process.*
2. Mendapatkan jumlah pasokan yang optimal untuk memenuhi permintaan produk fase pertama, fase kedua dan fase ketiga.
3. Mendapatkan tingkat penurunan kualitas produk dan penurunan harga jual produk.
4. Mendapatkan maksimasi keuntungan dengan mempertimbangkan penurunan kualitas produk yang mempengaruhi harga jual produk.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diberikan sebagai kontribusi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan model manajemen persediaan tiga fase untuk produk *perishable* dengan melakukan proses *renewal*.
2. Menghasilkan model manajemen persediaan untuk produk dengan *random shelflife*.
3. Menemukan solusi maksimasi keuntungan untuk produk *perishable* dengan mempertimbangkan penurunan kualitas pada produk.

1.5 Batasan & Asumsi

Pada penelitian ini penulis akan memberikan batasan kinerja parameter yang akan digunakan dengan menetapkan batasan dan asumsi terlebih dahulu. Pada penelitian ini, penulis membatasi hanya pada satu *supplier*, satu manufaktur, dan satu jenis pasokan untuk tiga produk pada setiap fase. Asumsi yang digunakan antara lain :

1. Tingkat permintaan *consumer* bersifat deterministik.
2. Tingkat penurunan kualitas yang digunakan dari (Wang & Li, 2012). Penurunan kualitas atau λ = 0,0076 / jam (1,277 / minggu). Besarnya penurunan kualitas dianggap sama untuk semua jenis produk.
3. Jika persediaan disimpan lebih lama dari *shelflife* yang telah ditentukan, maka akan dianggap sebagai *salvage value.* Besarnya *salvage value* 10% dari harga beli produk.
4. Apabila terjadi kekurangan persediaan maka dianggap *lost sales*, sebesar 30% dari harga jual produk untuk produk 1. Kemudian sebesar 40% untuk produk 2 dan sebesar 50% untuk produk 3.
5. Waktu yang diperlukan untuk proses *renewal* 1 dan 2 dan transportasi antara persediaan dan fasilitas masing-masing selama satu minggu.
6. Pada proses *renewal* tidak terjadi kegagalan proses dan cacat produk.
7. Konversi satuan kilogram produk 1 menjadi produk 2 (proses *renewal* 1) diasumsikan terjadi penyusutan sebesar 10%. Produk yang telah selesai

diproses *renewal* 1 dan dilanjutkan masuk proses *renewal* 2 (produk 1 menjadi produk 3), mengalami penyusutan sebesar 10%.

8. *Shelflife* produk 1 = 1 minggu
   Shelflife produk 2 = 2 minggu
   Shelflife produk 3 = 2 minggu

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang latar belakang masalah yang akan diteliti, mengapa penelitian perlu dilakukan. Dalam bab ini juga akan dijelaskan mengenai perumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah dan asumsi sebagai ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan diuraikan tentang landasan teori baik konsep atau model matematis yang dapat mendukung penyelesaian pembentukan model matematis dalam penelitian ini dan menginterpretasikan hasil yang diperoleh dalam penelitian. Tentunya teori pendukung tersebut akan berhubungan dengan *inventory management, perishable product* dan *renewal process.* Akan dijelaskan juga posisi penelitian terhadap penelitian sebelumnya.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan diuraikan tentang metodologi yang digunakan dalam penelitian ini. Akan dijabarkan juga secara detail model yang dikembangkan. Mulai dari penjelasan konseptual permasalahan manajemen persediaan untuk produk *perishable* dan rumus yang digunakan untuk mendukung model yang akan dibuat.

BAB IV : PERUMUSAN MODEL DAN PERHITUNGAN NUMERIK

Pada bab ini akan dilakukan pengembangan model dengan membuat formulasi matematis. Kemudian melakukan perhitungan numerik pada model yang telah dibangun dengan skenario yang telah ditentukan oleh penulis.

BAB V : ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini penulis akan menganalisa hasil perhitungan numerik pada model yang telah dibuat.

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diuraikan kesimpulan dari perhitungan numerik dan analisa yang telah dilakukan. Juga akan diberikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas teori-teori mengenai produk *perishable*, manajemen persediaan untuk produk *perishable*, penurunan kualitas produk *perishable*, teori mengenai memperpanjang umur produk, serta penelitian terdahulu yang menjadi acuan yang digunakan untuk penelitian ini.

2.1 Produk Perishable

Produk *perishable* memiliki *shelf life* yang singkat, berbeda dengan produk *nonperishable* yang memiliki umur ketahanan produk yang lebih lama. *Perishable product* merupakan produk yang bersifat tidak tahan lama, hal ini diakibatkan oleh terjadinya penurunan nilai terhadap waktu. Keterbatasan umur produk yang dimiliki oleh *perishable product* menyebabkan terjadinya penurunan nilai produk.

Produk *perishable* yang mengalami penurunan kualitas seperti buah-buahan, sayuran, daging dan makanan laut. Termasuk semua obat-obatan, vaksin dan darah manusia. Alasan suatu produk menjadi *perishable* juga terjadi akibat adanya perubahan nilai yang terjadi pada produk seperti tiket nonton, konser, hotel, kereta, bus dan pesawat. Hal ini dapat terjadi jika nilai produk tersebut berubah-ubah tergantung pada pola permintaan pada suatu waktu tertentu hingga akhir *shelf life* produk (Jia & Hu, 2011).

Menurut Kouki (2012) produk *perishable* memiliki sensitifitas terhadap *temperature* sehingga dibutuhkan kondisi khusus untuk mempertahankan kesegarannya dan memperlambat proses pembusukannya. Kualitas yang dimiliki produk *perishable* menunjukkan sisa umur produk apakah masih layak untuk dikonsumsi atau tidak. Beberapa produk *perishable* ada yang mengalami penurunan kualitas lebih cepat, bervariansi dari satu minggu hingga satu bulan (Amorim, Günther and Almada-Lobo, 2012).

2.2 Manajemen Persediaan untuk Produk Perishable

Tujuan utama dari pengendalian persediaan adalah untuk mendapakan jumlah atau kuantitas material yang tepat ditempat yang tepat, pada waktu yang tepat dan dengan biaya minimum. Beberapa penelitian terdahulu mengenai manajemen persediaan untuk *perishable product* dilakukan oleh Duong, Wood & Wang (2015), penelitian ini menentukan kebijakan persediaan yang tepat untuk produk *perishable* dan *substitutable*. Model yang diusulkan mendukung analisa hubungan antara faktor (*lifetime*, *lead time*) untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik untuk persediaan manajemen.

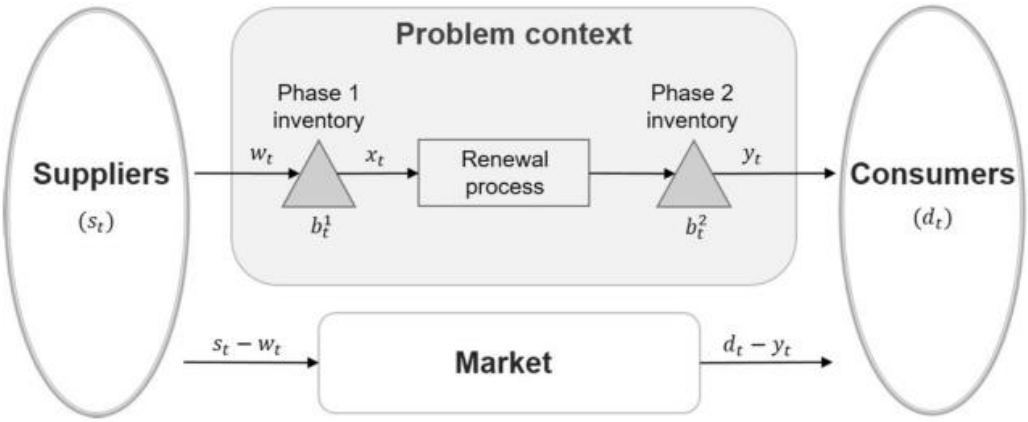
Permasalahan lainnya yang muncul dari produk *perishable* adalah waste yang terjadi. Terjadi *waste* yang berasal dari kontrol kualitas yang tidak tepat dan persediaan yang berlebihan merupakan tantangan utama bagi *perishable food management* pada *grocery store*. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengurangi pembusukan limbah makanan dan memaksimalkan laba *retailer*. Penyelesaian dilakukan melalui pendekatan penetapan harga berdasarkan umur simpan makanan yang diidentifikasi (Wang & Li, 2012).

Permasalahan lainnya akibat manajemen persediaan yang kurang baik adalah tidak seimbangnya antara *supply* dan konsumsi. Ketika *supply* berlebih biasanya produk akan terbuang, dampak yang terjadi adalah fluktuasi harga produk. Fluktuasi harga ini akan mempengaruhi profit yang akan diperoleh (Shin *et al.*, 2019). Penelitian lainnya dilakukan oleh Chen (2019) untuk menentukan persediaan yang optimal pada *perishable product* dengan *single vendor* dan *multi buyers system*. *Perishable* sebagai produk yang memiliki *shelflife* yang singkat, maka diperlukan tindakan untuk mempercepat tingkat penjualan dan *inventory turnover*. Dengan melakukan *pricing* dan promosi dapat memicu keinginan membeli pada *consumers*.

2.2.1 Model Manajemen Persediaan Acuan

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai model manajemen persediaan yang menjadi acuan untuk dikembangkan pada penelitian ini. Model manajemen persediaan ini diambil dari Shin *et al* (2019). Model persediaan yang dibuat adalah

two-phased untuk produk *perishable* dan dapat diperbarui dengan melakukan tambahan proses pada produk tersebut. Pada gambar 2.1 menampilkan model yang diusulkan ini digunakan pada fasilitias pembuatan Kimchi di Korea.



Gambar 2. 1 Inventory model untuk bahan baku kimchi (Sumber : Shin et al, 2019)

Asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Jumlah *supply* dan *demand* bersifat deterministik.
2. Persediaan fase 1 harus melalui proses *renewal* ke fase 2 untuk menjadi produk akhir.
3. Tidak ada kerugian yang dihasilkan dari faktor *non-perishability* seperti kegagalan proses dan cacat produk. Dengan demikian, seluruh persediaan diubah dari fase 1 menjadi persediaan fase 2 tanpa adanya kerugian, dengan *renewal process* (*salted*).
4. Waktu yang diperlukan untuk proses *renewal* dan transportasi antara persediaan dan fasilitas pemrosesan relatif cukup pendek untuk dihilangkan.

Tabel 2. 1 Notasi yang digunakan pada model persediaan Shin et al (2019)

t	=	Indeks waktu yang menunjukkan periode unit selama *Time window*, t = 0,1,...T
Parameter:		
t_s	=	Titik awal perencanaan
t_e	=	Titik akhir dari perencanaan
n_1	=	Maksimum lamanya periode penyimpanan untuk fase 1

n_2	=	Maksimum lamanya periode penyimpanan untuk fase 2
c_1	=	Kapasitas penyimpanan untuk fase 1
c_2	=	Kapasitas penyimpanan untuk fase 2
c_3	=	Kapasitas *renewal* untuk menjadi persediaan fase 2 selama periode unit
s_t	=	Kuantitas *supply* pada periode t
d_t	=	Kuantitas *demand* pada periode t
b_{ts-1}^1	=	Inisiasi tingkat persediaan pada fase 1
b_{ts-1}^2	=	Inisiasi tingkat persediaan pada fase 2
Decision Variables:		
b_t^1	=	Tingkat persediaan fase 1 pada periode t
b_t^2	=	Tingkat persediaan fase 2 pada periode t
w_t	=	Kuantitas yang diterima ke fase 1 pada periode t
x_t	=	Kuantitas *renewal* untuk menjadi fase 2 pada periode t
y_t	=	Kuantitas produk yang dikeluarkan dari fase 2 pada periode t

Pada tabel 2.1 menampilkan model matematis manajemen persediaan *two-phased* dari Shin *et al* (2019) :

❖ Fungsi Tujuan : Minimasi perbedaan antara *supply* dan *demand*

Minimize $\sum_{t=t_s}^{t_e} |(s_t - w_t) - (d_t - y_t)|$ 2.1

❖ Keseimbangan tingkat persediaan :

$b_t^1 = b_{ts-1}^1 + w_t - x_t$ untuk (t $\geq t_s$) 2.2

$b_t^2 = b_{ts-1}^2 + x_t - y_t$ untuk (t $\geq t_s$)..... .....2.3

❖ Batasan *Market-conformance* :

$w_t \leq max(s_t - d_t, 0)$ 2.4

$y_t \leq max(d_t - s_t, 0)$ 2.5

❖ Batasan Perishability :

$b_t^1 \leq \sum_{i=1}^{n_1} x_{t+i}$ 2.6

$b_t^2 \leq \sum_{i=1}^{n_2} y_{t+i}$ 2.7

❖ Batasan Kapasitas :

$b_t^1 \leq c_1$ 2.8

$b_t^2 \leq c_2$ 2.9

$y_t \leq c_3$ 2.10

❖ Batasan Non-negativity:

$b_t^1 \geq 0$ 2.11

$b_t^2 \geq 0$ 2.12

$w_t \geq 0$ 2.13

$x_t \geq 0$ 2.14

$y_t \geq 0$ 2.15

Persamaan diatas adalah model manajemen persediaan dua fase dari Shin *et al* (2019). Dengan tujuan minimasi perbedaan antara *supply* dan *demand* untuk produk *perishable* (kimchi). Batasan yang pertama adalah tingkat keseimbangan persediaan, batasan ini memastikan berapa banyak unit yang disimpan di fase 1, di *renewal* dan untuk masuk di fase 2. Untuk memastikan jumlah *supply* yang masuk (w_t) untuk fase 1 hingga berapa banyak yang akan di *renewal* (x_t). Terakhir berapa banyak yang masuk di fase 2 (y_t) .

Kemudian batasan kedua adalah *market conformance,* untuk memastikan jumlah *supply* (unit di fase 1) tidak melebihi maksimum *demand*. Batasan ketiga adalah tingkat persediaan fase 1 dan fase 2 pada periode t harus kurang dari jumlah kuantitas *renewal* untuk menjadi fase 2 dan fase 3 pada periode t. Batasan keempat adalah kapasitas untuk persediaan fase pertama dan fase kedua. Serta batasan kapasitas untuk proses renewal untuk produk fase 1 menjadi fase 2. Batasan terakhir adalah *non negativity,* memastikan agar hasil yang diperoleh tidak bernilai negatif.

2.3 Penurunan Kualitas untuk Produk Perishable

Menurut Nahmias (1982) berdasarkan umur produk ada dua jenis produk *perishable* yaitu tetap dan random. Penelitian yang dilakukan oleh Chen, Hsueh and

Chang (2009), menjelaskan bahwa terdapat dua konsep berbeda pada proses *deteriorasi perishable product.* Pada konsep pertama menjelaskan bahwa beberapa produk seperti darah memiliki *shelf life* tetap yang berarti bahwa darah secara simultan tidak lagi dapat digunakan pada akhir *planning horizon*-nya.

Sedangkan pada konsep kedua menjelaskan bahwa produk seperti makanan, sayur-sayuran, bunga, buah-buahan, daging segar, ikan segar dan sejenisnya mengalami *deteriorasi* di sepanjang *planning horizon* (kerusakan secara berkelanjutan). Produk makanan yang termasuk di dalam *perishable product* terdiri atas sayur-sayuran dan buah-buahan segar, daging dan *seafood* segar, telur dan daging unggas, makanan beku dan makanan kaleng merupakan produk yang harus dipertahankan kualitas dan umur hidupnya. Sayuran segar merupakan contoh barang yang bersifat *perishable* dimana nutrisi dan rasa yang terkandung berada pada kondisi terbaik ketika sayuran tersebut baru saja selesai dipanen dan akan terus menurun seiring berjalannya waktu hingga sayuran tersebut rusak (Osvald & Stirn, 2008).

Amorim, Günther and Almada-Lobo (2012) menunjukkan bahwa tingkat kesegaran (kualitas) dari suatu *perishable product* dapat dilihat dari *shelflife* yang tersisa pada produk tersebut. Umur produk dengan *shelflife* yang tetap maka *wilingness to pay* bergantung pada seberapa jauh kondisi produk tersebut dari tanggal kadaluwarsanya (*Best-Before-Date*). Namun ketika suatu produk memiliki karakteristik *loose shelf life* atau *shelf life* yang perubahannya bergantung pada karakteristik *deteriorasi* dari produk itu sendiri dan kondisi lingkungan (temperatur), maka tingkat kesegaran suatu produk yang ditunjukkan oleh sisa *shelf life* yang tersisa dapat dikendalikan.

Penelitian yang dilakukan oleh Osvald and Stirn (2008) menggambarkan penurunan kualitas sayuran segar yang merupakan *perishable product*. Kualitas mulai mengalami penurunan yaitu pada kandungan di dalam sayuran (*non-visual*) namun tidak ada perubahan secara fisik (*visual).* Penurunan kualitas terus terjadi pada *perishable product* dari waktu ke waktu hingga berakhirnya *shelflife.* Menurut Tsiros & Heilman (2005) penanggalan makanan adalah proses yang biasanya dibagi menjadi tiga bentuk: (1) "*Best Before,*" yang menunjukkan tanggal setelah suatu produk tidak lagi memiliki kualitas "*best*", umumnya digunakan untuk produk-

produk seperti sereal, makanan ringan, dan makanan kaleng; (2) "*Use by*," yang menunjukkan tanggal setelah suatu produk tidak lagi memiliki kualitas yang baik dan tidak boleh dikonsumsi (telur, ragi, dan adonan beku); dan (3) "*Sell by*", yang menunjukkan hari terakhir suatu produk harus dijual (meskipun sebagian besar tetap aman untuk dikonsumsi hingga tujuh hari melewati tanggal tersebut atau lebih lama jika disimpan dalam *freezer*), paling sering digunakan pada daging, *seafood*, unggas, susu, dan roti.

2.3.1 Model Penurunan Kualitas

Osvald and Stirn (2008) mendefiniskan bahwa suatu produk memiliki batas kualitas tertentu yang dapat diterima oleh pasar. Batas maksimal kualitas produk sama dengan *shelflife* produk tersebut. Osvald and Stirn (2008) mengembangkan model linear sederhana yang diusulkan oleh Pawsey (1995) untuk melakukan estimasi terhadap penurunan kualitas yang dialami oleh sayuran segar. Fungsi linear penurunan kualitas sayuran segar dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = 1 - \left(\frac{t-A}{B-A}\right) \quad (2.16)$$

dimana :

Q = kualitas yang tersisa dari produk sayuran segar

t = lama perjalanan kendaraan

A = titik watu proses pendistribusian dimulai

B = *shelf life* produk

Zanoni & Zavanella (2012) menyatakan bahwa meskipun suatu produk berada dalam temperatur optimalnya di sepanjang *cold chain*, kualitas produk tetap akan mengalami penurunan terhadap waktu. Rumus degradasi kualitas Rong, Akkerman & Grunow (2011) dan Zanoni & Zavanella (2012) diadopsi dari model penurunan kualitas milik Labuza (1982) yang dikembangkan dari persamaan kinetik Arrhenius untuk menunjukkan hubungan antara laju degradasi kualitas (k) dan temperatur (T) :

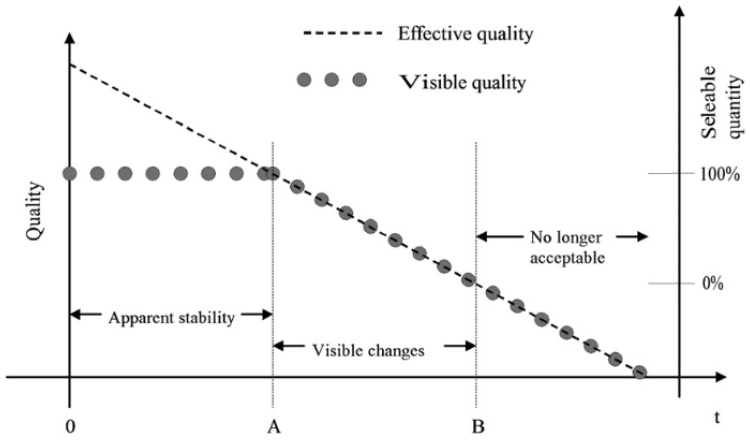
$$k = k_o e^{-(E_a/RT)} \quad (2.17)$$

Ko adalah konstanta, e adalah bilangan euler, Ea adalah energi aktivasi [j/kg], R adalah gas konstan [j/kg derajatK], dan T adalah temperatur absolut [derajat k]. Sehingga, tingkat kualitas suatu produk dapat diestimasikan q(T,t)

berdasarkan kualitas inisial produk (qo), lama waktu penyimpanan (t), dan laju degradasi (k). Persamaan 2.18 menunjukkan tingkat kualitas produk untuk reaksi *zero order* dan persamaan 2.19 menunjukkan tingkat kualitas produk untuk reaksi *first order*.

q(T,t) = $q_o - k_o t e^{-[E_a/RT]}$ .....(2.18)

q(T,t) = $q_o e^{-k_o t e^{-[Ea/RT]}}$ .....(2.19)



Gambar 2. 2 Penurunan kualitas berdasarkan waktu (Sumber : Osvald dan Stirn, 2008)

Osvald dan Stirn (2008) juga menggambarkan penurunan kualitas produk *perishable* (sayuran) pada gambar 2.2. Pada titik t = 0 produk perishable masih memiliki kualitas yang optimal (100%) saat baru dipanen. Selama fase *apparent stability* (mulai dari 0 sampai A), kualitas mulai mengalami penurunan yaitu pada kandungan produk (non-visual) namun tidak nampak adanya perubahan wujud. Kemudian pada fase *visible change* (titik A sampai B), perubahan *value* akan terus berlanjut yakni perubahan kandungan produk dan wujud. Pada titik B, produk tidak dapat diterima karena produk sudah dianggap rusak dan tidak layak lagi untuk dikonsumsi.

Penurunan kualitas akan terus terjadi seiring berkurangnya umur hidup pada produk *perishable*. Dari penjelasan tersebut terlihat pentingnya temperatur dan waktu dalam pengukuran penurunan kualitas. Kedua parameter tersebut digunakan oleh Wang & Li (2012) untuk mengembangkan model penurunan kualitas berdasarkan pendekatan model kinetik milik Arrhenius. Tingkat penurunan kualitas (λ) berdasarkan temperatur dan waktu penyimpanan dapat dicari melalui:

$\lambda = k_A e^{-[E_A/R_{gas}T(t)]}$ .....(2.20)

Dimana :

k_A = Konstanta

E_A = Energi aktivasi untuk reaksi yang mengendalikan hilangnya kualitas

R_{gas} = Konstanta gas ideal

$T(t)$ = Temperatur absolut yang digunakan pada beberapa temperatur referensi

Rata-rata nilai penurunan tingkat kualitas (λ) diestimasikan sebesar 0,0076 per jam (Wang & Li, 2012). Dari rumus tersebut dapat dihitung tingkat kualitas produk $q(t)$ pada periode $i = 1, \dots, m$ sebagai berikut :

$q(t) = q_0 - \sum_{i=1}^{m} \lambda_i t_i$ .....(2.21)

Dimana q_0 adalah kualitas awal produk yaitu kualitas sempurna bernilai 100.

2.4 Memperpanjang Umur Produk Dengan Proses Renewal

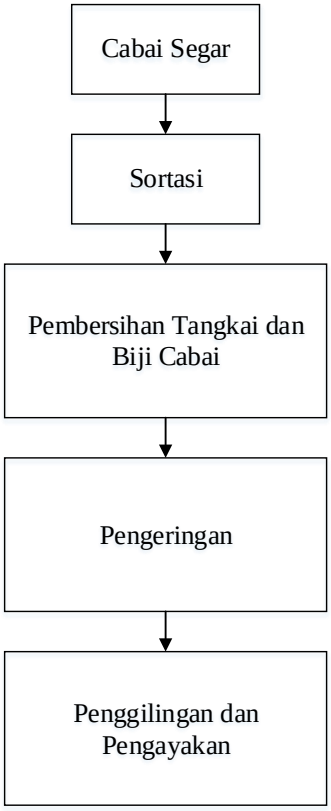
Pentingnya untuk memberikan perhatian khusus pada *shelflife* produk dikarenakan perilaku konsumen. Tsiros & Heilman (2005) meneliti perilaku konsumen terhadap *expired dates* untuk produk *perishable* di *grocery stores*. Hasil penelitian ini dapat menjadi petunjuk pada manajer untuk menerapkan strategi promosi yang efektif untuk produk *perishable*. Woensel *et al (*2007) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengidentifikasi perilaku pelanggan sehubungan dengan *out of stock* (OOS) dari *perishable product* (berfokus pada roti) dan kinerja persediaan yang dihasilkan untuk produk *perishable* ini. Observasi utama adalah bahwa pelanggan memiliki keinginan yang tinggi untuk mencari *substitute* dari produk *perishable*.

Menjaga kualitas produk berhubungan juga dengan *food waste*. Menurut Zhang *et al* (2009) dengan penurunan kualitas yang terjadi dari waktu ke waktu tanpa adanya manajemen temperatur yang tepat dapat menyebabkan kerugian sebesar 15% akibat adanya *perishable food* yang rusak dan busuk. Stanger *et al* (2012) menyatakan *perishable* produk memberikan tantangan pada manajemen persediaan, *trade off* antara *stock out* dan *availability* di rak terhadap *waste* karena *expired*. Mengelola persediaan produk *perishable* adalah *trade-off* antara *shortage* dan *lost sales* terhadap *waste*.

Beberapa penelitian terdahulu yang meneliti mengenai memperpanjang *shelflife* produk. Zanoni & Zavanella (2012) meneliti bahwa penentuan temperatur di dalam *cold storage* merupakan *trade off* antara kualitas produk dan biaya energi yang akan ditimbulkan dalam upaya pemeliharaan kualitas produk. Semakin rendah temperatur yang digunakan akan mempengaruhi *shelflife* produk menjadi semakin panjang (Zhang *et al.*, 2009). Penelitian untuk memperpanjang umur produk lainnya dilakukan oleh Shin *et al* (2019) yang melakukan proses penggaraman pada sayuran (sawi putih) sebagai bahan baku kimchi. Permasalahan yang dihadapi adalah *supply* lebih besar dari tingkat konsumsi. Karena merupakan *perishable product* maka sisanya akan terbuang, kemudian akan mempengaruhi harga pasaran produk.

Fluktuasi harga cabai di Indonesia sering mengalami perubahan. Hal tersebut disebabkan karena rusaknya lahan tanaman pangan sehingga berpotensi berkurangnya lahan dan ketersediaan pangan akibat bencana alam. Salah satu teknik pengawetan pada cabai rawit adalah mengolah menjadi bubuk cabai rawit, sehingga masa simpan cabai meningkat (Agung, Saputro and Susanto, 2016). *Renewal* yang berarti memperbarui, jadi produk pada fase sebelumnya akan diproses/diubah sehingga menjadi produk yang berbeda untuk disimpan pada fase berikutnya.

Pada penelitian ini dilakukan proses *renewal*, yaitu dilakukan proses tambahan pada produk. Proses *renewal* dilakukan bertujuan untuk mengurangi *waste* dan memperpanjang umur produk. Terdapat dua kali proses *renewal*, yang pertama untuk merubah cabai segar menjadi cabai kering dengan melakukan pengeringan. Proses *renewal* kedua bertujuan untuk merubah cabai kering menjadi cabai bubuk, dengan melakukan penggilingan. Proses *renewal* ini dilakukan dengan tujuan untuk memperpanjang umur produk. Selain dengan cara alami proses pengeringan juga dapat dilakukan dengan bantuan alat, seperti salah satunya menggunakan oven. Oven adalah salah satu alat pengeringan bahan pangan yang mengunakan panas dalam ruangan tertutup. Dengan menggunakan oven proses pengeringan dilakukan selama kurang lebih 48 jam, dengan suhu 60 derajat celcius. Proses *renewal* kedua adalah penggilingan, untuk merubah cabai kering menjadi cabai bubuk.



Gambar 2. 3 Proses Pengeringan dan Penggilingan Cabai (Sumber : Sudaryati, MS and Hermawan, 2013)

Pada gambar 2.3 menampilkan alur proses pengeringan dan penggilingan cabai. Pertama cabai segar akan disortir terlebih dahulu untuk memisahkan cabai yang telah rusak. Setelah itu dilakukan pembersihan tangkai pada cabai dan pembuangan biji pada cabai. Cabai akan dibelah memanjang untuk mengeluarkan biji cabainya. Setelah itu dilakukan pengeringan dengan menggunakan oven bersuhu 60° Celcius. Setelah selesai dilakukan pengeringan dengan menggunakan oven maka akan menjadi cabai kering. Setelah itu untuk membuat cabai bubuk dilakukan proses penggilingan dan pengayakan pada bubuk cabai.

Pada manajemen persediaan tiga fase, akan dilakukan dua kali proses *renewal.* Proses *renewal* yang pertama adalah pengeringan, untuk merubah cabai segar menjadi cabai kering. Pengeringan dapat dilakukan dengan bantuan alat atau alami. Pada penelitian ini proses pengeringan dilakukan secara alami. Proses pengeringan dengan menggunakan matahari membutuhkan waktu selama 8 hari (Jamilah, Kadirman and Fadilah, 2019). Ketika produk masuk proses *renewal* akan

terjadi perubahan pada berat produk. Penyusutan ini terjadi karena adanya perubahan kandungan air pada produk. Seperti berat satu kilogram cabai segar akan berkurang ketika telah berubah menjadi cabai kering.

