

**PENGEMBANGAN MODEL *VEHICLE ROUTING PROBLEM*
WITH TIME WINDOWS DAN *3D LOADING CONSTRAINT*
UNTUK MEMINIMASI TOTAL BIAYA**

TESIS



Oleh:

**Kevin Grahadian
8132001001**

**Pembimbing Tunggal:
Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M.**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2022**

**PENGEMBANGAN MODEL *VEHICLE ROUTING PROBLEM*
WITH TIME WINDOWS DAN *3D LOADING CONSTRAINT*
UNTUK MEMINIMASI TOTAL BIAYA**

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Dapat Mengikuti Sidang Tesis



Oleh:

**Kevin Grahadian
8132001001**

**Pembimbing Tunggal:
Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M.**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGEMBANGAN MODEL *VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS* DAN *3D LOADING CONSTRAINT* UNTUK MEMINIMASI TOTAL BIAYA



Oleh:

**Kevin Grahadian
8132001001**

Persetujuan Untuk Sidang Tesis

Pembimbing Tunggal:

Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M.

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2022**



UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
PROGRAM PASCASARJANA

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Kevin Grahadian
Nomor Pokok Mahasiswa : 8132001001
Program Studi : Magister Teknik Industri / ~~Magister Teknik Kimia~~ *)
Program Pascasarjana Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa Tesis / Disertasi *) dengan judul:

**PENGEMBANGAN MODEL VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH
TIME WINDOW DAN 3D LOADING CONSTRAINT UNTUK
MEMINIMASI TOTAL BIAYA**

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan Pembimbing, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan : di Bandung
Tanggal : 1 September 2022



Kevin Grahadian

Nama Mahasiswa

*) coret yang tidak perlu

**PENGEMBANGAN MODEL *VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME*
WINDOWS DAN *3D LOADING CONSTRAINT* UNTUK
MEMINIMASI TOTAL BIAYA**

**Kevin Grahadian (NPM: 8132001001)
Pembimbing: Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M.
Magister Teknik Industri
Bandung
September 2022**

ABSTRAK

Pandemi Covid-19 telah membuat banyak sektor perekonomian runtuh. Namun salah satu sektor perekonomian yang tetap menunjukkan tren positif adalah sektor pertaniannya khususnya hortikultura. Produk hortikultura dapat dikategorikan juga ke dalam produk mudah busuk atau *perishable food*. Namun dalam proses distribusinya, produk-produk hortikultura ini masih sering mengalami kerusakan baik secara fisik maupun mengalami kebusukan akibat melebihi batas umurnya. Hal ini menyebabkan para pengirim produk ini pun tidak mendapatkan keuntungan yang maksimal. Merancang sebuah strategi perjalanan agar produk sampai tujuan dengan kualitas baik, belum melebihi batas umurnya, dan tidak rusak secara fisik tidaklah mudah. Model *vehicle routing problem* yang mempertimbangkan *time window* dan *3D loading constraint* merupakan sebuah model yang bertujuan untuk meminimasi biaya pengiriman dengan memperhatikan batasan waktu pengiriman dan cara penyimpanan dilakukan. Batasan waktu harus diperhitungkan guna menjaga agar umur produk tidak melebihi yang seharusnya. Cara penyimpanan pun diperhatikan agar produk tidak rusak secara fisik. Dibuat sebuah kasus dengan empat modifikasi kasus untuk menguji model matematis yang telah dibuat dapat diterapkan. Digunakan perangkat lunak AMPL untuk pencarian solusi dan MaxLoad untuk penggambaran kendaraan beserta isinya.

Kata Kunci: *perishable food, vehicle routing problem, time window, 3D loading constraint*

**VEHICLE ROUTING PROBLEM MODEL DEVELOPMENT WITH TIME
WINDOWS AND 3D LOADING CONSTRAINT TO
MINIMIZE TOTAL COST**

**Kevin Grahadian (NPM: 8132001001)
Pembimbing: Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M.
Magister Teknik Industri
Bandung
September 2022**

ABSTRACT

The Covid-19 pandemic has caused many sectors of the economy to collapse. However, one of the economic sectors that continues to show a positive trend is the agricultural sector, especially horticulture. Horticultural products can also be categorized into perishable food products. However, in the distribution process, these horticultural products are still often physically damaged or rotten due to exceeding their age limit. This causes the shippers of this product to not get the maximum profit. Designing a travel strategy so that the product reaches its destination with good quality, has not exceeded its age limit, and is not physically damaged is not easy. The vehicle routing problem model which considers the time window and 3D loading constraint is a model that aims to minimize shipping costs by taking into account delivery time constraints and storage methods. Time limits must be taken into account in order to ensure that the product life does not exceed what it should be. The storage method is also considered so that the product is not physically damaged. There are 4 cases to evaluate the mathematical model to implement. AMPL software is being used to find the solution and MaxLoad to create the picture of vehicles and its content.