2.4.1 Pengeringan (*Drying*), Penggaraman (*Salted*) dan Pembekuan (*Frozen*)

Proses yang dapat dilakukan untuk memperpanjang *lifetime perishable product* adalah pengeringan. Tujuan dari proses pengeringan makanan tidak hanya untuk mengurangi volume dan berat produk tetapi juga untuk meningkatkan stabilitas produk atau memperpanjang umur produk (Aktas *et al.*, 1999). *Spray-drying* adalah salah satu teknik yang sangat dimanfaatkan untuk meningkatkan masa simpan produk makanan. Permasalahan yang terjadi selama proses *spray-drying* untuk buah yang memiliki kandungan gula tinggi. Kandungan gula ini akan berubah menjadi lengket dan mengendap, sehingga akan menurunkan kualitas produk. Untuk mencapai pengeringan yang efektif dan mendapatkan produk yang dapat diterima, kondisi pengeringan harus dioptimalkan (Tontul and Topuz, 2017).

Pengeringan adalah proses untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air suatu bahan pangan dengan atau tanpa bantuan energi panas. Beberapa alat yang digunakan untuk melakukan proses pendinginan seperti *drum drying, tunnel tray, spray drying* dan lainnya. Kendala yang dihadapi dalam pengeringan sayuran adalah terjadinya penurunan nilai gizi, perubahan warna dan perubahan tekstur, apabila tidak dilakukan dengan cara tepat (Soedarmo & Sediaoetama, 1987).

Selain dengan proses pengeringan produk cara lain yang dapat dilakukan untuk memperpanjang umur produk adalah dengan penggaraman. Menurut Hutton (2002) alasan untuk menggunakan garam dapat dibagi menjadi tiga kategori besar: pengolahan, sensorik (rasa), dan pengawetan. Dalam beberapa kasus garam menyempurnakan ketiga fungsi ini, dan dalam beberapa situasi terjadi perbedaan misalnya, peran garam dalam pembuatan keju juga memiliki efek pada rasa akhir produk. Contoh produknya adalah sayuran yang difermentasi. Garam membantu mengendalikan mikrobiologis dalam acar dan produk serupa. Membantu menjaga kondisi dan laju fermentasi yang diperlukan. Hal ini juga mempengaruhi perubahan tekstur pada produk-produk ini dan memiliki efek kimia tertentu dalam bawang acar.

Penelitian mengenai penggaraman untuk sayur dilakukan oleh Shin *et al* (2019) untuk produk kimchi. Kimchi merupakan produk yang memiliki tingkat *demand* yang tinggi, karena kimchi merupakan konsumsi sehari-hari. Sawi putih adalah salah satu bahan baku untuk membuat kimchi. Seringkali *supply* sawi putih berlebih, sehingga mempengaruhi harga pasar. Selain itu saat *supply* berlebih biasanya akan terbuang, karena sawi putih termasuk dalam produk *perishable* sehingga akan rusak. Untuk mencegah harga pasar yang turun dan mengurangi *food waste* maka diperlukan perlakuan khusus untuk pada produk. Cara yang dilakukan adalah dengan proses penggaraman, dengan proses ini terbukti periode penyimpanan produk menjadi lebih lama.

Penelitian mengenai *frozen food* juga telah banyak dilakukan. Menurut Ma & Guan (2009) *perishable food* membutuhkan pengaturan temperatur yang sesuai selama proses produksi, penyimpanan, pengiriman dan penjualan guna memastikan kualitas produk dan mengurangi timbulnya produk yang rusak. Hal ini disebabkan karena *deteriorasi* kualitas dari *perishable food* dipengaruhi oleh waktu simpan, temperatur penyimpanan dan faktor-faktor lain, seperti energi aktivasi, gas konstan dan lain –lain (Xue, Zhang & Tang, 2014).

2.5 Posisi Penelitian

Pada sub bab ini, npenulis akan memberikan gambaran tentang posisi penelitian. Penelitian ini melengkapi penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai manajemen persediaan untuk produk *perishable*. Pada tabel 2.2 menampilkn posisi penelitian.

Tabel 2. 2 Posisi Penelitian

No	Peneliti	Inventory Management			Perishable	Demand Rate		Backorder	Lost Sales	Lifetime		Deterioration		Renewal Process	Salvage Value
		Single Storage	Two-Phased Storage	Three-Phased Storage		Deterministik	Stochastic			Random	Fix	Waktu	Temperatur		
1	(Tsiros and Heilman, 2005)	v			v					v	v				
2	(Woensel *et al.* , 2007)	v			v						v	v			
3	(Amorim, Günther and Almada-Lobo, 2012)	v			v		v			v	v	v	v		
4	(Duan *et al.* , 2012)	v			v		v	v							v
5	(Wang and Li, 2012)	v			v		v			v		v	v		
6	(Rijpkema, Rossi and Van der vorst, 2013)	v			v					v	v		v		v
7	(Chung and Li, 2013)	v			v	v					v	v			
8	(Duong, Wood and Wang, 2015)	v			v					v					
9	(Giri *et al.* , 2017)				v					v			v		
10	(Ali *et al.* , 2018)	v			v		v			v	v	v	v		
11	(Chen, 2019)	v			v		v			v					
12	(Shin *et al.* , 2019)		v		v	v				v		v		v	
13	Penelitian ini			v	v	v			v	v		v		v	v

Pada bab posisi penelitian menunjukkan beberapa penelitian terdahulu untuk produk *perishable*. Penelitian yang dilakukan oleh Tsiros (2005) meneliti perilaku konsumen terhadap *expired dates* untuk produk *perishable* di supermarket. Konsumen dapat memahami resiko terkait pada produk yang mencapai *expired date.* Selain itu juga menjadi petunjuk pada manajer untuk menerapkan strategi promosi yang efektif untuk produk *perishable*. Kedua hal ini akan mempengaruhi *food waste* pada *perishable product*.

Kemudian penelitian kedua dilakukan oleh Vanwoesel (2007) bertujuan untuk mengidentifikasi perilaku pelanggan sehubungan dengan *out of stock* (OOS) dari *perishable product* (berfokus pada roti) dan kinerja persediaan yang dihasilkan untuk produk *perishable* ini. Diketahui bahwa pelanggan memiliki keinginan yang tinggi untuk mencari *substitute* dari produk *perishable*.

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Amorim, Günther dan Almada-Lobo (2012) adalah minimasi biaya *supply*. Juga mempertimbangkan biaya akibat produk yang rusak. Selain itu juga minimasi rata-rata s*helflife* produk dengan mempertimbangkan pengaruh temperatur ke dalam model. Model yang dibuat diperuntukkan dua jenis *perishable product*, yaitu produk yang memiliki *fix shelflife* dan *loose shelflife*.

Duan (2012) melakukan penelitian untuk produk *perishable* dengan level persediaan dipengaruhi oleh *demand rate*. Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana menghasilkan model yang dapat menentukan kebijakan persediaan yang optimal. Dengan kondisi *backlogging rate* tergantung pada waktu menunggu dan situasi *demand* yang telah *backlogged* terlebih dahulu. Saat *shortage* tidak diperbolehkan maka persediaan yang tersisa akan dibuang (*salvage value*).

Penelitian yang dilakukan oleh Wang (2012) bertujuan untuk mengurangi pembusukan limbah makanan dan memaksimalkan laba retailer melalui pendekatan penetapan harga berdasarkan umur simpan makanan yang diidentifikasi secara dinamis. Penelitian yang dilakukan oleh Shin (2019) adalah manajemen persediaan untuk produk *perishable.* Produk makanan seperti kimchi termasuk dalam produk *perishable* dengan random *shelflife*. Tidak seimbangnya antara *supply* dan konsumsi membuat harga sawi putih fluktuatif. Untuk mencegah harga pasar yang turun maka diperlukan perlakuan khusus untuk penyimpanan produk.

Cara yang dilakukan adalah dengan proses penggaraman, dengan proses ini terbukti periode penyimpanan produk menjadi lebih lama.

Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan model yang telah dimiliki oleh Shin (2019). Mengembangkan model manajemen persediaan menjadi tiga fase dengan adanya proses *renewal*. Penelitian ini juga mempertimbangkan terjadinya penurunan kualitas pada produk dikarenakan waktu penyimpanan produk yang lama juga mempertimbangkan *salvage value*. Penurunan kualitas pada penelitian ini akan menggunakan model penurunan kualitas dari Wang (2012).

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini, penulis akan menjelaskan bagaimana penelitian akan dilakukan. Mulai dari penjelasan deksripsi permasalahan manajemen persediaan untuk produk *perishable.* Kemudian langkah-langkah penelitian akan dijelaskan melalui peta jalan dan *flowchart.*

3.1 Deskripsi Permasalahan

Penelitian ini mengembangkan model manajemen persediaan untuk produk *perishable.* Produk *perishable* akan mengalami penurunan kualitas terus menerus hingga tidak dapat dikonsumsi lagi. Karakteristik produk yang memiliki umur singkat, akan membuat nilai jual produk tersebut menurun hingga produk rusak dan tidak memiliki nilai jual. Saat ini konsumen cenderung memperhatikan tingkat kesegaran produk sebelum memutuskan untuk membeli produk tersebut atau tidak. Untuk memperpanjang *shelflife* produk dan menjamin kualitas produk ketika sampai pada konsumen, akan dilakukan proses *renewal* (pembaruan).

Dengan menggunakan satu jenis pasokan yang sama akan dilakukan proses *renewal* sebanyak dua kali agar menghasilkan tiga produk yang berbeda. Manajemen persediaan dikembangkan menjadi tiga fase, penyimpanan produk pada setiap fase memiliki keterkaitan satu sama lain. Pada fase pertama menyimpan produk cabai segar dan fase kedua menyimpan cabai kering. Untuk membuat produk fase dua yaitu cabai kering harus melewati satu kali proses *renewal* (*drying*). Fase terakhir atau fase ketiga adalah cabai bubuk, untuk menjadi produk ketiga ini harus melalui dua kali proses *renewal* atau mengambil sisa produk fase kedua dan melalui satu kali proses *renewal*.

Tingkat kesegaran ini dapat dilihat pada perubahan fisik produk untuk jenis produk yang segar (sayur, buah, dan daging). Sedangkan untuk produk kemasan/kaleng konsumen akan memperhatikan tanggal kadaluwarsa terlebih dahulu sebelum membeli produk tersebut. Agar produk yang dijual tetap berada dalam kondisi tingkat kesegaran yang baik saat sampai ditangan konsumen, diperlukan keputusan yang tepat pada manajemen persediaannya. Berapa banyak pasokan produk *perishable* dan banyaknya persediaan menjadi keputusan penting.

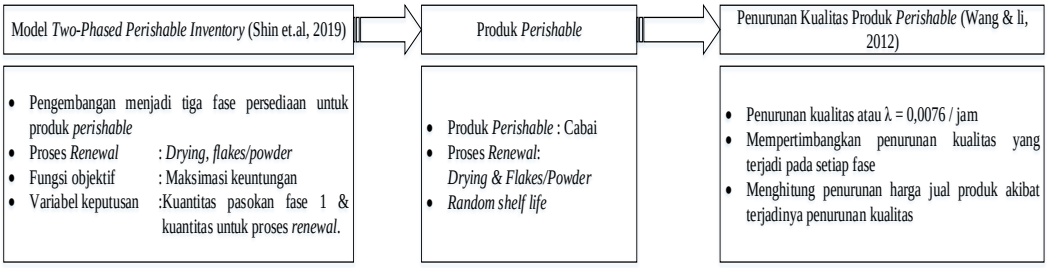
Untuk mempertahankan kualitas produk dapat dilakukan dengan melakukan proses tambahan pada produk. Beberapa cara dapat dilakukan agar produk memiliki umur simpan yang lebih lama. Proses tambahan atau dapat disebut dengan proses *renewal* (pembaruan) seperti pembekuan, pengeringan dan penggaraman telah diketahui dapat memperpanjang umur produk. Selain dapat memperpanjang umur produk, dengan adanya proses *renewal* juga dapat menambahkan nilai jual produk dan mennghemat biaya produksi.

Ketika kondisi harga pasokan turun tentunya akan lebih baik jika dilakukan pembelian sebanyak-banyaknya. Namun karena produk bersifat *perishable*, maka dapat dilakukan proses *renewal* untuk memperpanjang umur produk tersebut. Selain itu dengan adanya proses *renewal*, dapat menurunkan tingkat *waste* pada produk *perishable.* Jadi, ketika produk dalam bentuk segar tidak laku dijual, sebelum umur produknya habis maka akan diproses untuk menjadi produk yang berbeda. Dengan begitu produk yang telah diproses memiliki umur simpan yang lebih lama dan menambah nilai jual produk.

Dengan adanya proses *renewal*, akan menambah kompleksitas dari permasalahan model manajemen persediaan. Selain menentukan keputusan kuantitas pasokan juga menentukan berapa banyak kuantitas untuk di *renewal.* Kemudian penurunan kualitas yang terjadi pada produk selama sepanjang penyimpanan akan mempengaruhi harga produk tersebut. Penurunan kualitas yang terjadi akan merubah harga jual produk saat itu, sehingga akan berpengaruh pada keuntungan yang diperoleh.

3.2 Peta Jalan & Flow Chart Penelitian

Peta jalan penelitian berfungsi untuk menggambarkan alur penelitian yang dilakukan (lihat Gambar 3.1). Untuk melakukan pengembangan model diperlukan konsep dari tiga tahapan yang dijelaskan pada peta jalan penelitian.

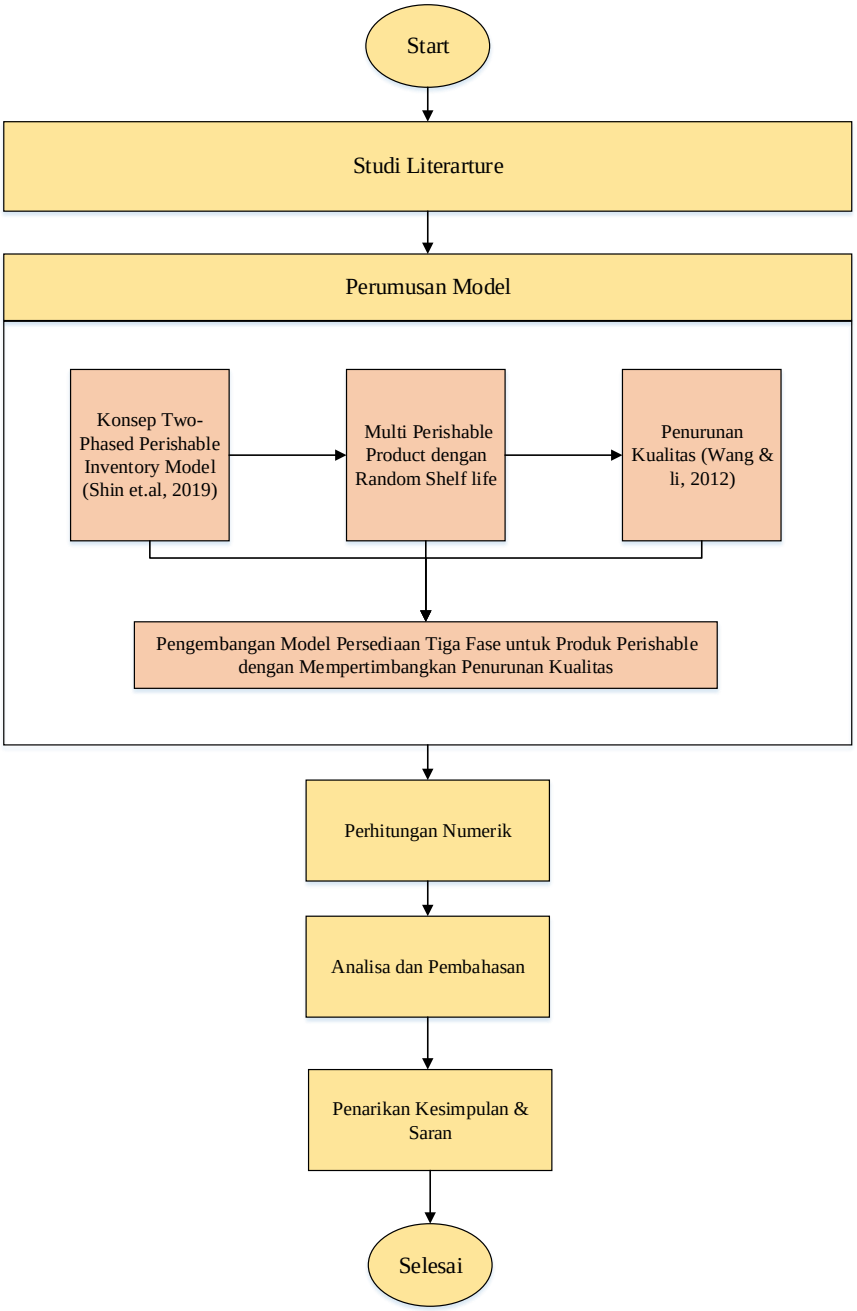


Gambar 3. 1 Peta Jalan Penelitian

Pada gambar 3.1 menampilkan peta jalan penelitian. Tahapan pertama pengembangan yang dilakukan dari model yang dimiliki oleh Shin *et al* (2019). Dikembangkan menjadi tiga fase persediaan dengan tiga jenis produk yang berbeda pada setiap fasenya. Untuk proses *renewal* diantara fase 1 dan 2 akan dilakukan pengeringan, kemudian proses *renewal* diantara fase 2 dan 3 produk dibuat dalam bentuk *powder/flakes*. Pada penelitian sebelumnya fungsi objektifnya adalah meminimasi *gap* antara *supply* dan *demand*, kemudian dirubah menjadi maksimasi keuntungan.

Dengan variabel keputusan menentukan kuantitas pasokan dan kuantitas untuk dilakukan di *renewal* menjadi produk di fase 2 dan fase 3. Tahapan kedua pemahaman konsep mengenai produk *perishable*, kategori *shelf life* produk dan metode untuk memperpanjang umur produk (proses *renewal)*. Tahapan terakhir atau ketiga mengenai konsep dan rumus penurunan kualitas produk berdasarkan lama periode penyimpanan.

Menggunakan laju penurunan kualitas dari Wang & Li (2012) untuk produk sayur. Besarnya laju penurunan kualitas ini nantinya akan digunakan untuk menghitung tingkat penurunan kualitas yang terjadi pada tiap periode di semua fase. Besarnya penurunan kualitas ini akan mempengaruhi harga jual produk, sehingga akan berpengaruh pada total pendapatan dan keuntungan yang diperoleh.



Gambar 3. 2 Flow Chart Metodologi Penelitian

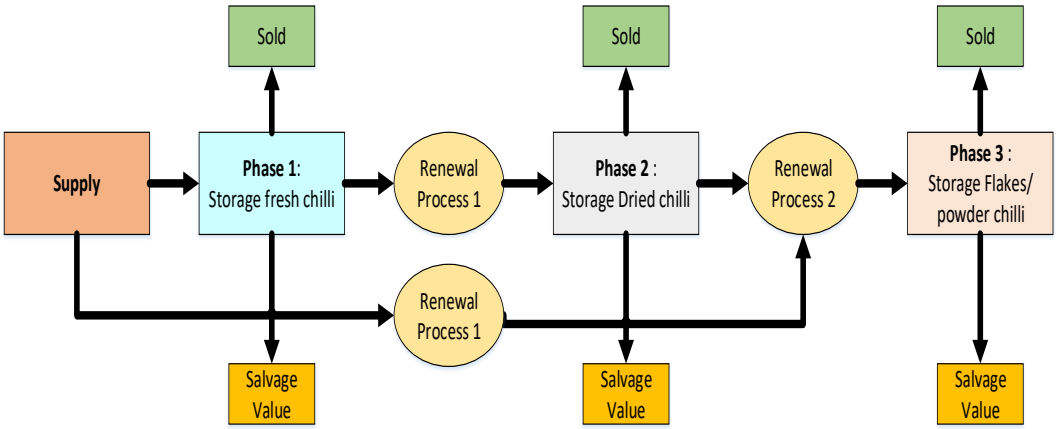
Pada gambar 3.2 menampilkan *Flow Chart* penelitian berfungsi untuk menunjukkan tahapan secara keseluruhan penelitian. Mulai dari studi pendahuluan untuk mengetahui manajemen persediaan untuk produk *perishable*. Juga memahami bagaimana penurunan kualitas yang terjadi pada produk *perishable*. Pengembangan model hingga perhitungan numerik dan melakukan analisa dan pembahasan dari hasil perhitungan numerik kemudian melakukan penarikan kesimpulan serta saran.

3.3 Pengembangan Model Konseptual

Pada sub bab ini akan dikembangkan model konseptual yang dapat menggambarkan permasalahan manajemen persediaan yang akan diteliti. Dengan tujuan memperoleh gambaran tentang model konseptual yang akan dikembangkan, akan dijelaskan terlebih dahulu gambaran umum permasalahan. Kemudian juga akan dijelaskan mengenai model yang aka dibuat dan asumsi yang digunakan.

3.3.1 Gambaran Umum Masalah

Pada penelitian ini penulis berusaha menggambarkan kondisi sistem yang akan dibuat. Penelitian ini akan mengembangkan model manajemen *inventory* dari Shin *et al* (2019) dan penurunan kualitas dari Wang & Li (2012).



Gambar 3. 3 Permasalahan Sistem Manajemen Persediaan untuk Model Persediaan Tiga Fase

Pada gambar 3.3 menampilkan *flowchart* penelitian. Model persediaan pada penelitian ini akan dikembangkan menjadi tiga fase, yang mana pada penelitian sebelumnya adalah dua fase. Shin *et al* (2019) membuat model *two phased inventory* untuk produk kimchi, dengan tujuan meminimasi *gap* antara *supply* dan *demand*. Yang dimaksud dengan *two-phased inventory* ini berarti memiliki dua jenis persediaan yang berbeda (fase 1: sayur segar ; fase 2: *salted*). Persediaan yang berbeda pada fase 1 dan fase 2 ini diperoleh dari *supply* yang sama, tetapi untuk menjadi fase dua harus melewat proses pembaruan (*renewal*) terlebih dahulu. Dengan melakukan proses pembaruan (*renewal process*) dapat memperpanjang umur produk.

Pada penelitian ini akan dikembangkan menjadi *three-phased inventory*. Sama dengan konsep yang dimiliki oleh penelitian sebelumnya untuk menjadi persediaan pada fase tersebut harus berasal dari persediaan fase sebelumnya. Pada penelitian ini produk yang menjadi objek adalah cabai. pada fase pertama adalah cabai segar, kemudian fase kedua adalah cabai kering dan terakhir fase ketiga adalah cabai *flakes/powder*. Dari fase pertama untuk menjadi fase kedua harus melewati *renewal process*, yaitu *drying*. Berbagai macam metode pengeringan dapat dilakukan baik secara alami atau menggunakan bantuan alat.

Setelah dari fase kedua untuk menjadi fase ketiga juga harus melewati *renewal process* (*mixer*) untuk memperoleh cabai bubuk/*flakes*. Jadi pada fase ketiga produk yang dihasilkan adalah *chili flakes*. Dengan kata lain model persediaan ini menerapkan *renewal* berlanjut, dimana produk pada fase paling terakhir harus melewati fase sebelumnya.

Selain itu penelitian ini juga mempertimbangkan penurunan kualitas yang terjadi pada setiap jenis produk. Model penurunan kualitas yang digunakan dari Wang & Li (2012). Penurunan kualitas ini nantinya akan berpengaruh pada harga jual produk. Ketika harga jual produk turun maka pendapatan yang diperoleh juga akan turun sehingga mempengaruhi fungsi tujuan yaitu maksimum keuntungan. Semua biaya yang digunakan untuk satuan perkilogram. Berikut adalah biaya-biaya yang digunakan :

- Biaya Pembelian (*Purchase cost*) : Biaya yang dibutuhkan untuk membeli pasokan cabai segar.
- *Renewal process cost* : Biaya yang dibutuhkan untuk merubah cabai segar menjadi cabai kering dan cabai bubuk.
- Biaya Simpan (*Holding cost*) : Biaya yang dibutuhkan untuk menyimpan produk selama satu minggu.
- *Lost sales cost* : Biaya yang terjadi karena terdapat *demand* yang tidak terpenuhi.

Selama masa perencanaan akan terdapat produk yang mengalami penurunan kualitas. Penurunan kualitas itu akan mempengaruhi harga jual produk tersebut dan akan berpengaruh pada total pendapatan. Penurunan kualitas ini akan terus terjadi hingga produk tidak dapat dikonsumsi. Penurunan kualitas yang terjadi

berhubungan dengan masa penyimpanan produk pada setiap fase. Untuk fase pertama *shelflife* selama 1 minggu, fase kedua dan ketiga masing-masing selama 2 minggu. Setelah melewati masa *shelflife* yang dimiliki masing-masing produk, maka akan dianggap sebagai *salvage value*. Besarnya *salvage value* pada penelitian ini 10% dari harga beli produk.

3.4 Pengembangan Model Matematis

Pada sub bab ini penulis akan merancang model matematis yang bertujuan untuk mendapatkan variabel keputusan yang optimal dengan beberapa pertimbangan yang telah diuraikan sebelumnya. Berapa jumlah *supply* yang dibutuhkan untuk memenuhi *demand* pada setiap fase. Dengan mempertimbangan tingkat penurunan kualitas yang terjadi pada produk dan dapat memperoleh maksimasi keuntungan.

3.5 Tahap Percobaan Numerik

Pada tahap ini dilakukan percobaan numerik dengan bantual *tools* SOLVER yang ada pada paket software Microsoft Excell. Percobaan numerik dilakukan untuk melihat performansi dari model. Parameter input yang diberikan antara lain biaya pembelian produk, biaya proses *renewal*, tingkat penurunan kualitas dan tingkat permintaan produk pada setiap fase.

3.6 Tahap Analisa & Pembahasan

Pada tahap analisa dilakukan analisis terhadap hasil percobaan numerik. Analisis dilakukan pada skenario yang telah dibuat sebelumnya. Apakah model yang telah dibuat tetap dapat memberikan solusi optimal apabila terjadi perubahan pada parameter. Beberapa perubahan yang dilakukan pada tingkat permintaan produk dan harga jual produk.

3.7 Tahap Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dan saran. Tujuan penelitian ini akan terjawab berdasarkan hasil dari percobaan numerik yang telah dilakukan. Tujuan yang diperoleh akan dirangkum pada bagian kesimpulan sedangkan saran ditujukan sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya.

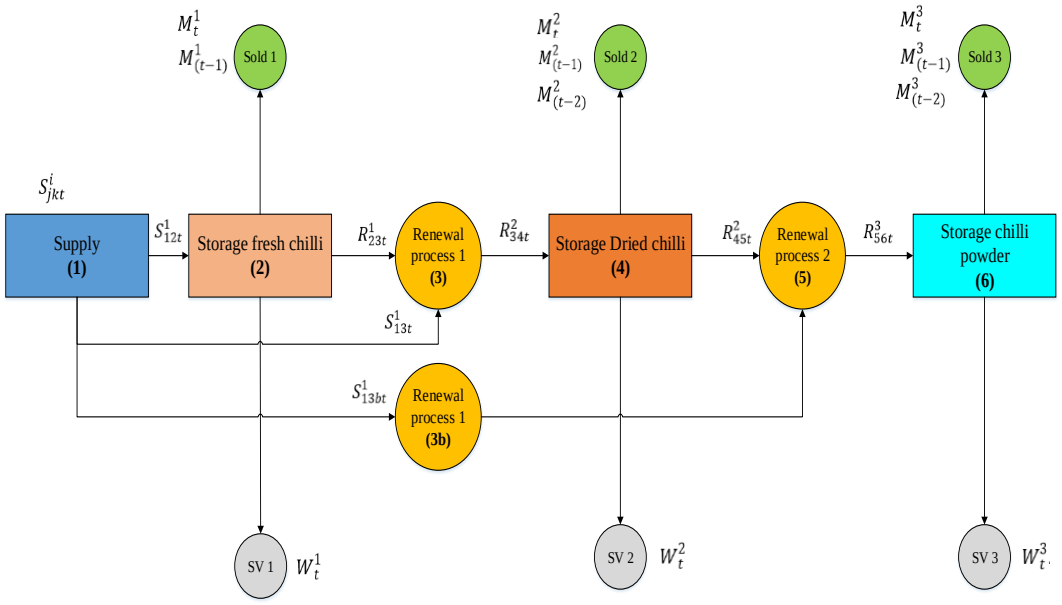
(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4
PERHITUNGAN NUMERIK & ANALISA SENSITIVITAS

Pada bab ini akan dijelaskan terlebih dahulu mengenai konseptual dari permasalahan manajemen persediaan tiga fase untuk produk *perishable.* Kemudian dilakukan formulasi model matematis dan melakukan perhitungan numerik dengan beberapa skenario yang telah dirancang terlebih dahulu.

4.1. Permasalahan Manajemen Persediaan Tiga Fase

Pada sub bab ini akan dijelaskan permasalahan manajemen persediaan tiga fase dalam bentuk gambar. Penelitian ini akan mengembangkan model manajemen *inventory* dari Shin *et al* (2019) dan penurunan kualitas dari Wang & Li (2012).



Gambar 4. 1 Manajemen persediaan tiga fase

Pada gambar 4.1 merupakan gambaran untuk manajemen persediaan tiga fase yang menampilkan alur produk mulai dari pasokan hingga fase terakhir. Dengan adanya tiga fase persediaan maka terdapat tiga jenis produk yang berbeda dengan umur produk yang berbeda-beda pula. Fase pertama menyimpan produk cabai segar, kemudian fase kedua menyimpan produk cabai kering dan terakhir fase ketiga menyimpan produk cabai bubuk. Hanya ada satu jenis pasokan untuk tiga produk yang berbeda. Pasokan produk dapat langsung menuju proses *renewal*.

Banyaknya pasokan disimbolkan dengan S_{jkt}^{i}, dimana i merupakan jenis produk (i=1).

Terdapat 2 proses *renewal* yaitu proses *renewal* 1 dan 2. Produk 1 dapat diubah menjadi produk 2 dengan melewati proses *renewal* 1, yaitu *drying*. Begitu pula untuk produk 2 menjadi produk 3, harus melewati proses *renewal* 2. Untuk produk 1 jika diubah menjadi produk 3 maka harus melewati proses *renewal* 1 terlebih dahulu lalu proses *renewal* 2. Proses *renewal* akan menerima pasokan langsung dari *supplier* dan sisa produk dari fase sebelumnya. Proses *renewal* 1 akan langsung menerima pasokan cabai segar yang disimbolkan dengan S_{13t}^{1}. Kemudian cabai segar berubah menjadi cabai kering, dan masuk penyimpanan produk fase 2. Proses *renewal* 1 juga menerima sisa produk fase 1 yang disimbolkan dengan R_{23t}^{1}. Banyaknya produk yang keluar dari proses *renewal* 1 disimbolkan dengan R_{34t}^{2} , kemudian diterima pada penyimpanan produk fase kedua.

Pada proses *renewal* 2 akan menerima sisa produk dari fase kedua dan pasokan cabai segar untuk menjadi produk fase ketiga. Untuk memperoleh produk fase ketiga yaitu cabai bubuk, memiliki dua pilihan cara. Cara pertama dari cabai kering masuk proses *renewal* 2 kemudian menjadi cabai bubuk. Cara kedua mulai dari cabai segar sehingga harus melewati proses *renewal* 1 terlebih dahulu. Untuk produk yang telah selesai diproses *renewal* 1 dan dilanjutkan masuk proses *renewal* 2 disimbolkan dengan S_{13bt}^{1}. Semua produk yang disimpan melewati periode *shelflife* maka akan dianggap *salvage value*. Produk 1 memiliki *shelflife* selama 1 minggu, kemudian produk 2 dan 3 memiliki *shelflife* selama 2 minggu. Banyaknya produk yang menjadi *salvage value* disimbolkan dengan W_{t}^{i}.

Produk yang terjual pada setiap fase akan memiliki tingkat kualitas yang berbeda-beda. Produk yang terjual dengan kualitas sempurna disimbolkan dengan M_{t}^{i}, dimana i merupakan indeks jenis produk. Banyaknya produk yang terjual setelah disimpan selama 1 minggu disimbolkan dengan $M_{(t-1)}^{i}$. Begitupula dengan banyaknya produk yang terjual setelah disimpan selama 2 minggu disimbolkan dengan $M_{(t-2)}^{i}$. Penurunan kualitas produk ini akan berpengaruh terhadap harga jual produk. Jadi harga jual produk yang digunakan akan berbeda-beda tergantung pada kondisi kualitas produk yang terjual.

4.2. Model Matematis

Pada sub bab ini akan dijelaskan notasi dan model matematis untuk manajemen persediaan tiga fase. Berikut pada tabel 4.1 adalah notasi-notasinya :

Tabel 4. 1 Notasi Model

t	=	Indeks waktu selama masa perencanaan (t =1.... t_e)
t_e	=	Indeks waktu akhir masa perencanaan (t_e = 12)
i	=	Indeks jenis produk (i = 1,2,3)
j	=	Indeks asal pasokan produk (j=1,...5)
k	=	Indeks tujuan pasokan produk (k=2,...6)
S_{jkt}^{i}	=	Kuantitas pasokan produk i (i=1,2,3) yang bergerak dari j (j=1,..5) menuju k (k=2,...6) pada periode t (t=1,... t_e)
R_{jkt}^{i}	=	Kuantitas sisa produk i (i=1,2,3) yang bergerak dari j (j=2,..5) menuju k (k=3,...6) pada periode t (t=1,... t_e)
D_t^i	=	Kuantitas permintaan produk i pada periode t
I_t^i	=	Tingkat persediaan produk i pada periode t
l_t^i	=	Kuantitas *lost sales* produk fase i periode t
W_t^i	=	Kuantitas produk i yang terbuang pada periode t /*Salvage value*
M_t^i	=	Kuantitas produk i (i=1,2,3) yang terjual dengan kualitas sempurna pada periode t
$M_{(t-1)}^{i}$	=	Kuantitas produk i (i=1,2,3) yang terjual dengan penurunan kualitas ke-1 pada periode t
$M_{(t-2)}^{i}$	=	Kuantitas produk i (i=2,3) yang terjual dengan penurunan kualitas ke-2 pada periode t
PC_1	=	Biaya pembelian pasokan produk 1
PR_1	=	Biaya produksi produk 1 untuk menjadi produk 2
PR_{1b}	=	Biaya produksi produk 1 untuk menjadi produk 3
RC_1	=	Biaya proses *renewal* 1 untuk sisa produk 1 menjadi produk 2
RC_2	=	Biaya proses *renewal* 2 untuk sisa produk 2 menjadi produk 3
HC_i	=	Biaya simpan produk i
LC_i	=	Biaya *lost sales* produk i
SV_i	=	Biaya *salvage value* produk i
P_{Old}^{i}	=	Harga jual produk i (i=1,2,3) dengan kualitas sempurna

P_{new1}^{i}	=	Harga jual produk i (i=1,2,3) dengan penurunan kualitas ke 1
P_{new2}^{i}	=	Harga jual produk i (i=2,3) dengan penurunan kualitas ke 2
C_i	=	Kapasitas penyimpanan produk i
CR_1	=	Kapasitas proses *renewal* 1
CR_2	=	Kapasitas proses *renewal* 2

Model manajemen persediaan tiga fase ini memiliki fungsi tujuan maksimasi profit. Besarnya keuntungan diperoleh dengan mengurangi total pendapatan dengan seluruh biaya yang diperlukan mulai dari *purchase* hingga penyimpanan produk.

Berikut akan dijelaskan beberapa komponen biaya yang diperlukan untuk menghitung fungsi tujuan. Biaya simpan produk merupakan biaya yang dibutuhkan selama produk berada didalam penyimpanan. Biaya simpan diperoleh dengan mengalikan banyaknya produk yang disimpan dengan biaya yang telah ditentukan. Biaya simpan akan dihitung selama periode perencanaan produksi.

- Biaya simpan :

$$(I_t^1 x HC_1) + (I_t^2 x HC_2) + (I_t^3 x HC_3)$$

atau

$$\sum_{t=1}^{t_e} \sum_{i=1}^{3} (I_t^1 x HC_i)$$

Lost sales terjadi apabila terdapat permintaan produk yang tidak dapat dipenuhi. Biaya *lost sales* diperoleh dengan mengalikan banyaknya *lost sales* yang terjadi dengan biayanya.

- Biaya *Lost Sales* :

$$(l_t^1 x LC_1) + (l_t^2 x LC_2) + (l_t^3 x LC_3)$$

atau

$$\sum_{t=1}^{t_e} \sum_{i=1}^{3} (l_t^i x LC_i)$$

Biaya selanjutnya adalah biaya *purchase*, *production cost* & Proses *renewal cost*. Biaya *purchase* adalah biaya yang dibutuhkan untuk membeli produk jadi yang akan langsung masuk penyimpanan produk. Sedangkan *production cost*

didalamnya telah termasuk biaya *purchase* dan proses *renewal*. Biaya produksi dibutuhkan jika memerlukan pasokan produk yang langsung masuk proses *renewal*. Kemudian biaya proses *renewal* adalah biaya yang dibutuhkan jika produk sisa yang berasal dari penyimpanan akan masuk proses *renewal*.

- Biaya *purchase, production cost* & *proses renewal* :

$$[(S_{12t}^{1}\, xPC_1)\,] + [(S_{13t}^{1}\, xPR_1) + (S_{13bt}^{1}\, xPR_{1b})] + [(R_{23t}^{1}\, xRC_1) + (R_{45t}^{2}\, xRC_2)]$$

Beberapa biaya yang telah dijelaskan sebelumnya akan dijadikan satu menjadi total biaya produksi. Total biaya produksi yang didalamnya telah termasuk biaya simpan, *lost sales*, *purchase* dan lainnya.

- **Total Biaya Produksi :**

$$\left[\sum_{t=1}^{t_e}\sum_{i=1}^{3}(I_t^i xHC_i) + (l_t^i xLC_i)\right] + [(S_{12t}^{1}xPC_1)] + [(S_{13t}^{1}xPR_1) + (S_{13bt}^{1}xPR_{1b})] + [(R_{23t}^{1}xRC_1) + (R_{45t}^{2}xRC_2)]$$

Setelah mendapatan total biaya produksi, biaya berikutnya yang dibutuhkan untuk menghitung keuntungan adalah penjualan produk dan *salvage value*. Karena produk bersifat *perishable*, tentunya kualitas produk mempengaruhi harga jual. Oleh karena itu setiap jenis produk akan memiliki tiga tingkat kualitas produk. Penjualan produk ini akan dibagi berdasarkan tingkat kualitas produknya. Pertama akan dihitung penjualan produk dengan kualitas sempurna. Pendapatan dari penjualan produk :

- Produk yang terjual dengan kualitas sempurna :

$$(M_t^1\, x\, P_{Old}^1) + (M_t^2\, x\, P_{Old}^2) + (M_t^3\, x\, P_{Old}^3)$$

atau

$$\sum_{t=1}^{t_e}\sum_{i=1}^{3}(M_t^i xP_{Old}^i)$$

Selanjutnya akan menghitung penjualan produk dengan penurunan kualitas ke-1. Penurunan kualitas ke-1 ini adalah kondisi kualitas produk setelah disimpan selama 1 minggu. Harga jual produk dengan kualitas sempurna akan berbeda dengan harga jual produk setelah kualitasnya menurun.

- Produk yang terjual dengan penurunan kualitas ke-1:

$$(M_{(t-1)}^1\, x\, P_{new1}^1) + (M_{(t-1)}^2\, x\, P_{new1}^2) + (M_{(t-1)}^3\, x\, P_{new1}^3)$$

atau

$$\sum_{t=1}^{t_e}\sum_{i=1}^{3}\left(M_{(t-1)}^{i} x P_{new1}^{i}\right)$$

Karena produk 2 dan 3 memiliki *shelflife* selama 2 minggu, oleh karena itu kualitas produk terjadi hingga 2 minggu. Penurunan kualitas ke-2 yang artinya penurunan kualitas setelah produk disimpan selama 2 minggu. Pada perhitungan penjualan produk dengan penurunan kualitas ke-2 ini hanya untuk produk 2 dan 3. Karena produk1 memiliki *shelflife* selama 1 minggu saja, jika melewati *shelflife*nya maka tidak dapat dijual.

- Produk yang terjual dengan penurunan kualitas ke-2:

$$\left(M_{(t-2)}^{2}\, x\, P_{new2}^{2}\right) + \left(M_{(t-2)}^{3}\, x\, P_{new2}^{3}\right)$$

atau

$$\sum_{t=1}^{t_e}\sum_{i=2}^{3}\left(M_{(t-2)}^{i} x P_{new2}^{i}\right)$$

Ketiga produk yang berada dalam penyimpanan telah memiliki *shelflife*nya masing-masing. Jika produk disimpan melewati *shelflife* yang telah ditentukan, maka akan dianggap sebagai *salvage value*. Besarnya *salvage value* ini akan menjadi pendapatan yang diperoleh.

- *Salvage Value* :

$$\left(W_t^1\, x\, SV_1\right) + \left(W_t^2\, x SV_2\right) + \left(W_t^3 x SV_3\right)$$

atau

$$\sum_{t=1}^{t_e}\sum_{i=1}^{3}\left(W_t^i x SV_i\right)$$

Total pendapatan (*revenue*) diperoleh dari penjumlahan penjualan produk dengan *salvage value*. Ketiga jenis produk dengan tiga tingkat kualitas yang berbeda akan dihitung dan dijumlahkan menjadi satu.

- **Total *Revenue* :**

$$\left[\sum_{t=1}^{t_e}\sum_{i=1}^{3}\left(M_t^i x P_{Old}^i\right) + \left(M_{(t-1)}^i x P_{new1}^i\right) + \sum_{t=1}^{t_e}\sum_{i=2}^{3}\left(M_{(t-2)}^i x P_{new2}^i\right)\right] + \left[\sum_{t=1}^{t_e}\sum_{i=1}^{3}\left(W_t^i x SV_i\right)\right]$$

Setelah mendapatkan komponen biaya mulai dari biaya simpan, *lost sales* hingga total pendapatan. Maka akan diperoleh cara menghitung keuntungan yang diperoleh. Keuntungan dapat diperoleh dengan mengurangi total pendapatan dengan total biaya produksi.

❖ **Fungsi Tujuan :**

MaxZ= $\left[\sum_{t=1}^{t_e}\sum_{i=1}^{3}\left(M_t^i x P_{Old}^i\right)+\left(M_{(t-1)}^i x P_{new1}^i\right)\right]+$

$\left[\sum_{t=1}^{t_e}\sum_{i=2}^{3}\left(M_{(t-2)}^i x P_{new2}^i\right)\right]+\left[\sum_{t=1}^{t_e}\sum_{i=1}^{3}\left(W_t^i x SV_i\right)\right]-\left[\sum_{t=1}^{t_e}\sum_{i=1}^{3}\left(I_t^i x HC_i\right)+\left(l_t^i x LC_i\right)\right]+\left[\left(S_{12t}^1 x PC_1\right)\right]+\left[\left(S_{13t}^1 x PR_1\right)+\left(S_{13bt}^1 x PR_{1b}\right)\right]+\left[\left(R_{23t}^1 x RC_1\right)+\left(R_{45t}^2 x RC_2\right)\right]$.....(4.1)

Persamaan matematis 4.1 menampilkan fungsi tujuan maksimasi profit. Total pendapatan untuk setiap fase dapat diperoleh dari persamaan yang terdapat pada fungsi tujuan. Kuantitas produk yang terjual akan dikali dengan harga dari masing-masing produk setiap fase. Perhitungan penjualan produk ini dilakukan pada setiap fase mulai dari periode awal hingga akhir periode perencanaan. Harga jual produk yang digunakan akan berbeda-beda. Hal ini terjadi dikarenakan adanya penurunan kualitas selama masa penyimpanan (*shelflife*) produk. Jika produk yang terjual adalah produk yang telah disimpan selama 1 minggu, maka harga jualnya akan berbeda. Begitupula produk yang terjual dengan kualitas sempurna dan setelah disimpan selama 2 minggu.

Ketika terdapat produk yang masih tersisa dan tidak masuk dalam proses *renewal* maka akan dianggap sebagai *salvage value*. Dengan memperhatikan *shelflife* yang dimiliki produk. Jadi untuk produk yang melewati masa penyimpanannya akan dijual dengan nilai sebesar 10% dari harga beli produknya (*Salvage value*). Besarnya *salvage value* ini termasuk pendapatan, sehingga akan ditambahkan dengan penjualan produk. Maka akan diperoleh total *revenue* untuk kemudian menghitung keuntungan yang diperoleh.

Total biaya yang diperlukan selama masa perencanaan adalah biaya simpan, pembelian produk, biaya proses *renewal* dan biaya *lost sales*. Biaya pembelian adalah biaya yang dibutuhkan untuk membeli produk jadi untuk fase 1. Kemudian biaya produksi adalah biaya yang dibutuhkan untuk membeli bahan baku yaitu produk 1 kemudian masuk proses *renewal*. Sebagai contoh ketika akan

membuat cabai kering, maka akan membeli cabai segar sebagai bahan baku kemudian dilakukan proses *renewal* 1.

Biaya selanjutnya adalah biaya proses *renewal.* Biaya proses *renewal* ini adalah biaya yang dibutuhkan jika terdapat produk sisa pada penyimpanan produk yang akan masuk proses *renewal.* Karena telah berada dalam penyimpanan produk, maka biaya *purchase* telah dilakukan sebelumnya. Sehingga jika akan diubah menjadi produk lain biaya yang dibutuhkan hanya biaya untuk proses *renewal* saja. Kemudian untuk pembelian produk dan proses *renewal* akan menjadi keputusan utama untuk menentukan kuantitas produk. Bagaimana menentukan kuantitas produk untuk fase 1 kemudian sisanya akan di *renewal,* serta kuantitas produk untuk langsung masuk proses *renewal*. Keputusan tersebut akan memiliki biaya yang berbeda melalui fase 1 terlebih dahulu atau langsung masuk proses *renewal*.

Komponen biaya yang termasuk dalam total biaya produksi adalah biaya penyimpanan produk. Biaya simpan diperoleh dengan mengalikan kuantitas persediaan saat periode masa itu dengan biaya yang telah ditentukan sebelumnya. *Lost sales* akan terjadi jika persediaan produk tidak dapat memenuhi permintaan. Untuk mendapatkan *lost sales cost* dengan mengalikan kuantitas produk yang tidak terpenuhi dengan biayanya. Kehilangan penjualan atau *lost sales* akan berpengaruh pada total pendapatan yang akan diperoleh. Semakin sering terjadi *lost sales* maka akan meningkatkan total biaya produksi dan berdampak pada keuntungan yang dapat diperoleh. Dengan adanya kebijakan *lost sales* maka model akan memilih untuk menyimpan lebih banyak persediaan atau tidak.

Total biaya produksi diperoleh dengan menjumlahkan seluruh biaya yang telah dijelaskan sebelumnya. Mulai dari biaya *purchase,* produksi, proses *renewal* hingga biaya simpan dan *lost sales*. Fungsi tujuan pada penelitian ini adalah maksimasi keuntungan. Untuk menghitung keuntungan yang diperoleh adalah mengurangi total revenue dengan total biaya produksi.

Selain menghitung fungsi tujuan diperlukan batasan-batasan pada model agar mendapatkan hasil yang optimal. Dengan adanya batasan model akan dapat merepresentasikan kondisi nyata. Berikut adalah batasan-batasan yang telah dibuat, yaitu batasan kapasitas penyimpanan produk, kapasitas proses *renewal*, tingkat

persediaan, kesesuaian persediaan pada proses *renewal*, *salvage value*/ *perishability* dan *non negativity.*

Batasan pertama adalah kapasitas penyimpanan produk pada setiap fase. Model manajemen persediaan ini memiliki tiga fase yang menyimpan 3 jenis produk yang berbeda. Pada fase 1 produk yang disimpan adalah produk segar, pada penelitian ini produk yang menjadi contohnya adalah cabai segar. Fase ke 2 dan ke 3 menyimpan produk cabai yang telah diproses menjadi cabai kering dan cabai bubuk/*flakes*.

❖ Batasan ke 1 : Kapasitas penyimpanan produk

$$I^1_{(t-1)} + S^1_{12t} - D^1_t - R^1_{23t} \leq C_1 \quad \text{.....(4.2)}$$

$$I^2_{(t-1)} + R^2_{34t} - D^2_t - R^2_{45t} \leq C_2 \quad \text{.....(4.3)}$$

$$I^3_{(t-1)} + R^3_{56t} - D^3_t \leq C_3 \quad \text{.....(4.4)}$$

untuk t =1,... t_e

Pada persamaan 4.2, 4.3 dan 4.4 merupakan batasan kapasitas penyimpanan produk juga menampilkan tingkat persediaan (I^i_t) pada periode t. Pada persamaan 4.2 simbol $I^i_{(t-1)}$ melambangkan tingkat persediaan untuk jenis produk i pada periode sebelumnya (t-1). Kemudian ditambahkan dengan pasokan produk jadi untuk masuk penyimpanan produk 1, disimbolkan dengan S^1_{12t}. Setelah itu persediaan yang tersedia akan digunakan untuk memenuhi permintaan produk 1 (D^1_t). Untuk persediaan yang masih tersisa akan masuk proses *renewal*, disimbolkan dengan R^1_{23t}. Tingkat persediaan pada periode t tidak boleh melebihi kapasitas penyimpanan produk yang dilambangkan dengan C_i. Dimana i adalah jenis produk yang bernilai dari 1, 2 dan 3. Batasan ini akan digunakan selama periode perencanaan, untuk periode waktunya dilambangkan dengan t. Nilai t ini akan dimulai dari periode ke 1 hingga t_e yang berarti periode akhir perencanaan.

Dengan adanya batasan kapasitas akan membuat model memberikan solusi optimal agar fungsi tujuan tetap tercapai. Jika tidak ada kapasitas penyimpanan produk, maka keputusan yang diambil adalah dengan menyimpan produk sebanyak-banyaknya. Dengan menyimpan produk dalam jumlah besar, maka peluang *lost sales* akan berkurang dan meningkatkan total *revenue.* Tetapi dengan adanya batasan kapasitas maka model akan memberikan solusi berapa

banyak produk yang disimpan tanpa melebihi kapasitas dan tetap memperoleh keuntungan.

Batasan kedua adalah kapasitas untuk proses *renewal*, pada model ini proses *renewal* dilakukan sebanyak 2 kali. Proses *renewal* yang pertama merubah produk 1 menjadi produk 2. Kemudian proses *renewal* yang ke 2 merubah produk 2 menjadi produk 3. Jenis produk pada fase ke 1 adalah produk segar, dalam penelitian ini contoh produk yang digunakan adalah cabai segar. Dengan melakukan proses *renewal* 1 yaitu dengan cara pengeringan akan merubah produk 1 akan menjadi produk 2 yaitu cabai kering. Selanjutnya persediaan produk 3 menyimpan produk cabai bubuk/*flakes*. Dengan melakukan proses *renewal* 2 yaitu *mixer* akan merubah cabai kering menjadi cabai bubuk/*flakes*. Dengan melakukan proses *renewal* ini dapat memperpanjang umur produk yang telah diolah menjadi lebih lama.

❖ Batasan ke 2 : Kapasitas proses *renewal*

$R^1_{23t} + S^1_{13t} + S^1_{13bt} \leq CR_1$ ..... ….(4.5)

$R^2_{45t} + S^1_{13bt} \leq CR_2$ .....(4.6)

untuk t =1,... t_e

Pada persamaan 4.5 dan 4.6 menunjukkan batasan kapasitas proses *renewal*. Proses *renewal* 1 akan menerima beberapa pasokan dari sumber yang berbeda. Sisa produk (R^1_{23t}) dari penyimpanan produk 1 akan masuk pada proses *renewal* 1 jika masih tersedia kapasitasnya. Selain itu proses *renewal* juga dapat menerima pasokan langsung dari *supplier*. Pasokan yang dapat masuk proses *renewal* 1 adalah produk cabai segar. Cabai segar dapat diproses menjadi cabai kering ataupun cabai bubuk. Oleh karena itu terdapat dua jenis pasokan yang masuk proses *renewal* 1, yaitu S^1_{13t} dan S^1_{13bt} . Dimana S^1_{13t} adalah pasokan cabai segar yang akan diubah menjadi cabai kering. Sedangkan S^1_{13bt} adalah pasokan cabai segar yang akan diubah menjadi cabai bubuk. Tetapi untuk menjadi cabai bubuk harus melewati proses *renewal* 1 terlebih dahulu, kemudian langsung masuk proses *renewal* 2.

Selain memastikan tingkat persediaan pada setiap fase sudah sesuai, diperlukan keseimbangan persedian. Karena adanya proses *renewal*, maka tingkat persediaan setiap produk saling berkaitan. Oleh karena itu diperlukan batasan

keseimbangan persediaan pada proses *renewal*. Proses *renewal* berada diantara penyimpanan kedua jenis produk. Maka perlu memperhatikan berapa banyak produk yang masuk dan keluar dari proses *renewal*. Banyaknya produk yang keluar dari proses *renewal* 1 disimbolkan dengan R^2_{34t}. Produk yang masuk penyimpanan 2 adalah produk cabai kering, untuk pasokan S^1_{13bt} tidak akan masuk penyimpanan produk 2. Karena pasokan S^1_{13bt} diproses *renewal* untuk menjadi cabai bubuk. Jadi setelah masuk keluar proses *renewal* 1 akan langsung masuk proses *renewal* 2. Sehingga banyaknya produk yang keluar dari proses *renewal* 2 akan ditambahkan dengan S^1_{13bt}, kemudian masuk penyimpanan produk 3.

❖ Batasan ke 3 : Keseimbangan persediaan pada proses *renewal*

$R^2_{34t} = R^1_{23t} + S^1_{13t} - S^1_{13bt}$ ..... (4.7)

$R^3_{56t} = R^2_{45t} + S^1_{13bt}$ .....(4.8)

untuk t =1,... t_e

Batasan berikutnya adalah *perishability*, ditunjukkan pada persamaan 4.7 dan 4.8 . Batasan ini memastikan produk yang disimpan tidak melebihi *shelflife*. Sehingga dapat menjaga kualitas produk yang terjual. Produk yang telah melewati *shelflife* maka akan dianggap sebagai *salvage value*, disimbolkan dengan W_{it}. Untuk produk 1 memiliki *shelflife* 1 minggu, produk 2 dan 3 memiliki *shelflife* selama 2 minggu. Jadi ketika persediaan telah melewati *shelflife* maka akan dihitung sebagai *salvage value*.

Untuk menghitung *salvage value* dapat dilihat pada persamaan 4.9, 4.10 dan 4.11. Produk 1 maka persediaan dimulai dari minggu ke 2 dan seterusnya akan dihitung sebagai *salvage value*. Perhitungan ini dilakukan selama masa perencanaan selama 12 minggu. Dengan adanya batasan *perishability* maka dapat dipastikan produk yang rusak tidak akan terjual dan dapat menjaga kualitas produk.

❖ Batasan ke 4 : *Salvage Value (Perishability*)

$W_{1t} = \sum_{t=1}^{t_e}(I^1_2 + I^1_{(t+1)})$.....(4.9)

$W_{2t} = \sum_{t=1}^{t_e}(I^2_3 + I^2_{(t+1)})$.....(4.10)

$W_{3t} = \sum_{t=1}^{t_e}(I^3_3 + I^3_{(t+1)})$.....(4.11)

untuk t = 1,... t_e

Batasan yang terakhir adalah batasan *non negativity*. Batasan ini memastikan agar nilai yang dihasilkan tidak ada yang bernilai negatif.

❖ Batasan ke 5 : *Non-negativity*

$S_{jkt}^{i} \geq 0$ ..... (4.12)

$R_{jkt}^{i} \geq 0$ .....(4.13)

$I_{t}^{i} \geq 0$ .....(4.14)

$l_{t}^{i} \geq 0$ .....(4.15)

$W_{t}^{i} \geq 0$ .....(4.16)

$M_{t}^{i} \geq 0$ .....(4.17)

$M_{(t-1)}^{i} \geq 0$ .....(4.18)

$M_{(t-2)}^{i} \geq 0$ .....(4.19)

4.3. Penurunan Kualitas

Cabai sebagai produk *perishable* akan mengalami penurunan kualitas seiring berjalannya waktu. Pentingnya menjaga kualitas produk yang terjual pada konsumen, maka akan ditentukan *shelflife* untuk masing-masing produk. Dengan menentukan *shelflife* produk maka akan menjaga kualitas produk yang terjual. Produk cabai segar memiliki *shelflife* selama 1 minggu. Kemudian produk kedua dan ketiga adalah cabai kering dan cabai bubuk/*flakes*. Kedua produk ini memiliki *shelflife* selama 2 minggu. Apabila selama penyimpanan produk telah melewati waktu *shelflife* akan dianggap sebagai *salvage value*.

Produk *perishable* akan mengalami penurunan kualitas seiring berjalannya waktu. Karena itu penting untuk mengetahui seberapa besar penurunan kualitas yang terjadi. Penurunan kualitas ini kemudian akan berpengaruh pada harga jual produk dan mempengaruhi keuntungan yang akan diperoleh. Model penurunan kualitas yang digunakan dari Wang & Li (2012).

- Penurunan Kualitas produk :

  $q(t) = q_0 - \sum_{i=1}^{m} \lambda_i t_i$ .....(4.21)

  Ket:

  q_0 : Tingkat kualitas awal

  λ_i : Besarnya penurunan kualitas yang terjadi pada produk i

t_i : Periode waktu untuk produk i

- Diketahui:
  λ_i = 0,008 /jam

  λ_i = 1,277 /minggu

Berdasarkan dari penelitian yang dilakukan oleh Wang & Li (2012), besarnya penurunan kualitas per jam sebesar 0,008. Karena pada penelitian ini satuan waktu yang digunakan adalah minggu, maka besarnya penurunan kualitas ini akan dikonversikan menjadi satuan minggu. Dalam satu hari berarti 24 jam untuk satu minggu menjadi 168 jam. Dihitung dengan mengalikan penurunan kualitas yang terjadi per jam yaitu 0,008 dengan 168 jam untuk satu minggu. Maka penurunan kualitas yang terjadi selama satu minggu sebesar 1,277. Berikut adalah penurunan kualitas dan penurunan harga produk sesuai dengan *shelflife* masing-masing produk.