Keyword: *perishable food, vehicle routing problem, time window, 3D loading constraint*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat yang diberikan, laporan tesis dengan judul ‘Pengembangan Model *Vehicle Routing Problem with Time Windows* dan *3D Loading Constraint* Untuk Meminimasi Total Biaya’ telah selesai. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M. selaku pembimbing tunggal yang telah memberikan masukan dan arahan untuk penelitian tesis ini.
2. Ir. Catharina Badra Nawangpalupi, S.T., M.Eng.Sc., MTD., Ph.D. selaku dosen pembahas tesis yang telah memberikan masukan berupa kritik dan saran terhadap penelitian tesis yang dilakukan.
3. Dr. Sugih Sudharma Tjandra, S.T., M.Si. selaku dosen pembahas tesis yang telah memberikan masukan berupa kritik dan saran terhadap penelitian tesis yang dilakukan.
4. Orang tua penulis yang telah memberikan dukungan baik secara moral maupun materil sehingga penulis mampu menyelesaikan proposal tesis ini.
5. Dosen-dosen di Magister Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan Bandung yang telah membagikan ilmunya dan juga memberikan pengalaman berdiskusi yang menarik selama perkuliahan dilaksanakan

6. Adinda Oktaviani, Ancella Hendrika, Dian Putrawangsa, Giovano Alberto, Lisa Keizia Halim, dan teman-teman di Magister Teknik Industri lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan dan juga sebagai teman diskusi dalam melakukan penelitian.
7. Tania Juliana yang telah memberikan dukungan dan juga sebagai teman diskusi dalam melakukan penelitian tesis.
8. Teman-teman penulis yang tidak dapat disebutkan semuanya yang telah memberikan dukungan selama proses penulisan tesis.

Penulis menyadari laporan yang telah dibuat ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengapresiasi saran dan kritik dari para pembaca agar penulis dapat membuat laporan yang lebih baik lagi di kemudian hari.

5 September 2022



Kevin Grahadian

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN	
ABSTRAK	
ABSTRACT	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Identifikasi dan rumusan masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Batasan dan asumsi	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Metodologi Penelitian	9
1.7 Sistematika Penulisan	11
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 <i>Vehicle Routing Problem (VRP)</i>	13
2.2 <i>Vehicle Routing Problem with Time Windows</i>	14

2.3	<i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i> dengan 3D Loading Constraint	17
2.4	Kualitas Produk <i>Perishable Food</i>	22
2.5	Sintesis Penelitian dan Posisi Penelitian	23
BAB 3 PENGEMBANGAN DAN IMPLEMENTASI MODEL PENELITIAN		32
3.1	Model Penelitian	32
3.1.1	Notasi Model Matematis	35
3.1.2	Model Matematis	37
3.2	Verifikasi Model	40
3.3	Implementasi Model	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		65
4.1	Hasil Implementasi	65
4.2	Analisis Sensitivitas	70
4.2.1	Perubahan Kapasitas Kendaraan	70
4.2.2	Perubahan Rentang Waktu Konsumen (<i>Time Window</i>)	72
4.2.3	Perubahan Permintaan Pelanggan	74
4.2.4	Perubahan Umur Produk	76
4.3	Analisis Ketangguhan Model	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		79
5.1	Kesimpulan	79
5.2	Saran	80
DAFTAR PUSTAKA		81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Metodologi Penelitian	10
Gambar 2. 1 Posisi Penelitian Saat Ini	31
Gambar 3. 1 Penempatan Boks Verifikasi Model	52
Gambar 3. 2 Rute Perjalanan Kasus Pertama	56
Gambar 3. 3 Penempatan Boks Kendaraan 1 Kasus Pertama	57
Gambar 3. 4 Penempatan Boks kendaraan 2 Kasus Pertama	57
Gambar 3. 5 Rute Perjalanan Kasus Kedua	59
Gambar 3. 6 Rute Perjalanan Kasus Ketiga	60
Gambar 3. 7 Penempatan Boks Kendaraan 1 Kasus Ketiga	61
Gambar 3. 8 Penempatan Boks Kendaraan 2 Kasus Ketiga	62
Gambar 3. 9 Rute Perjalanan Kasus Keempat	63
Gambar 3. 10 Rute Kasus Kelima	65
Gambar 3. 11 Hasil AMPL Kasus <i>Infeasible</i>	66
Gambar 4. 1 Perubahan Total Biaya Terhadap Jenis Kendaraan	71
Gambar 4. 2 Perubahan Total Biaya Terhadap Rentang Waktu (UB)	73
Gambar 4. 3 Perubahan Total Biaya Terhadap Jumlah Permintaan	75
Gambar 4. 4 Perubahan Total Biaya Terhadap Umur Produk	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kualitas Level Stroberi pada Temperatur 0°C	23
Tabel 2. 2 Penelitian Berdasarkan Tujuan Penelitian	27
Tabel 2. 3 Penelitian Berdasarkan Kendala	28
Tabel 3. 1 Biaya Kualitas	35
Tabel 3. 2 Notasi Matematis	36
Tabel 3. 3 Matriks Jarak	41
Tabel 3. 4 Matriks Waktu Bepergian Antar Titik	41
Tabel 3. 5 Data Waktu Mulai, Akhir, dan Pelayanan Pelanggan	41
Tabel 3. 6 Data Permintaan Pelanggan	41
Tabel 3. 7 Koordinat Benda yang Dimasukkan	48
Tabel 3. 8 Lokasi Contoh Kasus	53
Tabel 3. 9 Data Kasus Sederhana	54
Tabel 3. 10 Parameter Kasus Sederhana	54
Tabel 3. 11 Rute Terpilih Kasus Pertama	55
Tabel 3. 12 Waktu Kunjung Kasus Pertama	56
Tabel 3. 13 Rute Kasus Pertama Menggunakan NNH	58
Tabel 3. 14 Rute Kasus Ketiga	60
Tabel 3. 15 Waktu Kunjung Kasus Ketiga	60
Tabel 3. 16 Rute Kasus Keempat	62