Tabel 4. 2 Penurunan kualitas

Produk	***Shelflife* (minggu)**	**Tingkat Kualitas**	***Shelflife* (minggu)**	**Tingkat Kualitas**
1	1	98,7232	-	-
2	1	98,7232	2	97,4464
3	1	98,7232	2	97,4464

Pada tabel 4.2 menampilkan besarnya penurunan kualitas yang terjadi pada produk. Pada penelitian ini diasumsikan besarnya penurunan kualitas pada ketiga produk dianggap sama. Setelah 1 minggu disimpan produk akan memiliki tingkat kualitas sebesar 98,7232 dan setelah 2 minggu sebesar 97,4464. Berikut adalah contoh perhitungan untuk memperoleh besarnya penurunan kualitas dengan menggunakan persamaan dari Wang & Li (2012) :

- Contoh perhitungan penurunan kualitas produk periode 1:
  $q(t) = q_0 - \sum_{i=1}^{m} \lambda_i t_i$

  $q(1) = 100 - (1{,}277)(1)$

  $q(1) = 98{,}7232$

Kondisi awal tingkat kualitas produk masih dalam kondisi terbaik yaitu 100%. Penurunan kualitas produk pada periode 1 diperoleh dengan mengurangi tingkat kualitas produk diperiode awal dengan besarnya penuruan kualitas yang

terjadi dikali dengan periode saat itu. Besarnya penurunan kualitas untuk satu minggu sebesar 1,277. Maka akan diperoleh tingkat kualitas produk pada periode 1 sebesar 98,7232. Dengan cara yang sama dilakukan untuk periode ke 2, maka akan diperoleh tingkat kualitas produk pada periode 2 sebesar 97,4464.

Setelah mendapatkan tingkat kualitas produk pada periode sesuai dengan *shelflife* masing-masing produk, selanjutnya adalah menghitung penurunan harga jual produk. Karena tujuan dari penelitian ini adalah maksimasi *profit*, maka penjualan produk menjadi komponen yang diperlukan untuk menghitung keuntungan yang diperoleh. Penurunan kualitas ini akan mempengaruhi harga jual produk. Berikut pada tabel 4.3 menampilkan harga awal produk dengan kualitas sempurna dan harga produk setelah terjadinya penurunan kualitas produk.

Tabel 4. 3 Penurunan Harga jual produk

t	Produk	Harga Awal Produk (Kg)	Harga Jual baru (Kg)
1	1	Rp 33,092	Rp 32,669
	2	Rp 50,306	Rp 49,664
	3	Rp 76,087	Rp 75,115
2	1	Rp 33,092	Rp -
	2	Rp 50,306	Rp 49,022
	3	Rp 76,087	Rp 74,144

Contoh perhitungan untuk produk 1 periode 1 :

P^1_{new1}= P^1_{Old}x ($q_t/100$)

P^1_{new1}= Rp 33,092 x (0,987)

P^1_{new1}=Rp 32,669 /Kg

Ketika produk disimpan selama 1 minggu maka kualitas dan harga jual produk akan turun. Penurunan harga jual produk ini diperoleh dengan mengalikan harga produk awal (ketika produk memiliki kualitas 100%) dengan kondisi tingkat kualitas produk saat itu. Untuk produk 1 (Cabai segar) memiliki harga awal sebesar Rp 33,092 /Kg turun menjadi Rp 32,669 /Kg. Begitupula dengan produk 2 memiliki harga awal sebesar Rp 50,306 /Kg, setelah disimpan selama 2 minggu turun menjadi Rp 49,022 /Kg. Penurunan harga jual produk 1 pada periode 2 tidak digunakan. Karena produk 1 memiliki *shelflife* selama 1 minggu. Jadi apabila

melewati *shellife* maka akan dianggap *salvage value*. Begitu juga untuk produk 2 dan 3 memiliki *shelflife* selama 2 minggu, lebih dari itu maka akan dihitung sebagai *salvage value.*

4.4. Desain Percobaan Numerik

Percobaan numerik dilakukan dengan beberapa skenario yang telah dibuat. Skenario diujikan pada model usulan untuk mengetahui performansi model yang telah dibuat. Untuk melakukan perhitungan numerik dengan beberapa skenario yang telah dibuat tentunya memerlukan data awal. Data-data ini dibuat sebagai inisiasi untuk membuat model dan menjalankan solver. Data tersebut meliputi *demand*, *purchase price*, biaya simpan, biaya *renewal* proses, kuantitas inisiasi persediaan, kapasitas penyimpanan produk, kapasitas *renewal* proses dan lainnya. Berikut data-data akan ditampilkan dalam bentuk tabel :

Tabel 4. 4 Data Proses Produksi

Renewal Process Time :		
Renewal Process 1	1	Weeks
Renewal Process 2	1	Weeks
Initial Inventory :		
Product 1	0	/Kg
Product 2	0	/Kg
Product 3	0	/Kg
Shelflife :		
Product 1	1	Weeks
Product 2	2	Weeks
Product 3	2	Weeks
Storage Capacity :		
Product 1	1500	/Kg
Product 2	1500	/Kg
Product 3	1500	/Kg
Renewal Process Capacity :		
Renewal Process 1	1500	/Kg
Renewal Process 2	1500	/Kg`
Total Supply Capacity :		
Total Supply Capacity	2000	Kg/Weeks

Pada tabel 4.4 menampilkan data-data yang diperlukan untuk proses produksi. Data tersebut seperti berapa lama *shelflife* yang dimiliki oleh masing-masing produk. Banyaknya produk yang tidak terjual tersebut akan dihitung sebagai *salvage value*. Kemudian juga menampilkan informasi kapasitas penyimpanan produk dan proses *renewal*. Kapasitas penyimpanan untuk semua jenis produk masing-masing sebesar 1500 kg. Sedangkan kapasitas proses *renewal* 1 dan 2 sebesar 1500 kg. Terdapat kapasitas pasokan untuk ketiga produk setiap minggu, yaitu sebesar 2000 Kg/minggu.

Tabel 4. 5 *Data Biaya Produksi*

Holding Cost :		
Product 1	Rp 42	Kg/weeks
Product 2	Rp 42	Kg/weeks
Product 3	Rp 59	Kg/weeks
Lost Sales Cost :		
Product 1	Rp 7,637	/Kg
Product 2	Rp 14,373	/Kg
Product 3	Rp 25,362	/Kg
Purchase Cost :		
Product 1	Rp 25,455	/Kg
Production cost :		
Renewal Process 1	Rp 10,437	/Kg
Renewal Process 2	Rp 14,733	/Kg
Salvage Value :		
Product 1	Rp 2,546	/Kg
Product 2	Rp 3,593	/Kg
Product 3	Rp 5,072	/Kg

Pada tabel 4.5 menampilkan data biaya-biaya yang digunakan. Biaya *purchase* cabai segar diperoleh dari (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2019). Harga rata-rata nasional cabai merah sebesar Rp 25,455. Biaya simpan pada penelitian ini menggunakan *opportunity cost*, dengan suku bunga tahunan BI 8.5% (*Bank Indonesia*, 2020). *Opportunity cost* adalah biaya yang terjadi akibat hilangnya kesempatan mendapatkan keuntungan. untuk ketiga produk. Kemudian untuk biaya *lost sales* telah diasumsikan untuk produk 1 sebesar 30% dari harga jual produk. Sedangkan untuk produk 2 dan 3 masing-masing sebesar 40% dan 50% dari harga jual produk. Biaya *lost sales* untuk produk 1

sebesar Rp 7,637 /Kg, produk 2 sebesar Rp 14,373 /Kg, dan produk 3 sebesar Rp 25,362/Kg.

Berikutnya adalah biaya proses *renewal*. Biaya proses *renewal* adalah biaya yang dibutuhkan untuk merubah cabai segar menjadi cabai kering dan cabai bubuk. Untuk memproduksi cabai kering diperlukan bahan baku cabai segar, kemudian dilakukan proses *renewal* 1. Biaya produksi untuk cabai segar menjadi cabai kering memerlukan biaya sebesar Rp 10,437 /Kg. Begitu pula untuk cabai segar yang akan diubah menjadi cabai bubuk, memerlukan biaya sebesar Rp 14,733 /Kg. Data biaya berikutnya adalah *salvage value*. Jika produk yang disimpan telah melewati *shelflife*nya, maka akan dianggap sebagai *salvage value*. Besarnya nilai *salvage value* telah diasumsikan sebesar 10 % dari harga beli produk. *Salvage value* untuk cabai segar sebesar Rp 2,546, cabai kering sebesar Rp 3,593 dan untuk cabai bubuk sebesar Rp 5,072. Total dari *salvage value* yang diperoleh ini akan dihitung sebagai pendapatan.

Data yang diperlukan berikutnya adalah tingkat permintaan dari masing-masing produk. Pada penelitian ini data tingkat permintaan bersifat deterministik. Sesuai dengan skenario yang telah dibuat untuk perhitungan numerik, dimana tingkat permintaan akan dibuat dalam berdasarkan proporsi setiap produk (*split demand*). Berikut akan ditampilkan data tingkat permintaan produk pada masing-masing skenario dalam bentuk tabel :

Tabel 4. 6 Data *Demand* Perhitungan Numerik 1

Period (weeks)	**Perhitungan Numerik 1**
	Demand (Kg)
1	2000
2	2000
3	2000
4	2000
5	2000
6	2000
7	2000
8	2000
9	2000
10	2000
11	2000
12	2000

Pada tabel 4.6 menampilkan tingkat permintaan produk untuk perhitungan numerik 1. Tingkat permintaan produk akan dibagi berdasarkan proporsi yang telah ditentukan untuk masing-masing produk. Tingkat permintaan pada skenario ini sebesar 2000 kilogram untuk semua produk selama 12 periode.

Tabel 4. 7 Data *Demand* Skenario SK2-1 Perhitungan Numerik 2

Period (weeks)	**Perhitungan Numerik 2 : Demand (Kg)**		
	Produk 1 (kg)	**Produk 2 (kg)**	**Produk 3 (kg)**
1	400	0	0
2	400	800	0
3	400	800	800
4	400	800	800
5	400	800	800
6	400	800	800
7	400	800	800
8	400	800	800
9	400	800	800
10	400	800	800
11	400	800	800
12	400	800	0

Tabel 4.7 menunjukkan tingkat permintaan produk selama 12 periode yang digunakan untuk perhitungan numerik 2. Tingkat permintaan pada skenario ini sebesar 2000 kilogram untuk semua produk selama 12 periode. Kemudian akan dilakukan *split demand* sebesar 20% untuk produk 1. Kemudian untuk produk 2 dan 3 memiliki proporsi *demand* sebesar 40%.

Tabel 4. 8 Data *Demand* Skenario SK2-2 Perhitungan Numerik 2

Period (weeks)	Perhitungan Numerik 2 : Demand (Kg)		
	Produk 1 (kg)	Produk 2 (kg)	Produk 3 (kg)
1	1200	0	0
2	1200	400	0
3	1200	400	400
4	1200	400	400
5	1200	400	400
6	1200	400	400
7	1200	400	400
8	1200	400	400
9	1200	400	400
10	1200	400	400
11	1200	400	400
12	1200	400	0

Tabel 4.8 menunjukkan tingkat permintaan produk selama 12 periode yang digunakan untuk perhitungan numerik 2. Tingkat permintaan pada skenario ini sebesar 2000 kilogram untuk semua produk selama 12 periode. Kemudian akan dilakukan *split demand* sebesar 60% untuk produk 1. Kemudian untuk produk 2 dan 3 memiliki proporsi *demand* sebesar 20%.

4.4.1. Percobaan Numerik 1

Percobaan numerik 1 dilakukan agar dapat mengetahui apakah model dapat memberikan solusi maksimasi keuntungan untuk berbagai macam tingkat permintaan produk. Data biaya produksi yang digunakan untuk perhitungan numerik dapat dilihat pada tabel 4.5. Berikut adalah skenario yang telah dibuat, dengan tujuh variasi tingkat permintaan produk yang berbeda :

Skenario: Tingkat permintaan produk diperoleh dengan melakukan *split demand*. Dengan proporsi permintaan untuk masing-masing produk telah ditentukan terlebih dahulu. Bagaimana solusi yang diberikan model menghadapi berbagai variasi tingkat permintaan produk.

Tabel 4. 9 Skenario Perhitungan Numerik 1

Skenario	Demand	Proporsi Demand		
		Produk 1	Produk 2	Produk 3
SK1-1	2000	33,3%	33,3%	33,3%
SK1-2	2000	50%	25%	25%
SK1-3	2000	25%	50%	25%
SK1-4	2000	25%	25%	50%
SK1-5	2000	100%	0%	0%
SK1-6	2000	0%	100%	0%
SK1-7	2000	0%	0%	100%

Pada tabel 4.9 menampilkan skenario untuk perhitungan numerik 1. Perhitungan numerik 1 dilakukan dengan tujuh skenario dan masing-masing diterapkan pada kondisi yang telah dijelaskan pada paragraf sebelumnya. Pada skenario SK1-1 produk 1 memiliki proporsi permintaan produk flat sebesar 33,3% dari 2000 Kg untuk setiap produk. Sehingga *demand* skenario SK1-1 untuk produk 1,2 dan 3 sebesar 666.6 Kg. Skenario SK1-2 memiliki proporsi 50% untuk tingkat permintaan produk 1, sebesar 1000 Kg. Produk 2 dan 3 memiliki tingkat perimintaan sebesar 500 Kg, dengan proporsi sebesar 25%. Kemudian untuk skenario SK1-3 permintaan produk tertinggi (50%) dimiliki oleh produk 2 sebesar 1000 Kg. Tingkat permintaan produk 1 dan 3 sebesar 500 Kg, dengan proporsi sebesar 25% dari 2000 Kg. Pada skenario SK1-4 produk 3 memiliki permintaan produk sebesar 1000 Kg, yang merupakan *demand* tertinggi dibandingkan dengan permintaan produk 2 dan 3. Untuk produk 2 dan 3 memiliki proporsi *demand* sebesar 25% dari 2000 Kg, yaitu sebesar 500 Kg.

Skenario SK1-5 memiliki proporsi tingkat permintaan tertinggi sebesar 100%, untuk produk 1. Produk 1 memiliki tingkat permintaan produk sebesar 2000 Kg. Sedangkan untuk produk 2 dan 3 memiliki tingkat permintaan sebesar 0 Kg, dengan proporsi sebesar 0%. Pada skenario SK1-6 tingkat permintaan produk tertinggi dimiliki oleh produk 2, sebesar 2000 Kg. Permintaan produk 1 dan 3 pada skenario SK1-6 sebesar 0 Kg. Kemudian skenario SK1-7 produk 3 memiliki tingkat permintaan tertinggi, dengan proporsi 100 % diperoleh permintaan produk sebesar 2000 Kg. Tingkat permintaan produk 1 dan 2 pada skenario SK1-7 sebesar 0 Kg, dengan proporsi sebesar 0%.

Hasil perhitungan numerik 1 akan dianalisa mulai dari besarnya total pasokan produk pada masing-masing skenario, dan keuntungan yang diperoleh. Kemudian juga dilakukan analisa untuk komponen biaya yang mempengaruhi besarnya keuntungan yang diperoleh. Beberapa komponen biaya tersebut seperti, pendapatan yang diperoleh, *salvage value* dan penjualan produknya secara terperinci.

Tabel 4. 10 Pasokan Produk Perhitungan Numerik 1

Skenario	**Total Supply (Kg)**		
	Produk 1	**Produk 2**	**Produk 3**
SK1-1	5927.14	8147.33	7406.67
SK1-2	10444.44	6111.11	5555.55
SK1-3	6000	9330.85	5555.55
SK1-4	4500	6111.11	10000
SK1-5	23999.98	0	0
SK1-6	0	18333.33	0
SK1-7	0	0	15000

Pada tabel 4.10 menampilkan jumlah pasokan produk dari perhitungan numerik 1. Pada skenario SK1-1 dengan proporsi permintaan produk sebesar 33.3% untuk produk 1, 2 dan 3. Produk 1 memiliki total pasokan untuk 12 periode sebesar 5927.14 Kg, kemudian total pasokan untuk produk 2 dan 3 sebesar 8147.33 Kg dan 7406.67 Kg. Pada skenario SK1-2 memiliki proporsi tingkat permintaan untuk produk 1 sebesar 50%. Kemudian proporsi tingkat permintaan untuk produk 2 dan 3 sebesar 25%. Untuk produk 2 pasokan produk dipasok sebesar 10444.44 Kg, kemudian pasokan untuk produk 2 dan 3 sebesar 611.11 Kg dan 555.55 Kg. Kemudian skenario SK1-3 memiliki proporsi *demand* untuk produk 1 dan 3 sebesar 25%. Proporsi *demand* untuk produk 2 tertinggi, yaitu sebesar 50%. Pasokan untuk produk 1 dan 3 sebesar 6000 Kg dan 5555.56 Kg. Pasokan untuk produk 2 sebesar 9330.85 Kg. Kemudian skenario SK1-4 memiliki proporsi *demand* untuk produk 1 dan 2 sebesar 25%. Untuk produk 3 memiliki proporsi *demand* tertinggi sebesar 50%. Banyaknya pasokan untuk produk 1 dan 2 sebesar 4500 Kg dan 6111.11 Kg. Kemudian pasokan untuk produk 3 sebesar 10000 Kg.

Skenario SK1-5 memiliki proporsi tingkat permintaan untuk produk 1 sebesar 100%. Kemudian tidak ada permintaan untuk produk 2 dan 3. Pasokan produk 1 sebesar 23999.98 Kg, dan tidak ada pasokan untuk produk 2 dan 3.

Skenario SK1-6 memiliki proporsi tingkat permintaan untuk produk 2 sebesar 100%. Sama dengan skenario SK1-5, tidak ada permintaan untuk produk 2 dan 3. Pasokan produk 2 sebesar 18333.33 Kg, dan tidak ada pasokan produk 1 dan 3. Skenario terakhir adalah SK1-7, produk 3 memiliki proporsi *demand* tertinggi sebesar 100%. Pasokan produk 3 sebesar 15000 Kg, dan tidak ada pasokan untuk produk 1 dan 2.

Tabel 4. 11 *Lost sales* Perhitungan Numerik 1

Skenario	**Lost sales (Kg)**		
	Produk 1	**Produk 2**	**Produk 3**
SK1-1	2072.06	0.01	0
SK1-2	1555.56	0	0
SK1-3	0	2602.24	0
SK1-4	1500	0	900
SK1-5	0.02	0	0
SK1-6	0	5500	0
SK1-7	0	0	5850

Pada tabel 4.11 menampilkan *lost sales* yang terjadi pada perhitungan numerik 1. Skenario SK1-1 memiliki tingkat permintaan produk flat untuk ketiga produk. Proporsi permintaan untuk ketiga produk sebesar 33.3 % dari 2000 Kg, sehingga *demand* untuk ketiga produk masing-masing sebesar 666.66 Kg. Pada skenario SK1-1 terjadi *lost sales* terbanyak pada produk 1, yaitu sebesar 2072.06 Kg. Pasokan produk 2 hanya terjadi *lost sales* sebesar 0.01 Kg dan tidak terjadi *lost sales* pada produk 3. Skenario SK1-2 memiliki proporsi *demand* untuk produk 1 sebesar 50% dan produk 2 dan 3 sebesar 25%. *Lost sales* terjadi pada produk 1, yaitu sebesar 1500 Kg. Produk 2 dan 3 tidak terjadi *lost sales*.

Skenario SK1-3 memiliki proporsi *demand* tertinggi pada produk 2, sebesar 50%. Kemudian untuk produk 1 dan 3 proporsi *demand* yang dimiliki sebesar 25%. Pada skenario SK1-3 *lost sales* terjadi pada produk 2, sebesar 2602.24 Kg. Skenario SK1-4 memiliki proporsi *demand* tertinggi pada produk 3, sebesar 50%. Kemudian produk 1 dan 2 memiliki proporsi *demand* sebesar 25%. Pada skenario SK1-4 terjadi *lost sales* pada produk 1 dan 3, sebesar 1500 Kg dan 900 Kg.

Pada skenario SK1-5 proporsi *demand* tertinggi dimiliki oleh produk 1 sebesar 100% dan pada produk 2 dan 3 tidak memiliki *demand*. Pada skenario SK

5 *lost sales* yang terjadi hanya pada produk 1, sebesar 0.02 Kg. Skenario SK1-6 memiliki proporsi *demand* tertinggi sebesar 2, yaitu 100%. Pada produk 2 terjadi *lost sales* pada produk 2 sebesar 5500 Kg. Pada skenario SK1-7, memiliki proporsi *demand* tertinggi pada produk 3. Terjadi *lost sales* pada produk 3 sebesar 5850 Kg, dan tidak terjadi *lost sales* untuk produk 1 dan 2.

Tabel 4. 12 Keuntungan Hasil Perhitungan Numerik 1

Skenario	**Total Revenue**	**Total Production Cost**	**Profit**
SK1-1	Rp 1,021,489,070	Rp 855,724,032	Rp 165,765,037
SK1-2	Rp 964,697,742	Rp 750,766,479	Rp 213,931,262
SK1-3	Rp 963,400,436	Rp 767,161,953	Rp 196,238,484
SK1-4	Rp 1,041,899,634	Rp 842,349,102	Rp 199,550,532
SK1-5	Rp 794,195,288	Rp 610,919,617	Rp 183,275,671
SK1-6	Rp 830,055,976	Rp 671,263,525	Rp 158,792,451
SK1-7	Rp 924,453,853	Rp 892,545,098	Rp 31,908,756

Pada tabel 4.12 menampilkan total *revenue*, *production cost* dan *profit* untuk perhitungan numerik 1. Total *revenue* adalah total pendapatan yang diperoleh dari penjualan produk 1, 2 dan 3. Kemudian total *production cost* adalah total biaya produksi yang dibutuhkan selama 12 periode. Pada total *production cost* termasuk didalamnya terdapat biaya pembelian bahan baku, biaya proses *renewal*, biaya simpan, dan biaya *lost sales*. Fungsi tujuan pada penelitian ini adalah maksimasi *profit*. Besarnya keuntungan diperoleh dari selisih total *revenue* dan biaya produksi. Pada skenario SK1-1 memiliki tingkat permintaan *flat* untuk ketiga produk. Total *revenue* yang diperoleh pada skenario SK1-1 sebesar Rp 1,021,489,070. Kemudian total biaya produksi yang dibutuhkan pada skenario SK1-1 sebesar Rp 855,724,032. Pada skenario SK1-1 memperoleh keuntungan sebesar Rp 165,765,037.

Skenario SK1-2 memiliki proporsi *demand* yang berbeda-beda untuk setiap produknya. Produk 1 memiliki proporsi *demand* sebesar 50%, sedangkan produk 2 dan 3 memiliki proporsi *demand* sebesar 25%. Pada skenario SK1-2 total *revenue* yang diperoleh sebesar Rp 964,697,742. Kemudian total biaya produksi yang dibutuhkan sebesar Rp 750,766,479. Pada skenario SK1-2 memperoleh keuntungan sebesar Rp 213,931,262. Selanjutnya skenario SK1-3 memiliki proporsi *demand* tertinggi pada produk 2, yaitu sebesar 50%. Proporsi *demand*

untuk produk 1 dan 3 sebesar 25%. Pada skenario SK1-3 memperoleh total *revenue* sebesar Rp 963,400,436. Kemudian total biaya produksi yang dibutuhkan pada skenario SK1-3 sebesar Rp 767,161,953. Pada skenario SK1-3 memiliki keuntungan sebesar Rp 196,238,484. Skenario SK1-4 memiliki proporsi *demand* tertinggi pada produk 3, yaitu sebesar 50%. Sedangkan produk 1 dan 2 memiliki proporsi *demand* sebesar 25%. Pada skenario SK1-4 total *revenue* yang diperoleh sebesar Rp 1,041,899,634. Sedangkan total biaya produksi yang dibutuhkan sebesar Rp 842,349,102. Pada skenario SK1-4 memperoleh keuntungan sebesar Rp 199,550,532.

Pada skenario SK1-5 memiliki proporsi *demand* untuk produk 1 sebesar 100%. Sedangkan untuk produk 2 dan 3 tidak memiliki *demand*. Pada skenario SK1-5 total *revenue* yang diperoleh sebesar Rp 794,195,288. Total biaya produksi yang dibutuhkan pada skenario SK1-5 sebesar Rp 610,919,617. Pada skenario SK1-5 memperoleh keuntungan sebesar Rp 183,275,671. Skenario SK1-6 memiliki proporsi *demand* tertinggi pada produk 2, sebesar 100%. Produk 1 dan 3 tidak memiliki *demand*. Total *revenue* yang diperoleh pada skenario SK1-6 sebesar Rp 830,055,976. Total biaya produksi yang dibutuhkan sebesar Rp 671,263,525, dan keuntungan yang diperoleh sebesar Rp 158,792,451. Pada skenario SK1-7 memiliki proporsi *demand* untuk produk 3, sebesar 100%. Pada skenario SK1-7 produk 1 dan 2 tidak memiliki *demand*. Total *revenue* yang diperoleh pada skenario SK1-7 sebesar Rp 924,453,853. Kemudian total biaya produksi yang dibutuhkan sebesar Rp 892,545,098. Pada skenario SK1-7 memiliki keuntungan sebesar Rp 31,908,756.

Pada paragraf sebelumnya, telah ditampikan total *revenue*, total biaya produksi dan keuntungan yang diperoleh dari perhitungan numerik 1. Total *revenue* diperoleh dari penjumlahan *revenue* dan *salvage value*. *Revenue* adalah pendapatan yang diperoleh dari penjualan ketiga produk. Sedangkan *salvage value* diperoleh dari produk yang tidak terjual karena telah melewati *shelflife* yang dimiliki produk tersebut.

Tabel 4. 13 *Revenue* dan *Salvage Value* Perhitungan Numerik 1

Skenario	Revenue	Salvage Value	Total
SK1-1	Rp1,021,489,070	Rp -	Rp1,021,489,070
SK1-2	Rp 964,697,742	Rp -	Rp 964,697,742
SK1-3	Rp 963,400,436	Rp -	Rp 963,400,436
SK1-4	Rp1,041,899,634	Rp -	Rp1,041,899,634
SK1-5	Rp 794,195,288	Rp -	Rp 794,195,288
SK1-6	Rp 830,055,976	Rp -	Rp 830,055,976
SK1-7	Rp 924,453,853	Rp -	Rp 924,453,853

Pada tabel 4.13 menampilkan *revenue* dan *salvage value* yang diperoleh dari perhitungan numerik 1. Pada skenario SK1-1 memiliki *revenue* sebesar Rp 1,021,489,0700, dan tidak terjadi *salvage value*. Sehingga diperoleh total *revenue* pada skenario SK1-1 sebesar Rp 1,021,489,0700. Pada skenario SK1-2 *revenue* yang diperoleh sebesar Rp 964,697,742, dan tidak terjadi *salvage value*. Pada skenario SK1-2 diperoleh total *revenue* sebesar Rp 964,697,742,. Kemudian skenario SK1-3 memiliki *revenue* sebesar Rp 963,400,436 dan tidak terjadi *salvage value*. Pada skenario SK1-4 memiliki *revenue* sebesar Rp 1,041,899,634 dan tidak terjadi *salvage value*. Pada skenario SK1-5 memiliki *revenue* sebesar Rp 794,195,288, dan tidak terjadi *salvage value*. Kemudian *revenue* yang diperoleh pada skenario SK1-6 sebesar Rp 830,055,976, dan tidak terjadi *salvage value*. Pada skenario SK1-7 memiliki *revenue* sebesar Rp 924,453,853 dan tidak terjadi *salvage value*.

Total *revenue* merupakan komponen biaya yang mempengaruhi keuntungan yang diperoleh. Pendapatan diperoleh dari penjualan produk. Setiap produk terjual dengan berbagai tingkat kualitas. Produk 1 terjual dengan kualitas sempurna dan produk yang memiliki penurunan kualitas ke 1. Penurunan kualitas ke 1 adalah ketika produk terjual setelah disimpan selama 1 minggu. Sedangkan produk 2 dan 3 terjual dengan kualitas sempurna, produk terjual dengan penurunan kualitas ke 1 dan ke 2. Sama dengan penurunan kualitas ke1, yang dimaksud dengan penurunan kualitas ke 2 adalah kualitas produk setelah disimpan selama 2 minggu. Tingkat kualitas yang dimiliki produk ketika produk terjual berpengaruh pada harga jualnya. Harga jual produk akan menurun ketika tingkat kualitas produk juga turun.