Tabel 3. 17 Parameter Kasus Kelima	64
Tabel 3. 18 Rute Kasus Kelima	64
Tabel 3. 19 Waktu Kedatangan Kasus Kelima	64
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Hasil Implementasi Model	65
Tabel 4. 2 Analisis Sensitivitas Perubahan Jenis Kendaraan	71
Tabel 4. 3 Analisis Sensitivitas Perubahan Rentang Waktu (UB)	73
Tabel 4. 4 Analisis Sensitivitas Permintaan Pelanggan	74
Tabel 4. 5 Analisis Sensitivitas Umur Produk	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Matriks Jarak Kasus Sederhana	88
Lampiran 2. Matriks Waktu Kasus Sederhana	89
Lampiran 3. Coding Model 3L-CVRPTW pada AMPL	90
Lampiran 4. Coding Data 3L-CVRPTW pada AMPL	92
Lampiran 5. Solusi Kasus Sederhana	95

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab 1 pendahuluan dijelaskan mengenai dasar dilakukannya penelitian ini. Isi dari bab ini pun terdiri dari latar belakang masalah, identifikasi dan rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan dan asumsi, manfaat penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan.

1.1 Latar belakang

Dalam dua tahun terakhir ini Indonesia telah dilanda pandemi Covid-19 (Anggara, 2020). Berbagai sektor perekonomian mengalami kemunduran. Namun, salah satu sektor yang terus mengalami perkembangan positif adalah sektor pertanian. Salah satu faktor yang memberikan dampak kenaikan cukup besar pada produk pertanian adalah komoditas hortikultura, yang naik sebesar 7,85% pada akhir 2020 (Kementrian Pertanian, 2021). Berdasarkan data yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik (BPS), produk hortikultura ini adalah produk seperti buah-buahan dan sayur-sayuran. Dengan adanya berbagai aturan pembatasan yang disebabkan oleh Covid-19, permintaan akan sayuran dan buah-buahan segar mengalami peningkatan. Produk-produk tersebut dapat dikategorikan sebagai produk *perishable food*.

Perishable food adalah bahan makanan yang mudah busuk seperti sayuran, buah-buahan, susu, ikan, dan daging. Bahan makanan ini memiliki umur yang relatif singkat setelah dipanen atau diproduksi jika tidak langsung dikonsumsi atau disimpan dengan baik (Amorim & Almada-Lobo, 2014; Canadian Institute of Food Safety, 2017; Hsiao Chen, Lu & Chin 2018; Mercier, Mondor, McCarthy, Villeneuve, Alvarez & Uysal 2019; Ruan, Zhang, Miao, & Shen, 2013). Kerusakan yang dialami oleh *perishable food* disebabkan oleh berbagai macam hal salah satunya adalah kerusakan fisik yang terjadi selama proses pengiriman berlangsung. Hal ini menyebabkan bahan makanan tersebut berkurang nutrisinya, munculnya bakteri-bakteri tidak baik, dan habisnya umur dari produk tersebut (Hsiao et al., 2018).