Tabel 4. 14 Penjualan Produk Skenario SK1-1 Perhitungan Numerik 1

SK1-1	**Penjualan Produk (Kg)**		
	100% Quality	**Quality deterioration 1**	**Quality deterioration 2**
Produk 1	5927.14	0.00	0.00
Produk 2	7332.59	0.00	0.00
Produk 3	5999.40	0.00	0.00
Total	**19259.13**	**0.00**	**0.00**
	Penjualan Produk (Rp)		
Produk 1	Rp 196,138,076	Rp -	Rp -
Produk 2	Rp 368,876,536	Rp -	Rp -
Produk 3	Rp 456,474,458	Rp -	Rp -
Total	**Rp 1,021,489,070**	**Rp -**	**Rp -**

Pada tabel 4.14 menampilkan penjualan secara terperinci untuk semua produk sesuai dengan tingkat kualitasnya ketika terjual. Pada skenario SK1-1 memiliki proporsi *demand flat* untuk ketiga produk. Proporsi *demand* untuk ketiga produk sebesar 33.33 % dari 2000 Kg. Sehingga produk 1, 2 dan 3 memiliki *demand* sebesar 666.66 Kg. Produk 1 dengan kualitas sempurna terjual sebanyak 5927.14 Kg. Kemudian produk 2 dan 3 terjual sebanyak 7332.59 Kg dan 5999.40 Kg, terjual dengan kondisi kualitas sempurna.

Produk 1,2 dan 3 tidak ada yang terjual setelah mengalami penurunan kualitas produk. Pendapatan yang diperoleh dari penjualan produk 1 sebesar Rp 196,138,076. Pada produk 2 dan 3 memperoleh pendapatan sebesar Rp 368,876,536 dan Rp 456,474,458. Total penjualan yang diperoleh dari penjualan ketiga jenis produk sebesar Rp 1,021,489,070. Total penjualan pada skenario SK1-1 diperoleh hanya dari penjualan produk dengan kualitas sempurna.

Tabel 4. 15 Penjualan Produk Skenario SK1-2 Perhitungan Numerik 1

SK1-2	Penjualan Produk (Kg)		
	100% Quality	**Quality deterioration 1**	**Quality deterioration 2**
Produk 1	10444.44	0.00	0.00
Produk 2	5500.00	0.00	0.00
Produk 3	4500.00	0.00	0.00
Total	**2444.44**	**0.00**	**0.00**
	Penjualan Produk (Rp)		
Produk 1	Rp 345,622,329	Rp -	Rp -
Produk 2	Rp 276,685,210	Rp -	Rp -
Produk 3	Rp 342,390,202	Rp -	Rp -
Total	**Rp 964,697,742**	**Rp -**	**Rp -**

Pada tabel 4.15 menampilkan penjualan produk dari skenario SK1-2 perhitungan numerik 1. Pada skenario SK1-2 memiliki proporsi *demand* tertinggi pada produk 1, yaitu sebesar 50% dari 2000 Kg. Sedangkan untuk produk 2 dan 3 memiliki proporsi *demand* sebesar 25%. Produk 1 terjual sebesar 910444.44 Kg dengan kualitas sempurna. Kemudian produk 2 dan 3 terjual sebesar 5500 Kg dan 4500 Kg. Pada skenario SK1-2 tidak terdapat produk yang terjual setelah mengalami penurunan kualitas. Pendapatan yang diperoleh dari penjualan produk 1 sebesar Rp 345,622,329. Produk 2 dan 3 memperoleh pendapatan sebesar Rp 276,685,210 dan Rp 342,390,202. Sehingga total penjualan produk yang diperoleh dari skenario SK1-2 sebesar Rp 964,697,742.

Tabel 4. 16 Penjualan Produk Skenario SK1-3 Perhitungan Numerik 1

SK1-3	Penjualan Produk (Kg)		
	100% Quality	**Quality deterioration 1**	**Quality deterioration 2**
Produk 1	5999.97	0.00	0.00
Produk 2	8397.76	0.00	0.00
Produk 3	4500.00	0.00	0.00
Total	**18897.73**	**0.00**	**0.00**
	Penjualan Produk (Rp)		
Produk 1	Rp 198,547,852	Rp -	Rp -
Produk 2	Rp 422,461,407	Rp -	Rp -
Produk 3	Rp 342,390.201	Rp -	Rp -
Total	**Rp 963,399,460**	**Rp -**	**Rp -**

Pada tabel 4.16 menampilkan penjualan produk dengan tingkat kualitasnya ketika terjual. Pada skenario SK1-3 memiliki proporsi *demand* tertinggi pada produk 2, yaitu sebesar 50% dari 2000 Kg. Sedangkan untuk produk 1 dan 3 memiliki proporsi *demand* sebesar 25%. Pada skenario SK1-3 hanya terdapat produk yang terjual dengan kualitas sempurna. Pada produk 1 terjual sebesar 5999.97Kg, sedangkan produk 2 dan 3 terjual sebesar 8397.76 Kg dan 4500 Kg. Penjualan produk 1 diperoleh sebesar Rp 198,547,852. Kemudian untuk produk 2 dan 3 diperoleh penjualan sebesar Rp 422,461,407 dan Rp 342,390.201.

Tabel 4. 17 Penjualan Produk Skenario SK1-4 Perhitungan Numerik 1

SK1-4	**Penjualan Produk (Kg)**		
	100% Quality	**Quality deterioration 1**	**Quality deterioration 2**
Produk 1	4500.00	0.00	0.00
Produk 2	5500.00	0.00	0.00
Produk 3	8100.00	0.00	0.00
Total	**18100.00**	**0.00**	**0.00**
	Penjualan Produk (Rp)		
Produk 1	Rp 148,911,726	Rp -	Rp -
Produk 2	Rp 276,685,202	Rp -	Rp -
Produk 3	Rp 616,302,706	Rp -	Rp -
Total	**Rp 1,041,899,634**	**Rp -**	**Rp -**

Pada tabel 4.17 menampilkan penjualan produk dengan tingkat kualitasnya ketika terjual. Pada skenario SK1-4 memiliki proporsi *demand* tertinggi untuk produk 3, yaitu sebesar 50% dari 2000 Kg. Sedangkan untuk produk 1 dan 2 memiliki proporsi *demand* sebesar 25%. Pada skenario SK1-3 penjualan hanya dari produk yang memiliki kualitas sempurna. Produk 1 terjual sebesar 4500.00 Kg, kemudian produk 2 dan 3 terjual sebesar 5500 Kg dan 8100.00 Kg. Pendapatan yang diperoleh dari penjualan produk 1 sebesar Rp 148,911,726. Kemudian produk 2 dan 3 memperoleh pendapatan sebesar Rp 276,685,202 dan Rp 616,302,706.

Tabel 4. 18 Penjualan Produk Skenario SK1-5 Perhitungan Numerik 1

SK1-5	Penjualan Produk (Kg)		
	100% Quality	**Quality deterioration 1**	**Quality deterioration 2**
Produk 1	23999.98	0.00	0.00
Produk 2	0.00	0.00	0.00
Produk 3	0.00	0.00	0.00
Total	**23999.98**	**0.00**	**0.00**
	Penjualan Produk (Rp)		
Produk 1	Rp 794,195,288	Rp -	Rp -
Produk 2	Rp -	Rp -	Rp -
Produk 3	Rp -	Rp -	Rp -
Total	**Rp 794,195,288**	**Rp -**	**Rp -**

Pada tabel 4.18 menampilkan penjualan produk dengan tingkat kualitasnya pada skenario SK1-5. Skenario SK1-5 memiliki proporsi *demand* tertinggi pada produk 1, sebesar 100% dari 2000 Kg. Kemudian tidak terdapat *demand* untuk produk 2 dan 3. Penjualan untuk produk 1 sebesar 23999.98 Kg, dengan pendapatan yang diperoleh sebesar Rp 794,195,288. Pada skenario SK 5 tidak terdapat produk 1 yang terjual dengan kualitas yang telah menurun.

Tabel 4. 19 Penjualan Produk Skenario SK1-6 Perhitungan Numerik 1

SK1-6	Penjualan Produk (Kg)		
	100% Quality	**Quality deterioration 1**	**Quality deterioration 2**
Produk 1	0.00	0.00	0.00
Produk 2	16500.00	0.00	0.00
Produk 3	0.00	0.00	0.00
Total	**16500.00**	**0.00**	**0.00**
	Penjualan Produk (Rp)		
Produk 1	Rp -	Rp -	Rp -
Produk 2	Rp 830,055,976	Rp -	Rp -
Produk 3	Rp -	Rp -	Rp -
Total	**Rp 830,055,976**	**Rp -**	**Rp -**

Pada tabel 4.19 menampilkan penjualan produk dengan tingkat kualitasnya pada skenario SK1-6. Skenario SK1-6 memiliki proporsi *demand* tertinggi untuk produk 2, sebesar 100%. Tidak ada *demand* untuk produk 1 dan 3. Penjualan produk

2 dengan kualitas sempurna sebesar 16500 Kg. Tidak terdapat produk 2 yang terjual setelah mengalami penurunan kualitas. Total pendapatan yang diperoleh dari penjualan produk 2 sebesar Rp 830,055,976

Tabel 4. 20 Penjualan Produk Skenario SK1-7 Perhitungan Numerik 1

SK1-7	**Penjualan Produk (Kg)**		
	100% Quality	**Quality deterioration 1**	**Quality deterioration 2**
Produk 1	0.00	0.00	0.00
Produk 2	0.00	0.00	0.00
Produk 3	12150.00	0.00	0.00
Total	**12150.00**	**0.00**	**0.00**
	Penjualan Produk (Rp)		
Produk 1	Rp -	Rp -	Rp -
Produk 2	Rp -	Rp -	Rp -
Produk 3	Rp 924,453,853	Rp -	Rp -
Total	**Rp 924,453,853**	**Rp -**	**Rp -**

Pada tabel 4.20 menampilkan penjualan produk dengan tingkat kualitasnya untuk skenario SK1-7. Skenario SK1-7 memiliki proporsi *demand* tertinggi untuk produk 3, yaitu sebesar 100% dari 2000 Kg. Produk 1 dan 3 tidak memiliki *demand.* Penjualan produk 3 pada skenario SK1-7 sebesar 12150 Kg, dan memperoleh pendapatan sebesar Rp 924,453,853. Tidak terdapat produk 2 yang terjual setelah mengalami penurunan kualitas.

Selain total pendapatan yang diperoleh, komponen biaya yang mempengaruhi keuntungan adalah total biaya produksi. Total biaya produksi terdiri dari biaya simpan, biaya *lost sales*, biaya *purchase* dan biaya proses *renewal*. Biaya *purchase* adalah biaya yang dibutuhkan ketika membeli produk 1 untuk langsung disimpan pada penyimpanan produk. Terdapat dua proses *renewal*, proses *renewal* 1 merubah produk 1 menjadi produk 2. Kemudian proses *renewal* 2 merubah produk 2 menjadi produk 3. Pada biaya proses *renewal* 1 telah termasuk biaya *purchase* produk 1 sebagai bahan baku. Sedangkan biaya proses *renewal* 2 adalah biaya yang dibutuhkan untuk produk 1 yang telah selesai diproses *renewal* 1, kemudian dilanjutkan masuk proses *renewal* 2 untuk menjadi produk 3. Pada biaya proses *renewal* 1 dan 2 juga terdapat biaya ketika terdapat produk sisa dari produk

1 dan 2 untuk masuk proses *renewal*. Jika terdapat sisa produk 1 yang belum terjual, dan kapasitas proses *renewal* masih tersedia maka sisa produk dapat diproses.

Tabel 4. 21 *Purchase cost, production cost 1, production cost 2, holding cost* & *Lost sales cost* Perhitungan Numerik 1

Skenario	**Total Production Cost**				
	Purchase cost for product 1	**Renewal Process cost 1**	**Renewal Process cost 2**	**Holding cost**	**Lost sales cost**
SK1-1	Rp150,875,443	Rp600,638,459	Rp88,386,672	Rp -	Rp15,823,459
SK1-2	Rp265,863,330	Rp450,524,085	Rp22,499,993	Rp -	Rp11,879,072
SK1-3	Rp152,729,877	Rp554,529,366	Rp22,499,992	Rp 1	Rp37,402,716
SK1-4	Rp114,547,481	Rp653,020,846	Rp40,500,009	Rp -	Rp34,380,766
SK1-5	Rp610,919,452	Rp -	Rp -	Rp-	Rp 164
SK1-6	Rp -	Rp592,210,575	Rp -	Rp -	Rp79,052,950
SK1-7	Rp -	Rp683,425,961	Rp60,750,000	Rp -	Rp148,369,137

Pada tabel 4.21 menampilkan komponen biaya yang termasuk dalam total biaya produksi untuk pehitungan numerik 1. Pada skenario SK1-1 ketika *demand* produk *flat*, memiliki biaya *purchase* sebesar Rp 150,875,443. Kemudian untuk menghasilkan produk 2 memerlukan biaya proses *renewal* 1 sebesar Rp 600,638,459. Biaya proses *renewal* 2 yang dibutuhkan pada skenario SK 1 sebesar Rp 88,386,672. Pada skenario SK1-1 tidak memiliki biaya simpan dan *lost sales* yang terjadi sebesar Rp 15,823,459 Skenario SK1-2 memiliki proporsi *demand* tertinggi untuk produk 1, sebesar 50% dari 2000 Kg. Sedangkan produk 2 dan 3 memiliki proporsi *demand* sebesar 25%. Pada skenario SK1-1 biaya *purchase* yang dibutuhkan sebesar Rp 265,863,330. Kemudian biaya produksi 1 dan 2 yang dibutuhkan sebesar Rp 450,524,085 dan Rp 22,499,993. Pada skenario SK1-2 *lost sales* yang terjadi memiliki biaya sebesar Rp 11,879,072, dan tidak terdapat biaya simpan produk.

Skenario SK 3 memiliki proporsi *demand* tertinggi untuk produk 2, yaitu sebesar 50% dari 2000 Kg. Sedangkan untuk produk 1 dan 3 memiliki proporsi *demand* sebesar 25%. Biaya *purchase* yang dibutuhkan skenario SK1-3 sebesar Rp 152,729,877. Kemudian biaya proses *renewal* 1 dan 2 yang dibutuhkan sebesar Rp 554,529,366 dan Rp 22,499,992. Pada skenario SK1-3 *lost sales* yang terjadi memiliki biaya sebesar Rp 37,402,716, dan tidak terdapat biaya simpan produk. Skenario SK1-4 memiliki proporsi *demand* tertinggi pada produk 3, yaitu sebesar

50% dari 2000 Kg. Sedangkan produk 1 dan 2 memiliki proporsi *demand* sebesar 25%. Biaya *purchase* yang dibutuhkan pada skenario SK1-4 sebesar Rp 114,547,481. Kemudian biaya proses *renewal* 1 dan 2 yang dibutuhkan sebesar Rp 653,020,846 dan Rp 40,500,009 Biaya *lost sales* sebesar Rp 34,380,766, dan tidak terdapat biaya simpan yang dibutuhkan pada skenario SK1-4.

Pada skenario SK1-5 memiliki proporsi *demand* sebesar 100% dari 2000 Kg untuk produk 1. Sedangkan untuk produk 2 dan 3 tidak terdapat *demand.* Biaya *purchase* yang dibutuhkan pada skenario SK1-5 sebesar Rp 610,919,452. Karena tidak terdapat *demand* untuk produk 2 dan 3 maka biaya proses *renewal* 1 dan 2 tidak ada. Pada skenario SK1-5 *lost sales* yang terjadi sebesar Rp 159, dan tidak terdapat biaya simpan produk. Skenario SK1-6 memiliki proporsi *demand* sebesar 100% untuk produk 2. Sedangkan untuk poduk 1 dan 3 tidak terdapat *demand.* Biaya yang dibutuhkan pada skenario SK1-6 hanya biaya proses *renewal* 1 saja, yaitu sebesar Rp 592,210,575. Terjadi *lost sales* pada skenario SK1-6 dengan biaya sebesar Rp 79,052,950.

Skenario terakhir adalah skenario SK1-7, pada skenario SK1-7 memiliki proporsi *demand* sebesar 100% dari 2000 Kg untuk produk 3. Sedangkan untuk produk 1 dan 2 tidak terdapat *demand*. Biaya yang dibutuhkan adalah biaya produksi 1 dan 2. Karena untuk membuat produk 3, bahan baku harus melewati 2 proses *renewal* terlebih dahulu. Biaya proses *renewal* 1 dan 2 yang dibutuhkan sebesar Rp 683,425,961 dan Rp 60,750,000. Pada skenario SK1-7 tidak terdapat biaya simpan, dan biaya *lost sales* sebesar Rp 148,369,137.

4.4.2. Percobaan Numerik 2

Percobaan numerik 2 dilakukan untuk mengetahui apakah model yang telah dibuat dapat memberikan solusi optimal ketika mengalami situasi khusus. Skenario akan dilakukan dengan merubah biaya *purchase* produk 1. Ketika biaya *purchase* produk 1 berubah, maka akan berpengaruh terhadap biaya yang dibutuhkan untuk membuat produk 1 dan 2. Biaya proses *renewal* 1 adalah biaya yang dibutuhkan untuk membuat produk 2, dengan melakukan proses *renewal* 1. Sedangkan biaya proses *renewal* 2 adalah biaya yang dibutuhkan untuk membuat produk 3. Produk 3 diperoleh dari bahan baku yang telah diproses *renewal* 1 terlebih

dahulu, kemudian dilanjutkan proses *renewal* 2. Data *demand* untuk perhitungan numerik 2 dapat dilihat pada tabel 4.7 dan 4.8. Berikut adalah skenario yang telah dibuat :

SK2-1 : Biaya *purchase* produk 1 meningkat sebesar 50%, sehingga harga jual produk 1 juga akan meningkat. Karena harga jual produk 1 mahal maka akan mempengaruhi tingkat permintaan produk 1. Tingkat permintaan produk 1 akan menurun. Sedangkan harga jual untuk produk 2 dan 3 akan berubah satu minggu setelahnya. Hal ini terjadi karena untuk membuat produk 2 dan 3 harus melewati proses *renewal* 1 terlebih dahulu. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses *renewal* 1 selama satu minggu.

SK2-2 : Biaya *purchase* produk 1 menurun sebesar 50%, sehingga harga jual produk 1 juga akan menurun. Karena harga jual produk 1 murah maka akan mempengaruhi tingkat permintaan produk 1. Tingkat permintaan produk 1 akan meningkat. Sedangkan harga jual untuk produk 2 dan 3 akan berubah satu minggu setelahnya. Hal ini terjadi karena untuk membuat produk 2 dan 3 harus melewati proses *renewal* 1 terlebih dahulu. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses *renewal* 1 selama satu minggu.

Perhitungan numerik 2 dilakukan untuk melihat bagaimana SOLVER memutuskan besarnya pasokan optimal agar maksimasi profit tetap tercapai. Hasil perhitungan numerik 2 akan dianalisa mulai dari total *supply*, besarnya keuntungan yang diperoleh, pendapatan yang diperoleh, *salvage value* dan penjualan produknya secara detail.

Tabel 4. 22 Skenario Perhitungan Numerik 2

Skenario	**Demand**	**Proporsi Demand**			**Biaya Purchase**
		Produk 1	**Produk 2**	**Produk 3**	**Produk 1**
SK2-1	2000	20.0%	40.0%	40.0%	Meningkat 50%
SK2-2	2000	60.0%	20.0%	20.0%	Menurun 50%

Pada tabel 4.22 menampilkan rancangan skenario untuk perhitungan numerik 2. Terdapat dua skenario berbeda, dimana skenario SK2-1 memiliki kondisi ketika biaya *purchase* produk 1 naik sebesar 50%. Biaya *purchase* yang meningkat akan mempengaruhi harga jual produk 1. Sedangkan harga jual untuk

produk 2 dan 3 akan berubah satu minggu setelahnya. Kemudian pada skenario SK2-2 memiliki biaya *purchase* produk 1 menurun sebesar 50%. Biaya *purchase* yang menurun akan mempengaruhi harga jual produk 1.Sedangkan harga jual untuk produk 1 dan 3 akan berubah satu minggu setelahnya.

Tabel 4. 23 Harga Jual Produk Skenario SK2-1 Perhitungan Numerik 2

t	Produk	Harga Jual setelah purchase cost meningkat 50%	Harga Jual setelah penurunan kualitas
0	1	**Rp 49,637**	
	2	Rp 50,306	
	3	Rp 76,087	
1	1	**Rp 49,637**	Rp 49,003
	2	**Rp 77,790**	Rp 76,797
	3	**Rp136,703**	Rp134,958
2	1	Rp 49,637	Rp -
	2	Rp 77,790	Rp 75,804
	3	Rp136,703	Rp133,212

Pada tabel 4.23 menampilkan harga jual produk untuk skenario SK2-1. Harga jual produk dipengaruhi oleh perubahan biaya *purchase* dan tingkat kualitas produk. Ketika periode masa kini (t=0) harga jual produk yang berubah hanya harga jual produk 1 saja. Karena untuk membuat produk 2 dan 3 memiliki *lead time* masing-masing selama 1 minggu untuk proses *renewal* 1 dan 2. Sehingga harga jual produk 2 dan 3 akan berubah mengikuti perubahan biaya *purchase* setelah satu minggu kemudian.

Karena produk yang menjadi objek bersifat *perishable*, sehingga penurunan kualitas akan terjadi. Besarnya penurunan kualitas yang terjadi pada setiap produk sesuai dengan *shelflife* yang dimiliki. Produk 1 memiliki *shelflife* selama 1 minggu, kemudian produk 2 dan 3 memiliki *shelflife* selama 2 minggu. Terdapat tiga tingkat kualitas produk yang terjual. Produk dapat terjual ketika kualitasnya masih sempurna (100%). Kemudian terdapat produk yang terjual

setelah mengalami penurunan kualitas 1 dan 2. Penurunan kualitas 1 dan 2 artinya ketika produk terjual setelah disimpan selama satu dan dua minggu.

Tabel 4. 24 Harga Jual Produk Skenario SK2-2 Perhitungan Numerik 2

t	Produk	Harga Jual setelah penurunan purchase cost	Harga Jual setelah penurunan kualitas
0	**1**	Rp 16,546	
	2	Rp 50,306	
	3	Rp 76,087	
1	**1**	Rp 16,546	Rp 16,334
	2	Rp 37,062	Rp 36,589
	3	Rp 85,793	Rp 84,689
2	**1**	Rp 16,546	Rp -
	2	Rp 37,062	Rp 36,116
	3	Rp 85,793	Rp 83,602

Pada tabel 4.24 menampilkan harga jual produk untuk skenario SK2-2. Harga jual produk dipengaruhi oleh perubahan biaya *purchase* dan tingkat kualitas produk. Pada skenario SK2-2 biaya *purchase* produk mengalami penurunan sebesar 50%. Ketika periode masa kini (t=0) harga jual produk yang berubah hanya harga jual produk 1 saja. Karena untuk membuat produk 2 dan 3 memiliki *lead time* masing-masing selama 1 minggu untuk proses *renewal* 1 dan 2. Sehingga harga jual produk 2 dan 3 akan berubah mengikuti perubahan biaya *purchase* setelah satu minggu kemudian.

Karena produk yang menjadi objek bersifat *perishable*, sehingga penurunan kualitas akan terjadi. Besarnya penurunan kualitas yang terjadi pada setiap produk sesuai dengan *shelflife* yang dimiliki. Produk 1 memiliki *shelflife* selama 1 minggu, kemudian produk 2 dan 3 memiliki *shelflife* selama 2 minggu. Terdapat tiga tingkat kualitas produk yang terjual. Produk dapat terjual ketika kualitasnya masih sempurna (100%). Kemudian terdapat produk yang terjual

setelah mengalami penurunan kualitas 1 dan 2. Penurunan kualitas 1 dan 2 artinya ketika produk terjual setelah disimpan selama satu dan dua minggu.

Tabel 4. 25 Pasokan Produk Perhitungan Numerik 2

Skenario	**Total Supply (Kg)**		
	Produk 1	**Produk 2**	**Produk 3**
SK2-1	3638.54	7469.14	8888.88
SK2-2	11679.02	4888.89	4444.44

Pada tabel 4.25 menampilkan banyaknya pasokan produk untuk setiap skenario pada perhitungan numerik 2. Pada skenario SK2-1 memiliki biaya *purchase* produk 1 meningkat sebesar 50%. Total pasokan untuk produk 1 yang dibutuhkan sebesar 3866.67 Kg. Total pasokan produk 2 dan 3 pada skenario SK2-1 sebesar 7469.14 Kg dan 8888.89 Kg. Pada skenario SK2-2, memiliki biaya *purchase* produk 1 menurun sebesar 50%. Total pasokan yang dibutuhkan sebesar 11679.02 Kg untuk produk 1. Sedangkan untuk produk 2 dan 3 total pasokan yang dibutuhkan sebesar 4888.89 Kg dan 4444.44 Kg.

Tabel 4. 26 *Lost sales* Perhitungan Numerik 2

Skenario	**Lost sales (Kg)**		
	Produk 1	**Produk 2**	**Produk 3**
SK2-1	1161.46	2077.77	0.00
SK2-2	2720.98	0.00	0.00

Pada tabel 4.26 menampilkan banyaknya *lost sales* yang terjadi pada kedua skenario di perhitungan numerik 2. Skenario SK2-1 memiliki biaya *purchase* produk 1 meningkat sebesar 50%. Pada skenario SK2-1 *lost sales* yang terjadi sebesar 1161.46 Kg. Sedangkan untuk produk 2 dan 3, *lost sales* yang terjadi sebesar 2077.77 Kg dan 0.00 Kg. Kemudian skenario SK2-2 memiliki biaya *purchase* produk 1 menurun sebesar 50%. Pada skenario SK2-2 besarnya *lost sales* yang terjadi sebesar 2720.98 Kg untuk produk 1. Sedangkan tidak terjadi *lost sales* pada produk 2, dan produk 3.

Tabel 4. 27 Keuntungan Hasil Perhitungan Numerik 2

Skenario	Total Revenue	Total Production Cost	Profit
SK2-1	Rp1,687,795,780	Rp1,047,303,836	Rp 640,491,944
SK2-2	Rp 665,168,611	Rp 440,931,818	Rp 224,236,739

Pada tabel 4.27 menampilkan keuntungan yang diperoleh dari perhitungan numerik 2. Pada skenario SK2-1 ketika biaya *purchase* produk 1 meningkat sebesar 50%, total *revenue* yang diperoleh sebesar Rp 1,687,795,780. Kemudian total biaya produksi yang dibutuhkan sebesar Rp1,047,303,836. Pada skenario SK2-1 besarnya keuntungan yang diperoleh sebesar Rp 640,491,944. Berikutnya adalah skenario SK2-2, skenario ini memiliki biaya *purchase* produk 1 menurun sebesar 50%. Pada skenario SK2-2 total *revenue* yang diperoleh sebesar Rp 665,168,611. Sedangkan total biaya produksi yang dibutuhkan sebesar Rp 440,931,818. Pada skenario SK2-2 keuntungan yang diperoleh sebesar Rp 224,236,739.

Pada paragraf sebelumnya, telah ditampikan total *revenue*, total biaya produksi dan keuntungan yang diperoleh dari perhitungan numerik 2. Total *revenue* diperoleh dari penjumlahan *revenue* dan *salvage value*. *Revenue* adalah pendapatan yang diperoleh dari penjualan ketiga produk. Sedangkan *salvage value* diperoleh dari produk yang tidak terjual karena telah melewati *shelflife* yang dimiliki produk tersebut.

Tabel 4. 28 *Revenue* dan *Salvage Value* Perhitungan Numerik 2

Skenario	Revenue	Salvage Value	Total
SK2-1	Rp1,687,795,780	Rp -	Rp1,687,795,780
SK2-2	Rp 665,168,611	Rp -	Rp 665,168,611

Pada tabel 4.28 menampilkan *revenue* dan *salvage value* dari perhitungan numerik 2. Pada skenario SK2-1 memiliki *revenue* sebesar Rp 1,687,795,780 dan tidak terdapat *salvage value*. Sehingga total *revenue* yang diperoleh sebesar Rp1,687,795,780. Kemudian pada skenario SK2-2 memperoleh *revenue* sebesar Rp 665,168,611. Pada skenario SK2-2 tidak terdapat *salvage value,* sehingga total *revenue* yang diperoleh sebesar Rp 665,168,611.

Tabel 4. 29 Penjualan Produk Minggu ke 1 Skenario SK2-1 Perhitungan Numerik 2

SK2-1 (Weeks 1)	Penjualan Produk (Kg)		
	100% Quality	Quality deterioration 1	Quality deterioration 2
Produk 1	0.00	0.00	0.00
Produk 2	0.00	0.00	0.00
Produk 3	0.00	0.00	0.00
Total	**0.00**	**0.00**	**0.00**
	Penjualan Produk (Rp)		
Produk 1	Rp-	Rp-	Rp-
Produk 2	Rp-	Rp-	Rp-
Produk 3	Rp-	Rp-	Rp-
Total	**Rp-**	**Rp-**	**Rp-**

Pada tabel 4.29 menampilkan penjualan produk dengan tingkat kualitasnya pada skenario SK2-1 perhitungan numerik 2. Pada skenario SK2-1 memiliki biaya *purchase* produk 1 meningkat sebesar 50%. Penjualan produk ketika minggu ke 1 memiliki harga jual produk yang berbeda. Ketika minggu ke 1 harga jual produk yang berubah karena perubahan biaya *purchase* hanya poduk 1 saja. Sedangkan unutk harga jual produk 2 dan 3 hanya dipengaruhi oleh penurunan kualitas produk. Pada skenario SK2-1 tidak terdapat produk yang terjual, baik dengan kualitas sempurna atau setelah mengalami penurunan kualitas.

Tabel 4. 30 Penjualan Produk Minggu ke 2-12 Skenario SK2-1 Perhitungan Numerik 2

SK2-1 (Weeks 2-12)	Penjualan Produk (Kg)		
	100% Quality	Quality deterioration 1	Quality deterioration 2
Produk 1	3638.54	0.00	0.00
Produk 2	6722.23	0.00	0.00
Produk 3	7200.00	0.00	0.00
Total	**17560.77**	**0.00**	**0.00**
	Penjualan Produk (Rp)		
Produk 1	Rp 180,607,364	Rp-	Rp-
Produk 2	Rp 522,925,383	Rp-	Rp-
Produk 3	Rp 984,253,033	Rp-	Rp-
Total	**Rp 1,687,795,780**	**Rp-**	**Rp-**

Pada tabel 4.30 menampilkan penjualan produk pad aminggu ke 2 hingga 12. Pada tabel juga ditampilkan kondisi tingkat kualitas produk ketika terjual. Pada skenario SK2-1 memiliki biaya *purchase* produk 1 meningkat sebesar 50%. Penjualan produk dengan kualitas sempurna sebesar 3638.54 Kg untuk produk 1. Sedangkan produk 2 dan 3 sebesar 6722.23 Kg dan 7200.00 Kg, terjual dengan kualitas sempurna. Pada skenario SK2-1 tidak terdapat produk yang terjual setelah mengalami penurunan kualitas. Pendapatan yang diperoleh dari penjualan produk 1 dengan kualitas sempurna sebesar Rp 180,607,364. Kemudian penjualan produk 2 dan 3 dengan kualitas sempurna sebesar Rp 522,925,383 dan Rp 984,253,033. Total penjualan produk yang diperoleh skenario SK2-1 sebesar Rp 1,687,795,780.

Tabel 4. 31 Penjualan Produk Skenario SK2-3 Perhitungan Numerik 2

SK2-2 (Weeks 1)	**Penjualan Produk (Kg)**		
	100% Quality	**Quality deterioration 1**	**Quality deterioration 2**
Produk 1	0.00	0.00	0.00
Produk 2	0.00	0.00	0.00
Produk 3	0.00	0.00	0.00
Total	**0.00**	**0.00**	**0.00**
	Penjualan Produk (Rp)		
Produk 1	Rp-	Rp-	Rp-
Produk 2	Rp-	Rp-	Rp-
Produk 3	Rp-	Rp-	Rp-
Total	**Rp-**	**Rp-**	**Rp-**

Pada tabel 4.31menampilkan penjualan produk dengan tingkat kualitasnya ketika terjual minggu ke 1 untuk skenario SK2-2. Pada skenario SK2-2 memiliki biay apurchase produk 1 menurun sebesar 50%. Penjualan produk ketika minggu ke 1 memiliki harga jual produk yang berbeda. Ketika minggu ke 1 harga jual produk yang berubah karena perubahan biaya *purchase* hanya poduk 1 saja. Sedangkan unutk harga jual produk 2 dan 3 hanya dipengaruhi oleh penurunan kualitas produk. Pada skenario SK2-2 tidak terdapat produk yang terjual, baik dengan kualitas sempurna atau setelah mengalami penurunan kualitas.

Tabel 4. 32 Penjualan Produk Minggu ke 1-12 Skenario SK2-2 Perhitungan Numerik 2

SK2-2 (Weeks 2-12)	Penjualan Produk (Kg)		
	100% Quality	Quality deterioration 1	Quality deterioration 2
Produk 1	11679.02	0.00	0.00
Produk 2	4400.00	0.00	0.00
Produk 3	3600.00	0.00	0.00
Total	**19679.01**	**0.00**	**0.00**
	Penjualan Produk (Rp)		
Produk 1	Rp193,238,121	Rp-	Rp-
Produk 2	Rp163,074,801	Rp-	Rp-
Produk 3	Rp308,855,688	Rp-	Rp-
Total	**Rp665,168,611**	**Rp-**	**Rp-**

Pada tabel 4.32 menampilkan penjualan produk dengan tingkat kualitasnya ketika terjual minggu ke 1 untuk skenario SK2-2. Pada skenario SK2-2 memiliki biay apurchase produk 1 menurun sebesar 50%. Penjualan produk ketika minggu ke 1 memiliki harga jual produk yang berbeda. Ketika minggu ke 1 harga jual produk yang berubah karena perubahan biaya *purchase* hanya poduk 1 saja. Sedangkan untuk harga jual produk 2 dan 3 hanya dipengaruhi oleh penurunan kualitas produk. Pada skenario SK2-2 tidak terdapat produk yang terjual, baik dengan kualitas sempurna atau setelah mengalami penurunan kualitas.

Penjualan produk dengan kualitas sempurna sebesar 11679.02 Kg untuk produk 1. Sedangkan produk 2 dan 3 sebesar 4400.00 Kg dan 3600.00 Kg, terjual dengan kualitas sempurna. Pada skenario SK2-2 tidak terdapat produk yang terjual setelah mengalami penurunan kualitas. Pendapatan yang diperoleh dari penjualan produk 1 dengan kualitas sempurna sebesar Rp 193,238,121. Kemudian penjualan produk 2 dan 3 dengan kualitas sempurna sebesar Rp 163,074,801 dan Rp 308,855,688. Total penjualan produk yang diperoleh skenario SK2-1 sebesar Rp 665,168,611.

Selain total pendapatan yang diperoleh, komponen biaya yang mempengaruhi keuntungan adalah total biaya produksi. Total biaya produksi terdiri dari biaya simpan, biaya *lost sales*, biaya *purchase* dan biaya proses *renewal*. Biaya *purchase* adalah biaya yang dibutuhkan ketika membeli produk 1 untuk langsung disimpan pada penyimpanan produk. Terdapat dua proses *renewal*, proses *renewal*

1 merubah produk 1 menjadi produk 2. Kemudian proses *renewal* 2 merubah produk 2 menjadi produk 3. Pada biaya produksi 1 telah termasuk biaya *purchase* produk 1 sebagai bahan baku dan biaya proses *renewal* 1. Sedangkan biaya produksi 2 adalah biaya yang dibutuhkan untuk produk 1 yang telah selesai diproses *renewal* 1, kemudian dilanjutkan masuk proses *renewal* 2 untuk menjadi produk 3. Pada biaya produksi 1 dan 2 juga terdapat biaya ketika terdapat produk sisa dari produk 1 dan 2 untuk masuk proses *renewal*. Jika terdapat sisa produk 1 yang belum terjual, dan kapasitas proses *renewal* masih tersedia maka sisa produk dapat diproses.

Tabel 4. 33 *Purchase cost, production cost 1, production cost 2, holding cost* & *Lost sales cost* Perhitungan Numerik 2

Skenario	**Total Production Cost**				
	Purchase cost	**Renewal Process cost 1**	**Renewal Process cost 2**	**Holding cost**	**Lost sales cost**
SK2-1	Rp138,928,742	Rp833,641,187	Rp35,999,976	Rp -	Rp38,733,931
SK2-2	Rp148,644,709	Rp253,508,255	Rp17,999,991	Rp -	Rp20,778,864

Pada tabel 4.35 menampilkan biaya *purchase*, biaya produksi 1 dan 2, biaya simpan dan *lost sales cost* untuk perhitungan numerik 2. Pada skenario SK2-1 ketika biaya *purchase* produk meningkat sebesar 50%, biaya *purchase* yang dibutuhkan sebesar Rp 138,928,742. Kemudian biaya proses *renewal* 1 dan 2 yang dibutuhkan sebesar Rp 833,641,187 dan Rp 35,999,976. Pada skenario SK2-1 tidak terdapat biaya simpan produk dan biaya *lost sales* yang terjadi sebesar Rp 38,733,931. Pada skenario SK2-2 ketika biaya *purchase* produk 1 menurun sebesar 50%, biaya *purchase* yang dibutuhkan sebesar Rp 148,644,709. Kemudian biaya proses *renewal* 1 dan 2 yang dibutuhkan sebesar Rp 253,508,255 dan Rp 17,999,991. Pada skenario SK2-2 tidak terdapat biaya simpan produk dan biaya *lost sales* yang terjadi sebesar Rp 20,778,864.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5
ANALISA DAN PEMBAHASAN

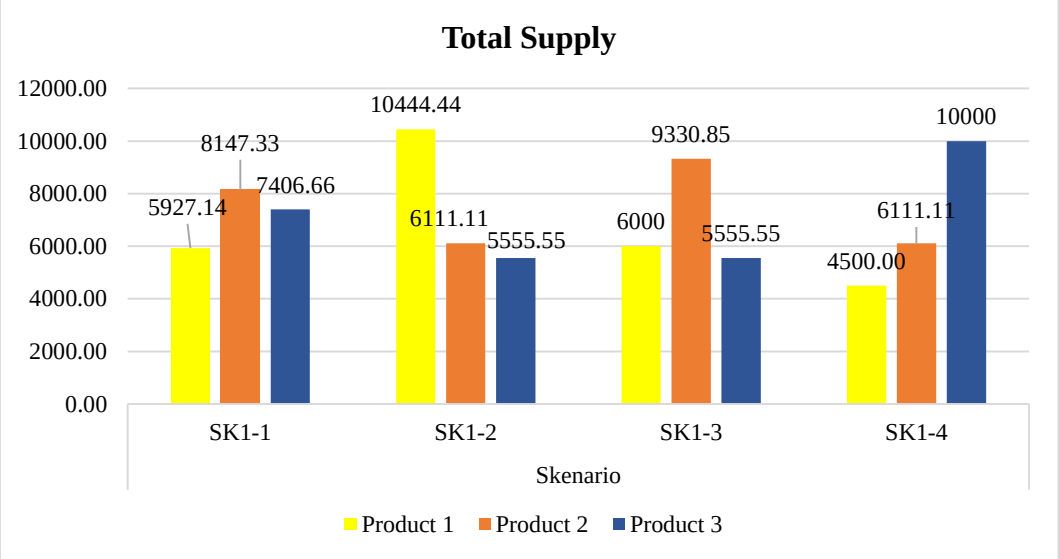
Pada bab ini akan dilakukan analisa dan pembahasan hasil perhitungan numerik. Perhitungan numerik dilakukan dengan beberapa skenario yang telah dibuat. Terdapat dua perhitungan numerik, perhitungan numerik 1 dilakukan pada model dengan merubah proporsi tingkat permintaan produk. Kemudian perhitungan numerik 2 bertujuan untuk melihat solusi model ketika menghadapi situasi nyata. Skenario yang telah dibuat diharapkan mampu merepresentasikan kondisi nyata. Kondisi tersebut seperti ketika biaya *purchase* meningkat, maka akan mempengaruhi harga jual produk pula. Tingkat permintaan produk akan menurun karena harga jual produk yang mahal.

5.1. Analisa & Pembahasan Perhitungan Numerik 1

Perhitungan numerik 1 memiliki tujuh skenario dengan proporsi tingkat permintaan produk yang berbeda-beda. Tingkat permintaan produk tersebut diperoleh dengan melakukan split *demand*. Skenario SK1-1 memiliki proporsi *demand* untuk produk 1,2 dan 3 sebesar 33.3% dari 2000 Kg. Kemudian skenario SK1-2 memiliki proporsi *demand* tertinggi untuk produk 1 yaitu 50% dari 2000 Kg. Sedangkan proporsi *demand* untuk produk 2 dan 3 sebesar 25% dari 2000 Kg. Pada skenario SK1-3 proporsi *demand* tertinggi dimiliki oleh produk 2 yaitu sebesar 50% dari 2000 Kg. Sedangkan *demand* untuk produk 1 dan 3 sebesar 25% dari 2000 Kg. Skenario SK1-4 memiliki proporsi *demand* tertinggi pada produk 3, yaitu sebesar 50% dari 2000 Kg. Sedangkan proporsi *demand* untuk produk 1 dan 2 sebesar 25% dari 2000 Kg.

Skenario SK1-5 memiliki situasi yang lebih ekstrim dibandingkan skenario sebelumnya. Pada skenario SK1-5 proporsi *demand* sebesar 100% hanya untuk produk 1. Sedangkan produk 2 dan 3 tidak memiliki *demand*. Pada skenario SK1-6 proporsi *demand* tertinggi sebesar 100% untuk produk 2, dan tidak terdapat *demand* untuk produk 1 dan 3. Skenario terakhir atau SK1-7 memiliki proporsi *demand* tertinggi untuk produk 3. Kedua produk lainnya yaitu produk 1 dan 2 tidak memiliki *demand*. Skenario yang telah dibuat ini bertujuan untuk melihat bagaimana model memberikan solusi pasokan yang optimal agar maksimasi profit

dapat diperoleh. Analisa dilakukan mulai dari pasokan produk untuk ketiga produk pada setiap skenario.



Gambar 5. 1 Pasokan Produk SK1-1, SK1-2, SK1-3 dan SK1-4 untuk Perhitungan Numerik 1

Pada gambar 5.1 menampilkan banyaknya pasokan produk untuk kelima skenario. Pada skenario SK1-1 proporsi *demand* yang dimiliki ketiga produk sama besarnya, yaitu 33.33% dari 2000 Kg. Ketika *demand* flat untuk ketiga jenis produk, pasokan tertinggi dimiliki oleh produk 2. Pasokan terbanyak berikutnya adalah produk 3 dan pasokan terendah dimiliki oleh produk 1. Produk 2 dan 3 dihasilkan dengan melakukan proses *renewal.* Terdapat 2 proses *renewal*, masing-masing proses *renewal* membutuhkan waktu proses selama satu minggu. Selain itu produk 2 dan 3 akan mengalami penyusutan setelah diproses *renewal.* Walaupun produk 2 dan 3 memiliki waktu proses dan terjadi penyusutan, tetapi kedua produk ini memiliki harga jual yang tinggi. Karena kedua produk ini telah diproses sehingga memiliki nilai tambah dibandingkan produk 1. Jika dibandingkan dengan produk 1, produk 2 dan 3 lebih menguntungkan untuk dijual.

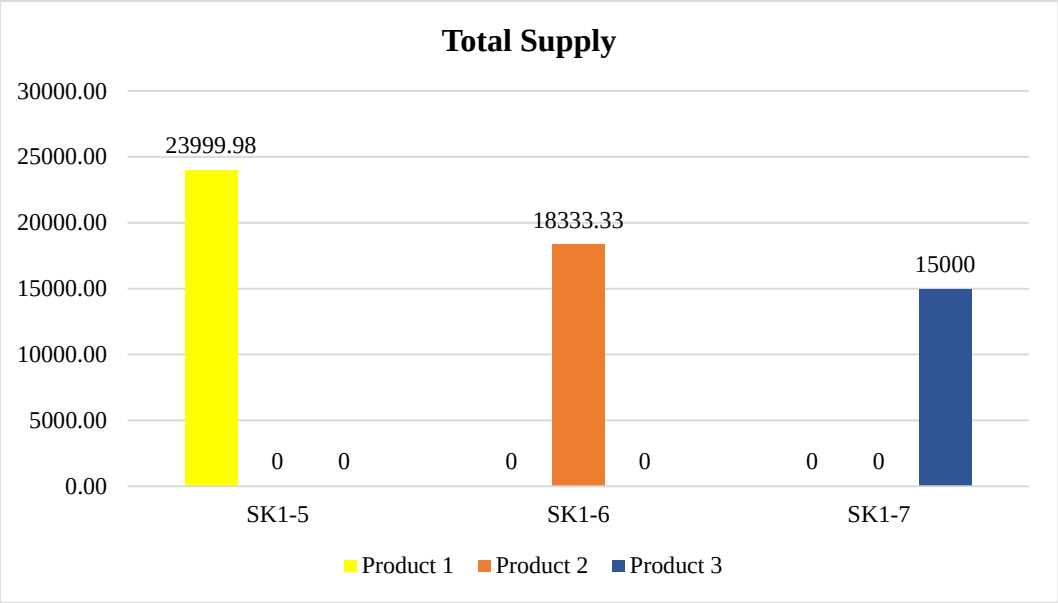
Walaupun produk 3 memiliki harga jual tertinggi, tetapi pasokan untuk produk 3 tidak lebih besar dari pasokan produk 2. Model memilih untuk memasok produk 2 karena produk 2 juga dapat diubah menjadi produk 3 dengan melalui proses *renewal* 2. Selain itu pada produk 2 dan 3 mengalami penyusutan ketika masuk proses *renewal.* Pada proses *renewal* 1 dan 2 masing-masing terjadi

penyusutan sebesar 10%. Sehingga pasokan untuk produk 2 dan 3 harus lebih besar dibandingkan *demand* produknya.

Pada skenario SK1-2 proporsi *demand* tertinggi dimiliki oleh produk 1, yaitu sebesar 50% dari 2000 Kg. Produk 2 dan 3 memiliki proporsi *demand* sebesar 25%. Pada skenario SK1-2 pasokan tertinggi dimiliki oleh produk 2, ketika proporsi *demand* produk 2 hanya sebesar 25%. Tingkat permintaan tertinggi pada skenario SK1-2 dimiliki oleh produk 1. Produk 1 memiliki pasokan terendah karena memenuhi *demand* produk 1 saja tidak akan memberikan keuntungan yang lebih baik. Produk 2 dan 3 dapat memberikan keuntungan yang lebih besar, selain itu pada kedua produk memiliki lost *sales cost* yang tinggi pula. Setiap minggu terdapat kapasitas pasokan untuk ketiga jenis produk. Kemudian terjadi penyusutan pada proses *renewal*, membuat pasokan untuk produk 2 dan 3 harus lebih tinggi.

Pada skenario SK1-3 proporsi *demand* tertinggi dimiliki oleh produk 2, yaitu sebesar 50% dari 2000 Kg. Jika dilihat pada gambar 5.1 pada grafik pasokan tertinggi juga dimiliki oleh produk 2. Sama dengan skenario SK1-2 walaupun *demand* produk 2 rendah, tetapi produk 2 dipasok lebih banyak. Pada skenario SK1-3 produk 2 memiliki *demand* tertinggi. Sehingga pasokan produk 2 akan lebih tinggi dibandingkan kedua produk lainnya. Pada skenario SK1-4 proporsi *demand* tertinggi dimiliki oleh produk 3, yaitu sebesar 50% dari 2000 Kg. Proporsi *demand* produk 1 dan 2 sebesar 25% dari 2000 Kg. Pada skenario SK1-4 produk 3 memiliki pasokan tertinggi dibandingkan produk lainnya.

Pada skenario SK1-3 dan SK1-4 pasokan produk yang dimiliki sesuai dengan proporsi *demand* tertinggi. Pada skenario SK1-3 ketika proporsi *demand* produk 2 tinggi, maka pasokan produk 2 tinggi. Pasokan tertinggi setelah produk 2 dimiliki oleh produk 3. Begitupula dengan skenario SK1-4, ketika proporsi *demand* produk 3 tinggi maka pasokan akan tinggi. Kemudian pasokan tertinggi setelahnya dimiliki oleh produk 2. Ketika demand produk 2 dan 3 dipenuhi maka total *revenue* yang diperoleh akan lebih tinggi dibandingkan biaya produksi yang dibutuhkan. Hal ini terjadi karena kedua produk memiliki nilai tambah dan *shelflife* yang lebih lama dibandingkan produk 1.



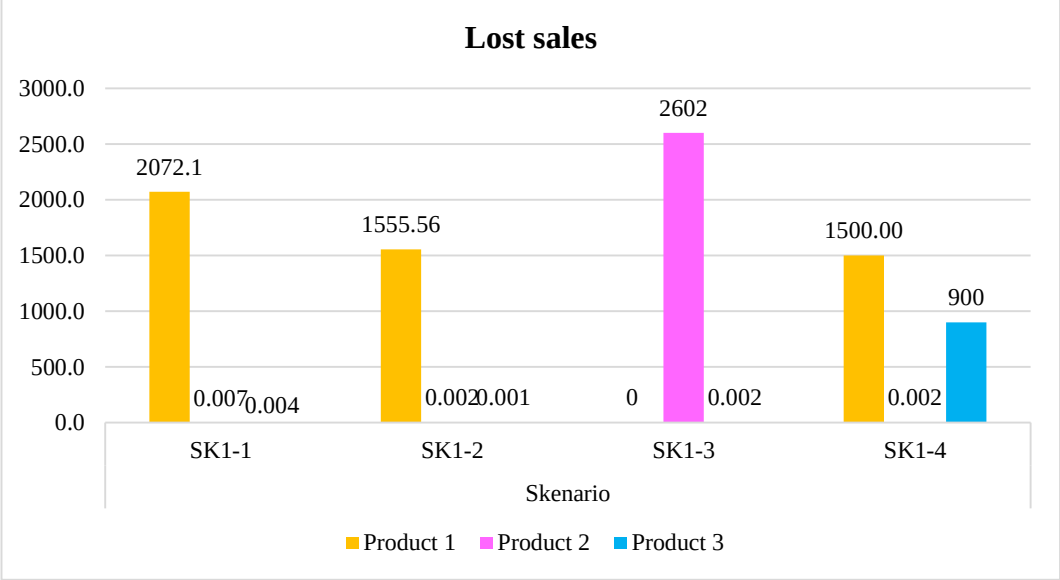
Gambar 5. 2 Pasokan Produk SK1-5, SK1-6, dan SK1-7 untuk Perhitungan Numerik 1

Pada gambar 5.2 menampilkan tiga skenario terakhir yaitu skenario SK1-5 , SK1-6 dan SK1-7. Ketiga skenario ini memiliki proporsi *demand* yang ekstrim dibandingkan skenario sebelumnya. Pada skenario SK1-5 proporsi *demand* sebesar 100% untuk produk 1, sedangkan kedua produk lainnya tidak memiliki *demand*. Begitupula dengan skenario SK1-6, proporsi *demand* tertinggi dimiliki oleh produk 2, sebesar 100% dari 2000 Kg. Pada skenario SK1-7 produk 3 memiliki proporsi *demand* tertinggi sebesar 100%.

Jika dilihat antara ketiga skenario produk 1 memiliki total pasokan tertinggi dibandingkan kedua produk lainnya. Walaupun produk 2 dan 3 mengalami penyusutan, sehingga pasokan untuk kedua produk telah mempertimbangkan besarnya penyusutan yang terjadi. Ketika produk 2 dan 3 mengalami penyusutan, seharusnya pasokan yang dimiliki akan lebih besar. Tetapi pasokan untuk produk 1 tertinggi dibandingkan pasokan produk 2 dan 3. Hal ini terjadi karena produk 2 dan 3 membutuhkan waktu pada proses *renewal* 1 dan 2.

Waktu yang dibutuhkan pada proses *renewal* 1 dan 2 masing – masing selama satu minggu. Kemudian untuk menghasilkan produk 3, harus melewati proses *renewal* 1 terlebih dahulu kemudian dilanjutkan masuk proses *renewal* 2. Sehingga untuk menghasilkan produk 3 memiliki waktu proses *renewal* selama 2 minggu. Sehingga *demand* yang dapat terpenuhi akan terbatas karena adanya waktu

proses *renewal*. Karena itu pasokan produk 2 dan 3 lebih rendah dibandingkan produk 1.



Gambar 5. 3 *Lost sales* skenario SK1-1, SK1-2, SK1-3, dan SK1-4 untuk Perhitungan Numerik 1

Pada gambar 5.3 menampilkan besarnya *lost sales* yang terjadi pada setiap skenario. Rincian biaya *lost sales* yang terjadi dapat dilihat pada tabel 4.11. Pada skenario SK1-1 memiliki proporsi *demand* sebesar 33.3% untuk semua jenis produk. *Lost sales* tertinggi terjadi pada produk 1, kemudian produk 2 dan 3 juga terjadi *lost sales*. Pada grafik 5.1 menampilkan banyaknya pasokan untuk setiap produk, pada skenario SK1-1 pasokan tertinggi dimiliki oleh produk 2 dan 3. Kedua produk ini lebih diproritaskan untuk dipenuhi *demand* produknya. Karena dapat menghasilkan total *revenue* yang lebih tinggi. *Lost sales* terjadi pada produk 1 karena terdapat kapasitas produk setiap minggu. Selain itu produk 2 dan 3 memerlukan pasokan yang lebih besar karena terjadi penyusutan produk ketika masuk proses *renewal*. Selain itu produk 2 dan 3 memiliki biaya *lost sales* yang lebih besar dibandingkan biaya *lost sales* produk 1.

Pada skenario SK1-2 memiliki proporsi *demand* tertinggi untuk produk 1, yaitu sebesar 50% dari 2000 Kg. Pada gambar 5.1 diketahui bahwa pasokan produk 1 terendah dibandingkan kedua produk lainnya. Hal ini terjadi karena pada skenario SK1-2 produk 1 mengalami *lost sales* yang sangat tinggi. Jika dibandingkan dengan skenario lainnya, lost sales produk 1 pada skenario SK1-2 adalah yang paling besar.

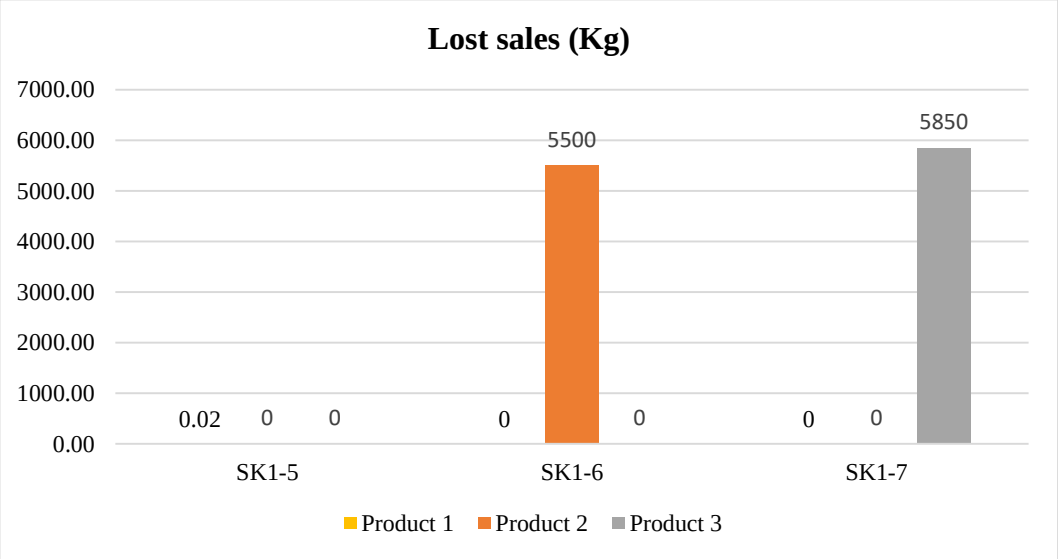
Hal ini terjadi karena pada skenario SK1-2 produk 1 memiliki demand tertinggi. Walaupun produk 1 memiliki *demand* tertinggi, tetapi tetap terjadi *lost sales* pada produk 1. Jika hanya memenuhi *demand* untuk produk 1 saja maka keuntungan yang diperoleh akan rendah. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, produk 2 dan 3 lebih memberikan keuntungan dibandingkan produk 1. Karena itu walaupun produk 1 memiliki *demand* yang tinggi, tetapi tidak memberikan keuntungan yang lebih baik. Selain itu adanya kapasitas pasokan produk juga menjadi pertimbangan. Agar keuntungan yang diperoleh lebih besar, maka *demand* untuk produk 2 dan 3 tetap diusahakan untuk dipenuhi. Karena itu kapasitas pasokan tidak dapat digunakan sepenuhnya hanya untuk produk 1 saja.

Pada skenario SK1-3 memiliki proporsi *demand* sebesar 50% untuk produk 2. *Lost sales* tertinggi tetap terjadi pada produk 1, kemudian produk 2 dan produk 3 memiliki *lost sales* terendah. Produk 2 mengalami *lost sales* karena *demand* produknya tertinggi, sehingga terkendala karena terdapat kapasitas pasokan. *Lost sales* tertinggi dimiliki oleh produk 1, ketika proporsi *demand* produk 1 dan 3 sama. Karena produk 3 memiliki harga jual yang lebih tinggi dibandingkan produk 1, sehingga lebih menguntungkan. Hal inilah yang membuat *lost sales* pada produk 1 selalu terjadi, walaupun *demand* produk 1 tinggi atau rendah.

Selanjutnya skenario SK1-4 memiliki proporsi *demand* sebesar 50% untuk produk 3. Sama dengan skenario SK1-3, pada skenario SK1-4 *lost sales* tetringgi dimiliki oleh produk 1. Selanjutnya produk dengan *demand* tertinggi juga terjadi *lost sales*. Pada skenario SK1-4 produk 3 memiliki *demand* tertinggi dan terjadi *lost sales*. *Lost sales* pada produk 3 terjadi karena *demand* yang tinggi, sehingga kapasitas pasokan tidak cukup. Selain itu pertimbangan untuk memenuhi *demand* produk lainnya juga menjadi pertimbangan. Produk 3 membutuhkan pasokan yang lebih besar, karena penyusutan terbesar dimiliki oleh produk 3.

Pada skenario SK1-4 walaupun proporsi *demand* yang dimiliki oleh produk 1 dan 2 sama besarnya, tetapi *lost sales* tertinggi hanya untuk produk 1 saja. Karena produk 2 lebih memberikan keuntungan dibandingkan produk 1. Selain itu produk 2 selalu memiliki *lost sales* yang paling rendah diantara keempat skenario. Karena produk 2 juga dapat diproses menjadi produk 3, sehingga pasokan produk 2 selalu tinggi. Jika dilihat pada keempat skenario, produk 2 dan 3 selalu memiliki

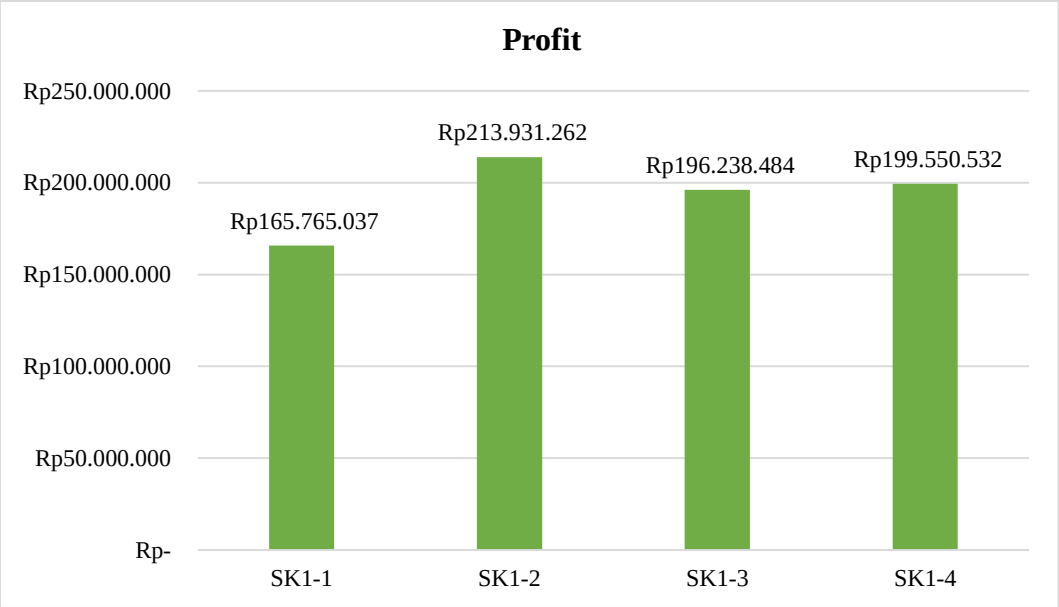
lost sales yang lebih rendah. Dapat disimpulkan bahwa demand produk 2 dan 3 lebih diprioritaskan untuk dipenuhi.



Gambar 5. 4 *Lost sales* skenario SK1-5, SK1-6, dan SK1-7 untuk Perhitungan Numerik 1

Pada gambar 5.4 menampilkan besarnya *lost sales* yang terjadi pada skenario SK1-5, SK1-6 dan SK1-7. Rincian biaya lost sales yang terjadi dapat dilihat pada tabel 4.11. Pada skenario SK1-5 memiliki proporsi *demand* sebesar 100% untuk produk 1. Pada skenario SK1-5 *lost sales* yang terjadi pada produk 1 sangat rendah. *Lost sales* terjadi pada produk 1 karena terdapat kapasitas pasokan setiap minggu. Kemudian pada skenario SK1-6 proporsi sebesar 100% dimiliki oleh produk 2. *Lost sales* pada produk 2 sangat tinggi karena untuk membuat produk 2 memerlukan waktu proses selama satu minggu. Karena terdapat kapasitas pada proses *renewal*, sehingga tidak mampu memenuhi *demand* produk 2 yang tinggi.

Begitupula dengan skenario SK1-7, ketika *demand* produk 3 tinggi maka terjadi *lost sales* pada produk tersebut. *Lost sales* yang terjadi pada produk 3 merupakan *lost sales* tertinggi diantara ketiga skenario. Karena untuk membuat produk 3 memerlukan dua kali proses *renewal*. Sehingga memerlukan waktu proses yang lebih lama. Melewati proses *renewal* sebanyak dua kali membuat pasokan produk 3 harus lebih besar, karena mempertimbangkan terjadinya penyusutan produk. Karena itu kapasitas pasokan dan kapasitas proses r*enewal* menjadi kendala tidak dapat dipenuhinya seluruh *demand* produk 3.

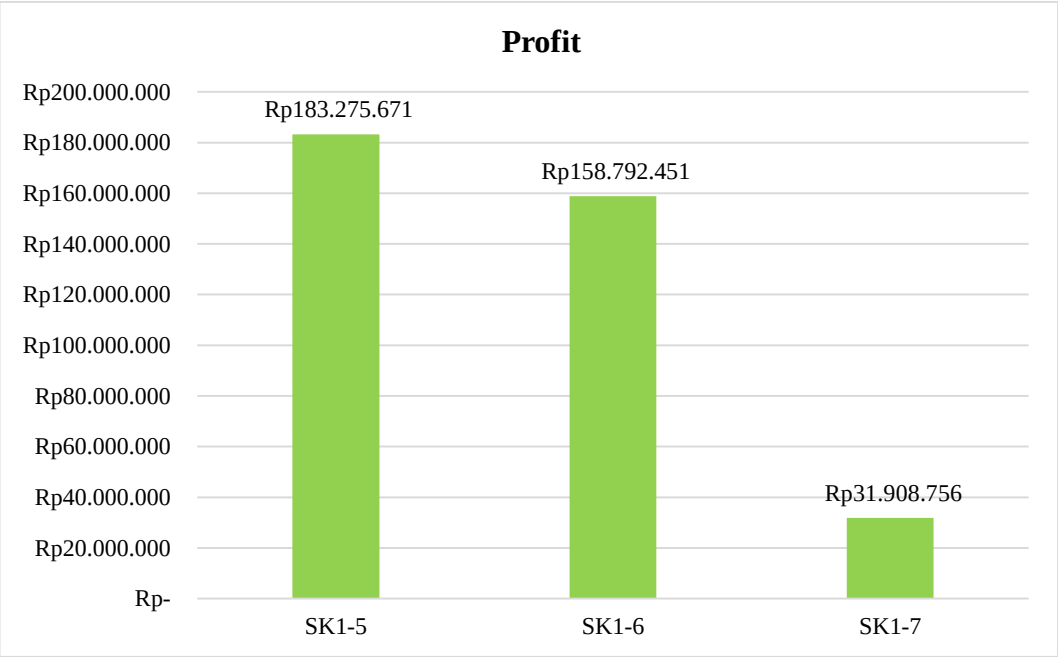


Gambar 5. 5 Perbandingan Keuntungan SK1-1, SK1-2, SK1-3 dan SK1-4 Perhitungan Numerik 1

Pada gambar 5.5 merupakan grafik yang menunjukkan keuntungan yang diperoleh dari hasil perhitungan numerik 1. Keuntungan tertinggi diperoleh dari skenario SK1-2. Pada skenario SK1-2 proporsi *demand* tertinggi yaitu sebesar 50 dimiliki oleh produk 1. Karena produk 1 tidak memerlukan proses *renewal* sehingga biaya produksi akan rendah. Keuntungan tertinggi berikutnya dimiliki oleh skenario SK1-4. Pada skenario SK1-4 proporsi *demand* tertinggi dimiliki oleh produk 3. Produk 3 memiliki harga jual yang paling tinggi dibandingkan kedua produk lainnya. Walaupun untuk membuat produk 3 memerlukan biay aproduksi yang lebih tinggi. Ketika *demand* ketiga produk flat, keuntungan yang diperoleh paling rendah dibandingkan skenario lainnya.

Pada skenario SK1-2 proporsi *demand* tertinggi dimiliki oleh produk 1, yaitu sebesar 50%. Telah dijelaskan sebelumnya, bahwa produk 2 dan 3 lebih memberikan keuntungan dibandingkan produk 1. Karena itu pada skenario SK1-2 keuntungan yang diperoleh paling tinggi diantara skenario lainnya. Hal ini terjadi karena *demand* produk 2 dan 3 rendah. Kaena produk 2 dan 3 mengalami penyusutan sehingga memerlukan pasokan yang lebih besar. Karena demand produk 2 dan 3 rendah maka kapasitas pasokan masih mencukupi. Pada gambar 5.3 dapat dilihat pada skenario SK1-2 *lost sales* tertinggi terjadi pada produk 1. Pada skenario SK1-1 ketika *demand* ketiga produk flat, *lost sales* tertinggi dimiliki oleh

produk 1. Pada skenario SK1-1, keuntungan yang diperoleh lebih baik dari skenario SK1-2. Karena *demand* produk 2 dan 3 lebih diprioritaskan untuk dipenuhi, walaupun ketiga *demand* memiliki proporsi yang sama.

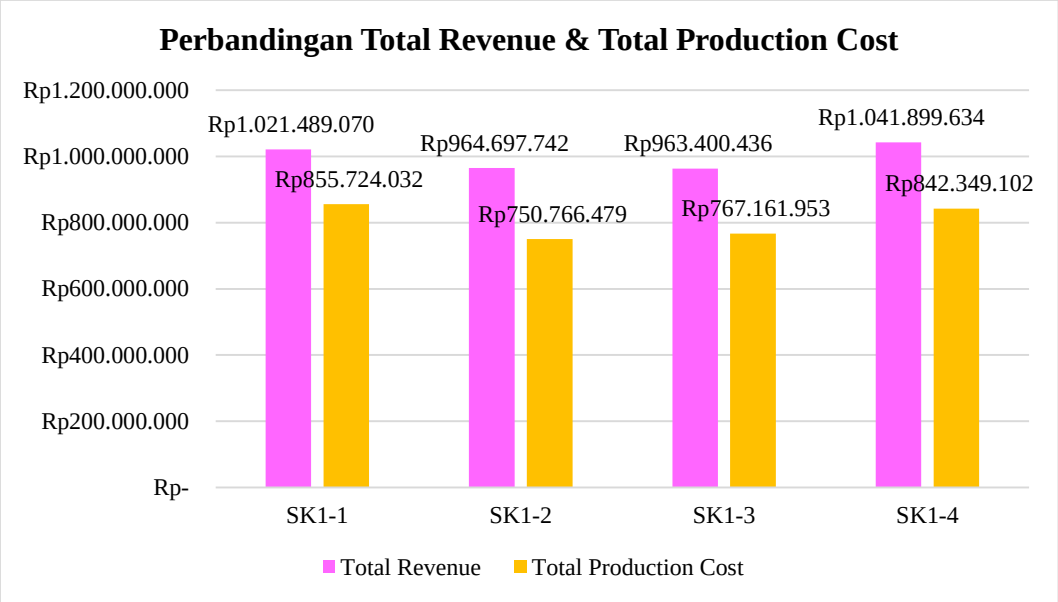


Gambar 5. 6 Perbandingan Keuntungan SK1-5, SK1-6, dan SK1-7 Perhitungan Numerik 1

Pada gambar 5.6 menampilkan keuntungan yang diperoleh dari skenario SK1-5, SK1-6 dan SK1-7 dari perhitungan numerik 1. Jika dilihat dari ketiga skenario pada grafik diatas, keuntungan tertinggi diperoleh pada skenario SK1-7. Pada skenario SK1-7 hanya terdapat *demand* untuk produk 3 saja. Kemudian skenario SK1-5 dan SK1-6 hanya memiliki *demand* untuk produk 1 dan 2 saja. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa produk 3 memiliki harga jual tertinggi, kemudian produk 2, dan produk 1 memiliki harga jual terendah.

Pada skenario sebelumnya dapat diketahui bahwa *demand* produk 2 dan 3 lebih memiliki keuntungan yang lebih rendah dibandingkan produk 1. Karen aproduk 2 dan 3 memerlukan biaya produksi yang lebih tinggi. Selain itu kedua produk mengalami penyusutan ketika masuk proses renewal. Produk 2 dan 3 memerlukan pasokan yang lebih besar, sehingga memiliki biaya purchase bahan baku yang tinggi. Besarnya keuntungan yang diperoleh dipengaruhi dari total *revenue* dan total biaya produksi yang dibutuhkan. Total *revenue* merupakan

pendapatan yang diperoleh dari penjualan produk dan *salvage value* yang terjadi. Sedangkan total biaya produksi merupakan biaya yang dibutuhkan selama 12 periode. Total biaya produksi terrmasuk didalamnya terdapat biaya *purchase*, biaya produksi, biaya simpan dan biaya *lost sales.*

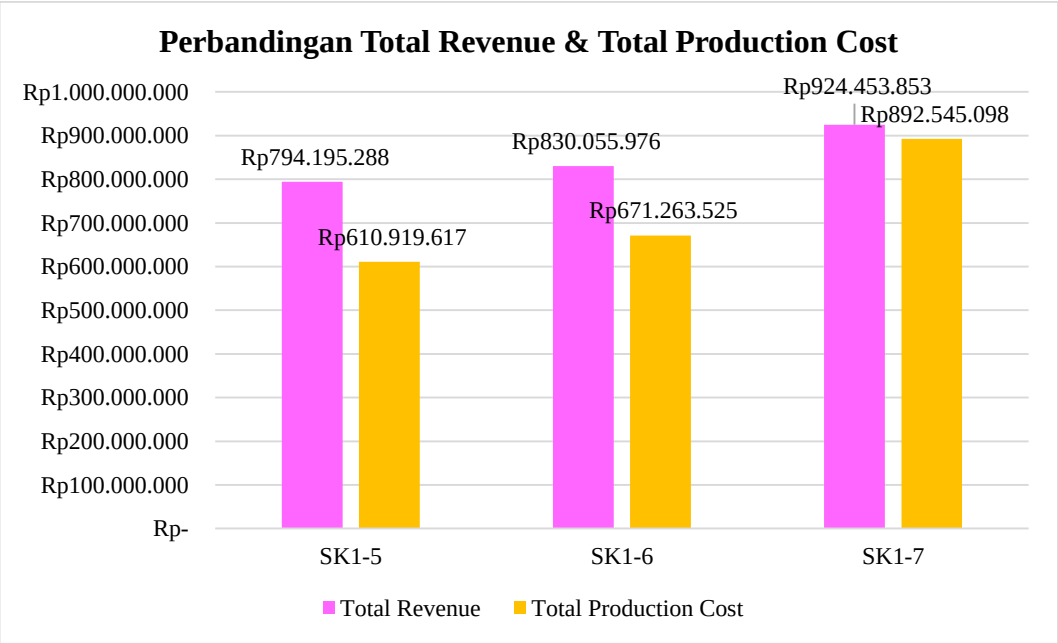


Gambar 5. 7 Perbandingan Total *Revenue* dan Total *Production Cost* skenario SK1-1, SK1-2, SK1-3 dan SK1-4 Perhitungan Numerik 1

Pada gambar 5.7 menampilkan perbandingan total *revenue* dan *production cost* skenario SK1-1, SK1-2, SK1-3 dan SK1-4 untuk perhitungan numerik 1. Total *revenue* diperoleh dari penjualan produk, dapat dilihat pada tabel 4.14, 4.15, 4.16, dan 4.17. Total *revenue* dan total biaya produksi adalah biaya yang menentukan besarnya keuntungan yang dapat diperoleh. Pada skenario SK1-1 memiliki *demand* flat untuk ketiga produk. Total *revenue* yang diperoleh skenario SK1-1 hampir sama besarnya dengan total *revenue* skenario SK1-4. Pada skenario SK1-3 dan SK1-4 *demand* produk tertinggi dimiliki oleh produk 3. Begitupula pada skenario SK1-1, walaupun ketiga produk memiliki *demand* sama tetapi produk 2 dan 3 lebih diprioritaskan.

Pada skenario SK1-3 memiliki total *revenue* yang paling rendah dibandingkan skenario lainnya. Karena pada skenario ini *demand* tertinggi dimiliki oleh produk 2. Walaupun pada skenario SK1-3 demand produk 1 dan 3 tetap dipenuhi, tetapi karena proporsi *demand* yang lebih rendah sehingga total *revenue*

yang dihasilkan tidak lebih baik. Walaupun skenario SK1-3 memiliki total biaya produksi yang cukup rendah, tetapi tidak memberikan keuntungan yang lebih baik. Jika dibandingkan dengan skenario SK1-1 dan SK1-4 biaya produksi yang dibutuhkan lebih besar.

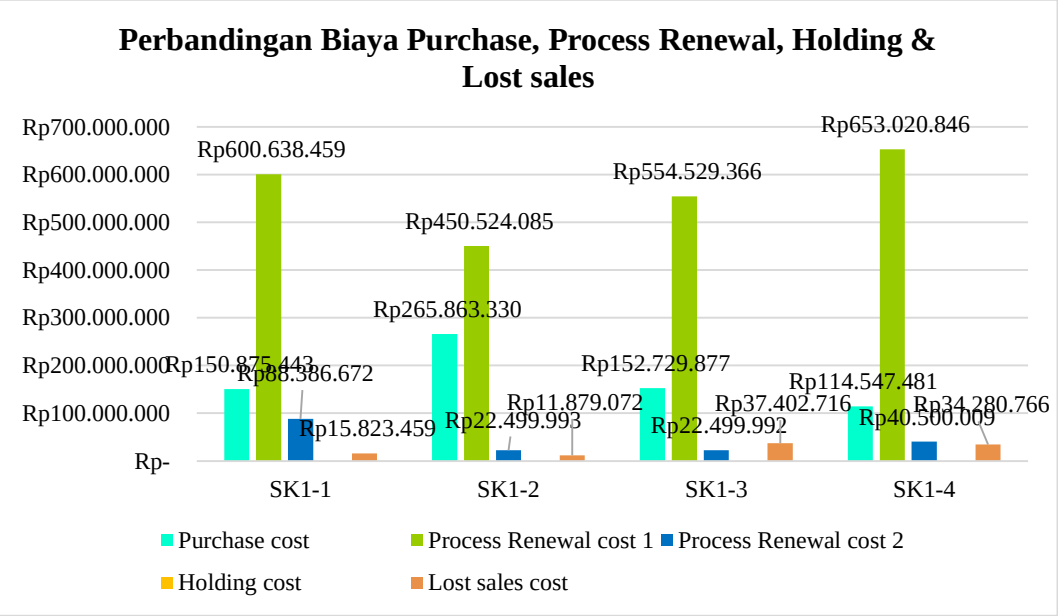


Gambar 5. 8 Perbandingan Total *Revenue* dan Total *Production Cost* skenario SK1-5, SK1-6, dan SK1-7 Perhitungan Numerik 1

Pada gambar 5.8 menampilkan total *revenue* dan total biaya produksi dari skenario SK1-5, SK1-6 dan SK1-7. Total *revenue* diperoleh dari penjualan produk, dapat dilihat pada tabel 4.18, 4.19, dan 4.20. Pada skenario SK1-5 memiliki *demand* hanya untuk produk 1 saja. Begitupula skenario SK1-6 dan SK1-7 memiliki *demand* hanya untuk produk 2 dan 3. Jika dilihat pada gambar diatas total *revenue* tertinggi diperoleh ketika hanya ada *demand* untuk produk 3 saja. Kemudian total *revenue* tertinggi berikutnya dimiliki oleh skenario SK1-6, ketika hanya terdapat *demand* untuk produk 2. Total *revenue* terendah dimiliki oleh skenario SK1-5, ketika hanya terdapat *demand* untuk produk 1.

Sedangkan total biaya produksi tertinggi dimiliki oleh skenario SK1-7. Ketika *demand* produk 2 dan 3 tinggi, maka biaya produksi yang dibutuhkan juga akan tinggi. Dapat dilihat pada skenario SK1-6 dan SK1-7 memiliki total biaya produksi yang tinggi. Sedangkan pada skenario SK1-5 ketika hanya terdapat *demand* untuk produk 1 saja, mmiliki total biaya produksi yang paling rendah.

Total biaya produksi merupakan salah satu komponen biaya yang mempengaruhi keuntungan. Pada total biaya produksi terdapat biaya *purchase*, produksi, simpan dan *lost sales*. Biaya *purchase* adalah biaya yang dibutuhkan untuk memasok produk 1. Kemudian biaya produksi adalah biaya yang dibutuhkan untuk membuat produk 2 dan 3. Pada biaya produksi termasuk didalamnya terdapat biaya *purchase* produk 1 sebagai bahan baku, dan biaya proses *renewal*. Kemudian biaya simpan adalah biaya yang dibutuhkan untuk menyimpan produk per kilogram. *Lost sales cost* adalah biaya yang terjadi jika *demand* produk tidak terpenuhi.

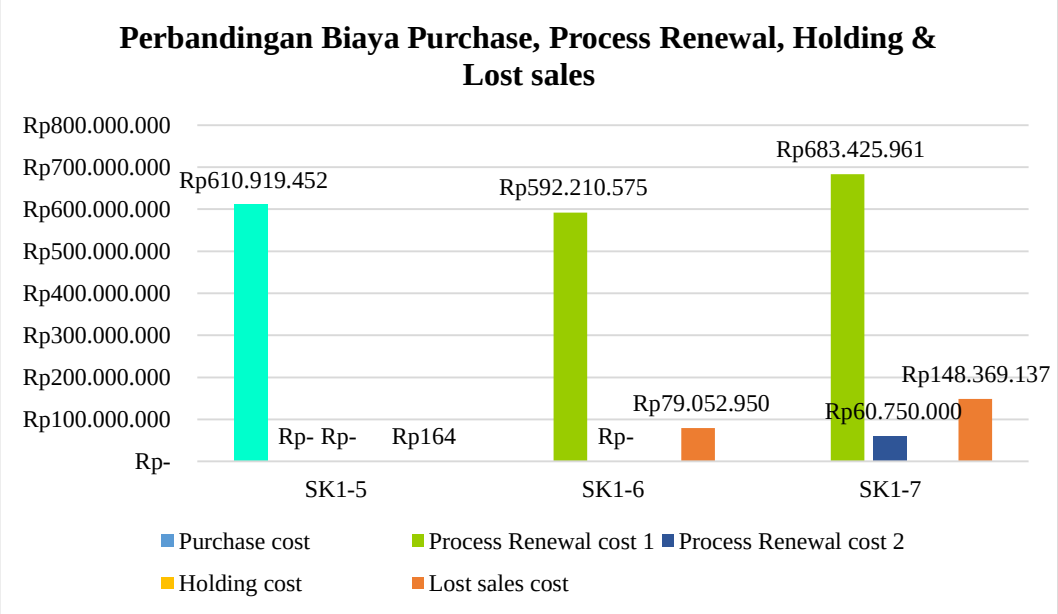


Gambar 5. 9 Perbandingan Biaya *Purchase*, Proses *renewal*, Biaya Simpan dan *Lost Sales* SK1-1, SK1-2, SK1-3 dan SK1-4 Perhitungan Numerik 1

Pada gambar 5.9 menampilkan perbandingan biaya *purchase* dan proses *renewal*, biaya simpan dan *lost sales* skenario SK1-1, SK1-2, SK1-3 dan SK1-4. Jika dilihat pada grafik diatas biaya proses *renewal* 1 merupakan biaya yang paling berpengaruh pada total biaya produksi. Semua skenario memiliki biaya proses *renewal* 1 tinggi bagaimanapun kondisi *demand*nya. Sebelumnya telah dijelaskan bahwa produk 2 dan 3 lebih memiliki harga jual yang lebih tinggi dibandingkan produk 1. Kemudian produk 2 selain dapat langsung dijual tetapi sisa produk yang tidak laku dapat diproses menjadi produk 3. Karena itu biaya proses *renewal* 1 tinggi, biaya proses *renewal* 1 dilakukan untuk membuat produk 2.

Biaya tertinggi berikutnya adalah biaya *purchase* produk 1. Jika dilihat dari keempat skenario biaya *purchase* produk selalu lebih tinggi dibandingkan biaya lainnya selain biaya produksi 1. Biaya *purchase* produk 1 tinggi, karena untuk memenuhi *demand* produk 1 yang tinggi. Pada skenario SK1-3 dan SK1-4 memiliki kondisi *demand* produk 1 lebih rendah dibandingkan produk lainnya. Walaupun *demand* produk 1 rendah tetapi biaya *purchase* yang dimiliki tetap tinggi. Karena *demand* produk 1 tetap dipertimbangkan untuk dipenuhi.

Biaya produksi 2 tertinggi dimiliki oleh skenario SK1-1. Pada skenario SK1-1 memiliki *demand* flat untuk ketiga produk. Untuk membuat produk 3 dilakukan dengan proses *renewal* sebanyak dua kali. Biaya simpan yang dimiliki keempat skenario hampir sama besarnya. Sedangkan untuk biaya *lost sales* tertinggi dimiliki oleh skenario SK1-2. Pada skenario SK1-2 memiliki *demand* tertinggi untuk produk 1. Sebelumnya telah dijelaskan bahwa *demand* produk 2 dan 3 memiliki harga jual yang tinggi, sehingga lebih diprioritaskan. Sehingga pada skenario SK1-2 memiliki biaya *lost sales* yang tinggi.



Gambar 5. 10 Perbandingan Biaya *Purchase*, Proses r*enewal*, Biaya Simpan dan *Lost Sales* SK1-5, SK1-6, dan SK1-7 Perhitungan Numerik 1

Pada gambar 5.1o menampilkan perbandingan biaya *purchase*, produksi, biaya simpan dan *lost sales* untuk skenario SK1-5, SK1-6 dan SK1-7. Pada skenario SK1-1 memiliki *demand* hanya untuk produk 1 saja, karena itu biaya *purhase* produk 1 tinggi. Kemudian pada skenario SK1-6 memiliki *demand* hanya untuk

produk 2, karena itu biaya proses *renewal* 1 tinggi. Sedangkan pada skenario SK1-7 hanya memiliki *demand* produk 3 saja. Pada skenario SK1-7 biaya produksi 1 yang dibutuhkan tinggi dibandingkan biaya proses *renewal* 2.

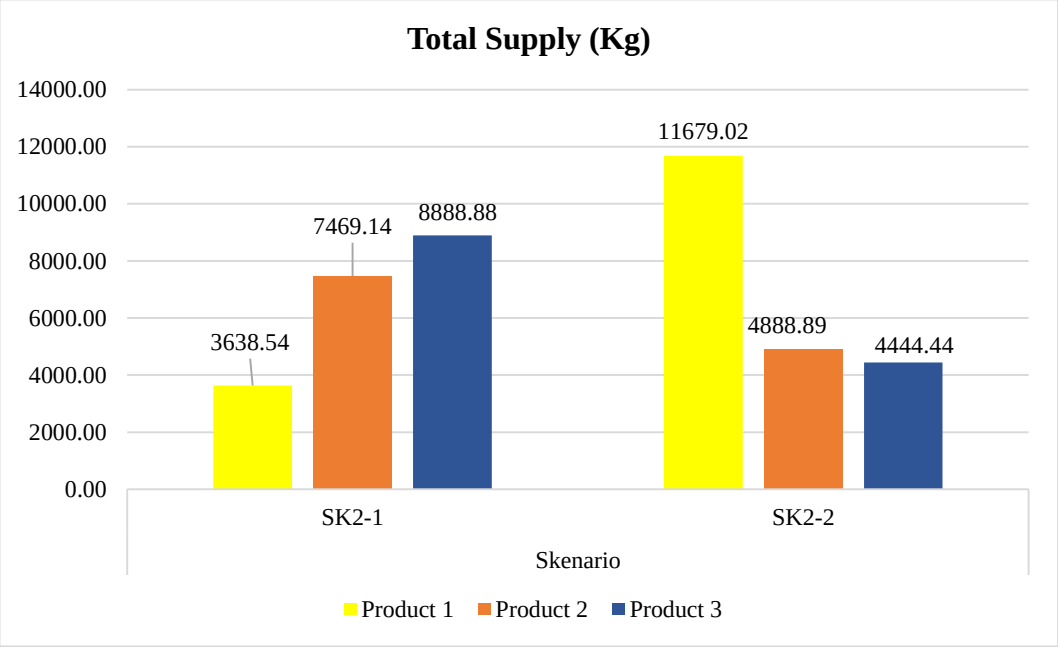
Pada ketiga skenario yaitu skenario SK1-5, SK1-6 dan SK1-7 terjadi *lost sales*. Biaya *lost sales* tertinggi dimiliki oleh skenario SK1-7, ketika hanya terdapat *demand* untuk produk 3 saja. Karena untuk menghasilkan produk 3 memerlukan proses *renewal* sebanyak dua kali. Setiap proses *renewal* memerlukan waktu proses selama satu minggu. Selain itu produk yang masuk proses *renewal* akan mengalami penyusutan produk. Karena itu biaya *lost sales* skenario SK1-7 tertinggi dibandingkan skenario lainnya. Pada skenario SK1-6 biaya *lost sales* yang dibutuhkan lebih rendah dibandingkan skenario SK1-7. Karena pada skenario SK1-6 hanya memiliki *demand* untuk produk 2 saja. Produk 2 dibuat dengan melewati proses *renewal* sebanyak satu kali. Sehingga waktu proses yang dibutuhkan lebih singkat dan besarnya penyusutan lebih rendah dibandingkan untuk membuat produk 3.

5.2. Analisa & Pembahasan Perhitungan Numerik 2

Perhitungan numerik 2 memiliki dua skenario dengan tingkat permintaan produk yang mengikuti kondisi perubahan biaya *purchase*. Kondisi pertama yaitu skenario SK2-1 memiliki kondisi biaya *purchase* produk 1 meningkat sebesar 50%. Biaya *purchase* yang mahal akan mempengaruhi harga jual produk tersebut. Selain itu biaya produksi 1 dan 2 juga akan terpengaruh. Karena pada biaya produksi terdapat biaya *purchase* produk 1 sebagai bahan baku. Selain harga jual dan biaya produksi, tingkat permintaan produk juga akan terpengaruh. Ketika biaya *purchase* produk 1 meningkat maka *demand* produk 1 akan menurn, karena harga jual yang mahal.

Kemudian skenario SK2-2 memiliki kondisi biaya *purchase* produk 1 menurun sebesar 50%. Perubahan yang terjadi pada biaya *purchase* akan mempengaruhi biaya produksi dan harga jual produk. Tingkat permintaan produk juga akan terpengaruh akibat biaya *purchase* yang menurun. Ketika biaya *purchase* menurun maka harga jual produk 1 menjadi murah, dan *demand* produk 1 akan lebih tinggi dibandingkan produk lainnya. Skenario yang telah dibuat ini bertujuan untuk melihat bagaimana model memberikan solusi pasokan yang optimal terhadap

situsi yang telah dibuat. Dengan tujuan agar maksimasi profit dapat diperoleh. Analisa dilakukan mulai dari pasokan produk untuk ketiga produk pada setiap skenario.



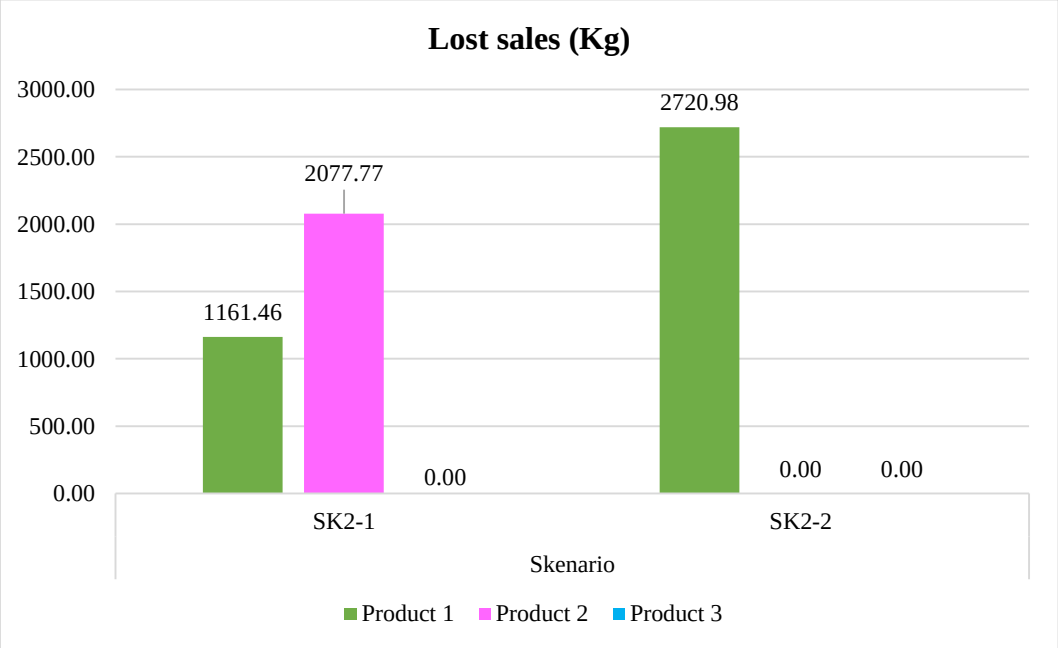
Gambar 5. 11 Pasokan Produk untuk Perhitungan Numerik 2

Pada gambar 5.11 menampilkan banyaknya pasokan produk untuk skenario SK2-1 dan SK2-2 perhitungan numerik 2. Pada skenario SK2-1 memiliki kondisi biaya *purchase* produk 1 meningkat sebesar 50%. Biaya *purchase* produk 1 yang meningkat akan mempengaruhi harga jual produk 1 dan kedua produk lainnya. Karena harga jual produk naik maka *demand* pada produk 1 akan lebih rendah dibandingkan produk lainnya. Proporsi *demand* untuk produk 1 sebesar 20% dari 2000 Kg. Sedangkan proporsi *demand* untuk produk 2 dan 3 masing-masing sebesar 40%.

Pada skenario SK2-1 pasokan tertinggi dimiliki oleh produk 3 kemudian produk 2. *Demand* produk 1 rendah karena harga jual produk 1 mahal, dan demand produk yang rendah. Pasokan produk 2 dan 3 tetap tinggi karena demand produk 2 dan 3 tinggi. Selain itu produk 2 dan 3 dapat memberikan keuntungan yang lebih baik. Harga jual produk 2 dan 3 mengalami kenaikan karena biaya *purchase* yang meningkat. Karena untuk membuat produk 2 dan 3 tetap memerlukan produk 1, sehingga biaya purchase akan mempengaruhi biaya produksi 1 dan 2. Selain itu produk 2 dan 3 memerlukan pasokan yang lebih besar, karena kedua produk ini

mengalami penyusutan. Karena untuk membuat produk 2 dan 3, bahan baku harus melewati proses *renewal* terlebih dahulu. Pada proses *renewal* 1 dan 2 produk akan mengalami penyusutan masing-masing sebesar 10%.

Pada skenario SK2-2 memiliki kondisi biaya *purchase* produk menurun sebesar 50%. Karena biaya *purchase* yang menurun membuat harga jual produk 1 dan kedua produk lainnya juga menurun. Pada produk 1 akan terjadi peningkatan *demand* yang lebih besar dibandingkan produk 2 dan 3. Proporsi *demand* yang dimiliki produk 1 sebesar 60% dari 2000 Kg, sedangkan untuk produk 2 dan 3 masing-masing sebesar 20%. Walaupun *demand* produk 1 tertinggi, tetapi pasokan yang dimiliki rendah dibandingkan produk lain. Hal ini terjadi karena memenuhi *demand* produk 2 dan 3 lebih memberikan keuntungan yang lebih baik. Walaupun harga jual produk 2 dan 3 juga mengalami penurunan harga, tetapi kedua produk dapat memberikan keuntungan yang lebih baik. Karena produk 2 dan 3 memiliki nilai tambah karena telah diproses *renewal*. Sehingga produk 2 dan 3 lebih menguntungkan dibandingkan produk 1.



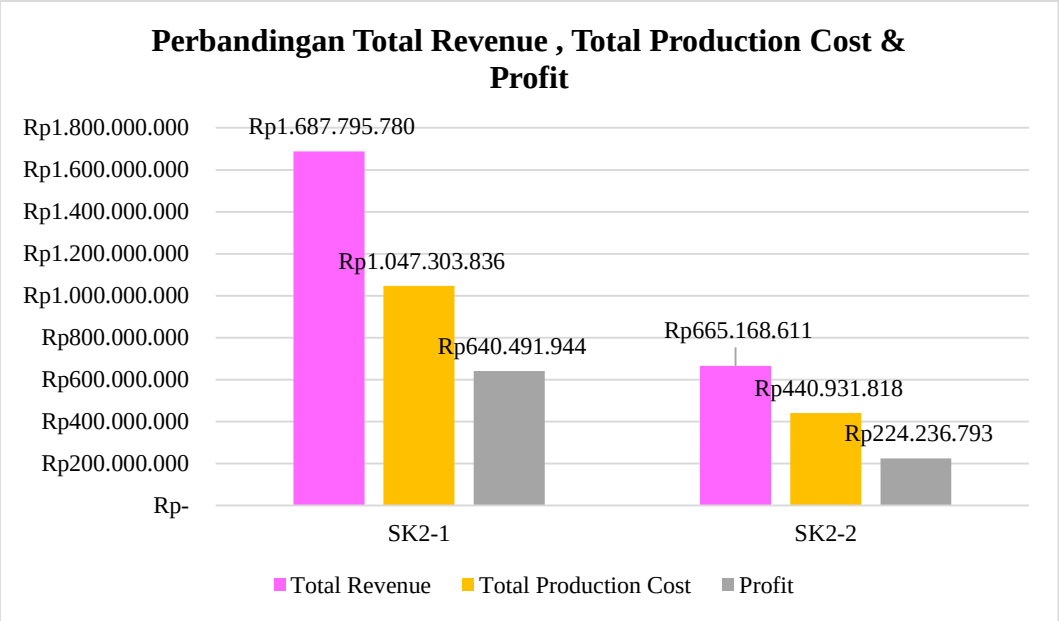
Gambar 5. 12 *Lost Sales* Produk untuk Perhitungan Numerik 2

Pada gambar 5.12 menampilkan grafik besarnya *lost sales* yang terjadi pada skenario SK2-1 dan SK2-2 perhitungan numerik 2. Pada skenario SK2-1 memiliki *demand* produk 1 terendah dibandingkan kedua produk lainnya. *Demand*

produk 1 rendah terjadi akibat kenaikan biaya *purchase* produk yang mempengaruhi harga jual produk 1, 2 dan 3. Terjadi *lost sales* pada produk 1, walaupun memiliki *demand* yang rendah. Hal ini terjadi karena produk 2 dan 3 memberikan keuntungan yang lebih baik. Produk 2 juga terjadi *lost sales*, dan tidak terdapat *lost sales* pada produk 3. Jika dibandingkan dengan produk 3 maka memenuhi *demand* produk 3 lebih menguntungkan dibandingkan *demand* produk 2.

Pada skenario SK2-2 *demand* produk 1 tertinggi dibandingkan kedua produk lainnya, karena terjadi penurunan biaya purchase produk 1. Biaya purchase yang menurun akan mempengaruhi harga jual produk 1, 2 dan 3. Pada skenario SK2-2 *lost sales* terjadi hanya pada produk 1 saja. *Lost sales* terjadi karena demand produk 1 sangat tinggi, sehingga kapasitas pasokan produk tidak cukup. Selain itu *demand* produk 2 dan 3 tetap dipenuhi karena kedua produk memiliki keuntungan yang lebih baik, walaupun memiliki *demand* yang rendah dibandingkan produk 1. Karena kedua produk ini mengalami penyusutan ketika masuk proses *renewal*, maka dibutuhkan pasokan yang lebih besar untuk produk 2 dan 3.

Besarnya keuntungan yang diperoleh dipengaruhi dari total *revenue* dan total biaya produksi yang dibutuhkan. Total *revenue* merupakan pendapatan yang diperoleh dari penjualan produk dan *salvage value* yang terjadi. Sedangkan total biaya produksi merupakan biaya yang dibutuhkan selama 12 periode. Total biaya produksi terrmasuk didalamnya terdapat biaya *purchase*, Produksi 1 dan 2, biaya simpan dan *lost sales.*

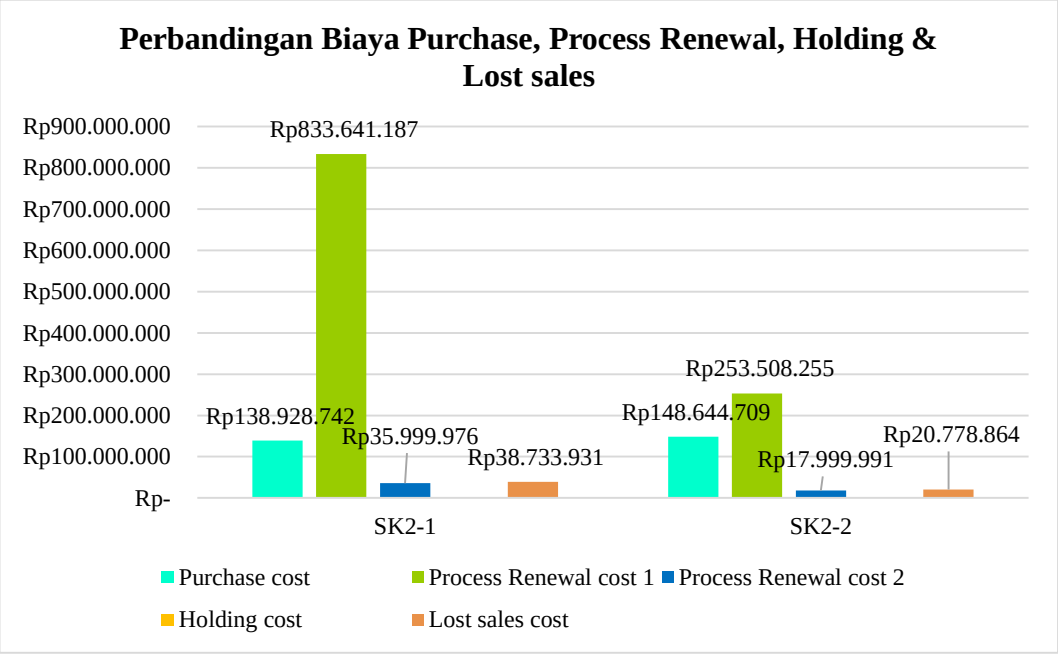


Gambar 5. 13 Perbandingan Total Revenue, Biaya Produksi dan Keuntungan Skenario SK2-1 dan SK2-2 Perhitungan Numerik 2

Pada gambar 5.13 menampilkan perbandingan total *revenue*, biaya produksi dan keuntungan hasil perhitungan numerik 2. Total *revenue* diperleh dari penjualan produk, dapat dilihat pada tabel 4.29, 4.30, 4.31 dan 4.32. Skenario SK2-1 memiliki kondisi biaya *purchase* meningkat sebesar 50%. Sedangkan skenario SK2-2 memiliki kondisi biaya *purchase* mengalami penurunan sebesar 50%. Perubahan yang terjadi pada biaya *purchase* akan mempengaruhi harga jual produk. Pada produk 2 dan 3 akan terjadi perubahan pada biaya produksi. Karena pada biaya produksi didalamnya telah termasuk biaya *purchase* dan proses *renewal.*

Pada skenario SK2-1 memiliki keuntungan yang lebih tinggi dibandingkan keuntungan yang diperoleh pada skenario SK2-2. Karena pada skenario SK2-1 *demand* produk 1 rendah dibandingkan produk 2 dan 3. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa produk 2 dan 3 dapat memberikan keuntungan yang lebih baik. Karena itu pada skenario SK2-1 memiliki total *revenue* yang tinggi, walaupun total biaya produksi yang dibutuhkan lebih tinggi dibandingkan skenario SK2-2. Kemudian pada skenario SK2-2 memiliki *demand* produk 1 tertinggi dibandingkan produk 2 dan 3. Karena *demand* produk 2 dan 3 tetap diprioritaskan untuk dipenuhi, sehingga biaya produksi yang dibutuhkan tinggi. Total *revenue* yang diperoleh skenario SK2-2 tidak beda jauh dengan total biaya produksinya. Karena *demand* produk 2 dan 3 rendah dibandingkan *demand* produk 1.

Total biaya produksi merupakan salah satu komponen biaya yang mempengaruhi keuntungan. Terdapat biaya *purchase*, produksi, simpan dan *lost sales*. Biaya *purchase* adalah biaya yang dibutuhkan untuk memasok produk 1. Kemudian biaya produksi adalah biaya yang dibutuhkan untuk membuat produk 2 dan 3. Pada biaya produksi termasuk didalamnya terdapat biaya *purchase* produk 1 sebagai bahan baku, dan biaya proses *renewal*. Kemudian biaya simpan adalah biaya yang dibutuhkan untuk menyimpan produk per kilogram. *Lost sales cost* adalah biaya yang terjadi jika *demand* produk tidak terpenuhi.



Gambar 5. 14 Perbandingan Biaya *Purchase*, Proses *renewal*, Biaya Simpan dan *Lost Sales* Perhitungan Numerik 2

Pada gambar 5.14 menampilkan biaya *purchase*, produksi, biaya simpan dan biaya *lost sale* pada perhitungan numerik 2. Dapat dilihat pada grafik biaya tertinggi yang mempengaruhi total biaya produksi adalah biaya produksi 1. Biaya produksi 1 adalah biaya yang dibutuhkan untuk membuat produk 2, dengan melakukan proses *renewal* 1. Produk 3 juga dibuat melewati proses *renewal* 1 terlebih dahulu kemudian dilanjutkan masuk proses *renewal* 2. Sebelumnya telah dijelaskan bahwa produk 2 dan 3 memberikan keuntungan yang lebih baik. Sehingga pasokan untuk produk 2 dan 3 selalu besar. Pasokan produk besar karena produk 2 dan 3 mengalami penyusutan ketika diproses *renewal*.

Biaya tertinggi berikutnya adalah biaya *lost sales* yang terjadi pada skenario SK2-2. Pada skenario SK2-2 memiliki biaya *purchase* yang mengalami penurunan sebesar 50%. Sehingga harga jual ketiga produk juga akan menurun. Pada skenario SK2-2 *demand* untuk produk 1 tertinggi dibandingkan kedua produk lainnya, karna harga jual yang turun. Biaya *lost sales* terjadi karena terdapat kapasitas pasokan setiap minggu. Selain itu demand produ 2 dan 3 lebih diprioritaskan dibandingkan produk 1. Walaupun *demand* produk 2 dan 3 lebih rendah dibandingkan demand produk 1. Karena itu *lost sales* yang dimiliki oleh skenario SK2-2 tinggi.

Kemudian biaya tertinggi berikutnya setelah biaya produksi 1 dan *lost sales* adalah biaya *purchase*. Biaya *purchase* tertinggi dimiliki oleh skenario SK2-1. Pada skenario SK2-1 memiliki kondisi biaya *purchase* meningkat sebesar 50%. Sehingga harga jual produk 1, 2 dan 3 juga mengalami kenaikan. Karena itu *demand* untuk produk 1 rendah dibandingkan dua produk lainnya. Biaya *purchase* yang dimiliki skenario SK2-1 tinggi karena *demand* produk 1 rendah. Sehingga kapasitas pasokan setiap minggu masih mencukupi untuk memenuhi *demand* produk 1. Kemudian biaya produksi 2 tertinggi dimiliki oleh skenario SK2-1, karena *demand* produk 2 dan 3 tinggi dibandingkan produk 1.

BAB 6
KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diuraikan kesimpulan dari perhitungan numerik dan analisa yang telah dilakukan. Kesimpulan akan menjawab seluruh tujuan penelitian yang juga telah dijabarkan paba bab sebelumnya. Selain kesimpulan, pada bab ini penulis juga akan memberikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Dengan harapan penelitian ini dapat dikembangkan lagi pada penelitian yang akan datang dan dapat menghasilkan lebih banyak manfaat lainnya.

6.1. Kesimpulan

Model yang dihasilkan merupakan pengembangan model persediaan dua fase menjadi tiga fase. Pada fase pertama menyimpan cabai segar, fase kedua menyimpan cabai kering, dan fase ketiga menyimpan cabai bubuk. Managemen persediaan tiga fase dilakukan dengan proses *renewal*. Terdapat dua proses *renewal*, yaitu proses *renewal* 1 dan 2. Proses *renewal* 1 merubah cabai segar menjadi cabai kering. Kemudian proses *renewal* 2 merubah cabai kering menjadi cabai bubuk. Proses *renewal* dilakukan untuk memperpanjang umur produk dan mengurangi *waste* yang terjadi.

Selain itu penurunan kualitas yang terjadi pada produk karena dipengaruhi oleh durasi waktu. Penurunan kualitas ini akan berpengaruh terhadap harga jual produk. Pada model manajemen persediaan tiga fase, fungsi tujuan yang dimiliki adalah memaksimalkan keuntungan. Keputusan yang diperoleh adalah berapa banyak pasokan untuk setiap produk agar dapat memperoleh keuntungan. Juga dengan mempertimbangkan terjadinya penurunan kualitas dan melakukan proses *renewal*. Dari perhitungan numerik yang telah dilakukan model dapat menghasilkan solusi maksimasi keuntungan. Pada perhitungan numerik 1 keuntungan tertinggi yang diperoleh sebesar Rp 213,931,262. Dengan pasokan untuk masing-masing produk sebesar 10444.44 Kg untuk cabai segar, 6111.11 Kg untuk cabai kering dan 5555.55 Kg untuk cabai bubuk. Kemudian pada perhitungan numerik 2 keuntungan tertinggi yang diperoleh sebesar Rp 640,491,944. Dengan pasokan untuk cabai segar sebesar 3638.54 Kg, 7469.14 Kg untuk cabai kering dan 8888.88 Kg untuk cabai bubuk.

6.2. Saran

Model yang telah dikembangkan dalam penelitian ini masih memungkinkan untuk dikembangkan kembali. Adapun saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Dalam penelitian ini objek yang menjadi penelitian ini adalah produk *perishable*. Produk *perishable* akan mengalami penurunan kualitas hingga tidak dapat dikonsumsi. Penurunan kualitas yang terjadi akan mempengaruhi harga jual produk tersebut. Pengembangan yang dapat dilakukan adalah pada metode untuk menentukan penurunan harga jual produk.
2. Penurunan kualitas yang terjadi pada penelitian ini, hanya terjadi karena faktor durasi waktu. Pengembangan yang dapat dilakukan dengan mempertimbangkan faktor lain yang mempengaruhi kualitas produk. Faktor tersebut seperti temperatur dan posisi peletakan produk pada penyimpanan.

Daftar Pustaka

Agung, M., Saputro, P. and Susanto, W. H. (2016) 'PEMBUATAN BUBUK CABAI RAWIT (KAJIAN KONSENTRASI KALSIUM PROPIONAT DAN LAMA WAKTU PEREBUSAN TERHADAP KUALITAS PRODUK) Manufacturing Cayenne Powder (Study Effect of Calcium Propionate Concentration and Boiling Time on Product Quality)', 4(1), pp. 62–71.

Agustina, D., Lee, C. K. M. and Piplani, R. (2014) 'Int . J . Production Economics Vehicle scheduling and routing at a cross docking center for food supply chains', *Intern. Journal of Production Economics*. Elsevier, pp. 1–13. doi: 10.1016/j.ijpe.2014.01.002.

Aktas, T. *et al.* (1999) 'Effects of pretreatments of sliced vegetables with trehalose on drying characteristics and quality of dried products', 85, pp. 178–183. doi: 10.1205/fbp07037.

Ali, I. *et al.* (2018) 'A resilience model for cold chain logistics of perishable products'. doi: 10.1108/IJLM-06-2017-0147.

Amorim, P., Günther, H. O. and Almada-Lobo, B. (2012) 'Multi-objective integrated production and distribution planning of perishable products.', *International Journal of Production Economics*, 138(1), pp. 89–101.

Bai, R. and Kendall, G. (2008) 'A Model for Fresh Produce Shelf-Space Allocation and Inventory Management with Freshness-Condition- Dependent Demand A Model for Fresh Produce Shelf-Space Allocation and Inventory Management with Freshness-Condition-Dependent Demand', (April 2014). doi: 10.1287/ijoc.1070.0219.

Bank Indonesia (2020). Available at: https://www.bi.go.id/id/ruang-media/info-terbaru/Pages/Suku-Bunga-Obligasi-Pemerintah-RI-Seri-SBR004-Periode-21-Juni-2020-sd-20-September-2020.aspx#:~:text=Sehubungan dengan keputusan tingkat suku,adalah sebesar 8%2C05%25.

Boundless (2015) *Food Spoilage by Microbes.* Available at: https://www.boundless.com/microbiology/textbooks/%0Aboundless-microbiology-textbook/industrial-microbiology-17/food-preservation-202/food-spoilage-by-microbes-1015-5468/.

Chen, H., Hsueh, C. and Chang, M. (2009) 'Production scheduling and vehicle routing with time windows for perishable food products', 36, pp. 2311–2319. doi: 10.1016/j.cor.2008.09.010.

Chen, Z. (2019) 'International Journal of Production Economics Reprint of " Optimization of production inventory with pricing and promotion effort for a single-vendor multi-buyer system of perishable products "', *Intern. Journal of Production Economics*. Elsevier B.V., 209(March 2018), pp. 285–301. doi: 10.1016/j.ijpe.2019.01.040.

Duong, L. N. K., Wood, L. C. and Wang, W. Y. C. (2015) 'A multi-criteria inventory management system for perishable & substitutable products', *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V., 2(February), pp. 66–76. doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.012.

Giri, S. kumar *et al.* (2017) 'Nutrition & Food Science'. doi: 10.1108/NFS-04-2016-0039.

Hutton, T. (2002) 'Sodium', 104(2), pp. 126–152. doi: 10.1108/00070700210423635.

Jamilah, M., Kadirman and Fadilah, R. (2019) 'Uji Kualitas Bubuk Cabai Rawit (Capsicum Frutescens) Berdasarkan Berat Tumpukan dan Lama Pengeringan Menggunakan Cabinet Dryer', *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5, pp. 98–107.

Jia, J. and Hu, Q. (2011) 'Computers & Industrial Engineering Dynamic ordering and pricing for a perishable goods supply chain q', *Computers & Industrial Engineering*. Elsevier Ltd, 60(2), pp. 302–309. doi: 10.1016/j.cie.2010.11.013.

Kementerian Perdagangan Republik Indonesia (2019) *ANALISIS PERKEMBANGAN HARGA BAHAN PANGAN POKOK DI PASAR DOMESTIK DAN INTERNASIONAL*.

Koca, N., Burdurlu, H. S. and Karadeniz, F. (2007) 'Kinetics of colour changes in dehydrated carrots', 78(August 2005), pp. 449–455. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.10.014.

Kouki, C. (2012) 'Perishable items Inventory Mnagement and the Use of Time Temperature Integrators Technology Chaaben Kouki'.

Labuza, T. . (1982) 'Shelf-Life Dating of Foods', *Food & Nutrition Press, Inc., Westport.*

Ma, G. and Guan, H. (2009) 'The application research of cold-chain logistics delivery schedule based on JIT', *International conference on industrial mechatronics and automation,* (pp. 368e3.

Nahmias, S. (1982) 'Perishable Inventory Theory: A Review', *Operations Research*, 30(4), pp. 680–708. doi: 10.1287/opre.30.4.680.

Osvald, A. and Stirn, L. Z. (2008) 'A vehicle routing algorithm for the distribution of fresh vegetables and similar perishable food', 85, pp. 285–295. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.07.008.

Pawsey, R. K. (1995) 'Preventing losses and preserving quality in food cargoes', *In J. L. Albert (Ed.). Food, nutrition and agriculture – 15 – food safety and trade.Italy: Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations.*

Rijpkema, willem A., Rossi, R. and Van der vorst, jack G. A. . (2013) 'Effective sourcing strategies for perishable product supply chains Article information ':

Rong, A., Akkerman, R. and Grunow, M. (2011) 'An optimization approach for managing fresh food quality throughout the supply chain', *International Journal of Production Economics*, 131(1), 42. Available at: https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2009.11.026.

Sahin, E. *et al.* (2007) 'Ensuring supply chain safety throught time temperature integrators', *Int. J Logistics Manag*, 18(1), pp. 102–124.

Shin, M. *et al.* (2019) 'A two-phased perishable inventory model for production planning in a food industry', 133(June 2018), pp. 175–185.

Soedarmo, P. and Sediaoetama (1987) *lmu Gizi.* Jakarta: PenerbitDian Rakyat.

Song, B. D. and Ko, Y. D. (2016) 'A vehicle routing problem of both refrigerated- and general-type vehicles for perishable food products delivery', *Journal of Food Engineering*. Elsevier Ltd, 169, pp. 61–71. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2015.08.027.

Stanger, S. H. W. *et al.* (2012) 'What drives perishable inventory management performance ? Lessons learnt from the UK blood supply chain'. doi: 10.1108/13598541211212861.

Sudaryati, H., MS, L. and Hermawan, D. E. (2013) 'PEMBUATAN BUBUK CABE MERAH MENGGUNAKAN VARIASI JENIS CABE DAN METODE PENGERINGAN', *Jurnal Teknologi Pangan Universitas Pembangunan Nasional 'Veteran'*. Available at: http://ejournal.upnjatim.ac.id/index.php/rekapangan/article/view/405.

Tanner, D. *et al.* (2016) *Impacts of Storage on Food Quality, Reference Module in Food Science*. Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.03479-X.

Tontul, I. and Topuz, A. (2017) 'Trends in Food Science & Technology Spray-drying of fruit and vegetable juices : Effect of drying conditions on the product yield and physical properties', *Trends in Food Science & Technology*. Elsevier Ltd, 63, pp. 91–102. doi: 10.1016/j.tifs.2017.03.009.

Tsiros, M. and Heilman, C. (2005) 'The effect of expiration dates and perceived risk on purchasing behavior in grocery store perishable categories. Journal of Marketing', *Journal of Marketing*, 69, pp. 114–129.

Wang, X. and Li, D. (2012) 'A dynamic product quality evaluation based pricing model for perishable food supply chains', *Omega*, 40(6), pp. 906–917.

Woensel, T. van *et al.* (2007) 'Consumer Response to Shelf-out-of-stock of perishable products'.

Xue, M., Zhang, J. and Tang, W. (2014) 'Optimal temperature control for quality of perishable foods', *ISA Transactions*. Elsevier, 53(2), pp. 542–546. doi: 10.1016/j.isatra.2013.12.011.

Zanoni, S. and Zavanella, L. (2012) 'Int . J . Production Economics Chilled or frozen ? Decision strategies for sustainable food supply chains', *Intern. Journal of Production Economics*. Elsevier, 140(2), pp. 731–736. doi: 10.1016/j.ijpe.2011.04.028.

Zhang, J. *et al.* (2009) 'Development of temperatured-managed traceability system for frozen and chilled food during storage and transportation', *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(3&4), 28.