Kerusakan secara fisik dapat terjadi akibat getaran dan benturan ketika proses distribusi dilakukan (Li, Yao & Niu, 2013; Li, He, Zheng, Huang & Fan 2015). Dalam melakukan proses distribusi, sering ditemukan jalanan yang tidak stabil, berlubang, dan berbagai manuver yang menyebabkan muatan di dalam kendaraan menjadi tidak stabil. Bahkan muatan yang sudah disusun sedemikian rupa dapat terjatuh. Selain itu, muatan yang terlalu sesak pun dapat membuat produk yang dibawa saling berbenturan satu sama lainnya sehingga menyebabkan kerusakan.

Di dalam artikel yang diterbitkan oleh Universitas Negeri Yogyakarta (2019) produk hortikultura yang mengalami kerusakan sehingga tidak layak untuk dijual mencapai 70%. Hal ini didukung oleh penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Widodo, Suyitno, dan Guritno (1997), kerusakan yang disebabkan oleh proses distribusi produk-produk hortikultura mencapai 25-50%. Bahkan di negara maju seperti Tiongkok sendiri, tingkat kerusakan produk-produk sejenis mencapai 30%

akibat proses distribusi (Li et al., 2015). Hal ini menunjukkan bahwa penanganan produk-produk *perishable* terutama untuk produk seperti buah dalam proses distribusi masih buruk. Kerusakan fisik seperti itu membuat buah-buah tersebut memiliki dampak buruk untuk kesehatan, ekonomi dan sosial.

Berdasarkan artikel yang ditulis oleh Lehman (2020) yang telah ditinjau secara medis, buah-buahan yang telah mengalami perubahan bentuk akan mengalami penurunan nutrisi. Baik buah tersebut dipotong dalam keadaan baik pun nutrisinya sudah berkurang. Hal ini pun sama jika dilihat dari proses distribusi. Buah yang rusak akibat proses distribusi terutama akibat kerusakan fisik seperti buah yang tertekan-tekan, bergesekan sehingga membuka kulitnya, dan sebagainya pun akan mengalami penurunan nutrisi.

Jika dilihat dari segi ekonomi Ma, Wu, dan Dai (2017) menyatakan bahwa buah dalam keadaan segar memiliki nilai jual 100% dan akan mengalami penurunan secara terus menerus setelah dipanen. Bahkan bisa saja buah-buahan tidak memiliki nilai jual jika kualitasnya sudah tidak memenuhi syarat yang ditentukan. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan kualitas atau kecacatan yang dialami oleh produk yang diantarkan dapat ditolak dan mengalami kerugian secara ekonomi.

Di sisi lain ada pula dampak sosial yang terjadi akibat rusaknya produk-produk ini. Makanan yang seharusnya dikonsumsi oleh manusia terbuang sebanyak 1,3 miliar ton per tahunnya. 45% dari makanan tersebut berasal dari sayur dan buah-buahan yang cacat (Makhal, Robertson, Thyne, dan Miroso, 2021). Berdasarkan artikel yang ditulis oleh Laganda (2021) untuk Persatuan Bangsa-Bangsa, ada sebanyak 957 juta orang di 93 negara yang tidak memiliki cukup makanan.

Selain permasalahan penyimpanan yang menyebabkan kerugian, biaya pengiriman pun masih terbilang cukup besar. Biaya logistik yang muncul dari proses pengiriman hortikultura mencapai 30% dari harga pokok penjualan (Perdana, 2016). Jadi biaya yang dialami oleh petani tidak hanya biaya yang keluar akibat kerusakan pada produk-produknya namun juga biaya logistik yang masih besar.

Keamanan produk yang mudah busuk atau *perishable food* menjadi salah satu isu global baik bagi pemerintahan maupun bagi para peneliti di seluruh dunia karena makanan menjadi salah satu dampak terbesar di dalam pola hidup yang sehat, mencegah berbagai penyakit, dan kesehatan publik. Maka dari itu salah satu hal penting yang perlu diperhatikan adalah proses distribusinya (Li et al., 2015).

1.2 Identifikasi dan rumusan masalah

Pada penelitian kali ini, produk *perishable* yang diteliti adalah stroberi. Stroberi merupakan produk hortikultura, menjadi salah satu yang diunggulkan dan memiliki nilai jual yang tinggi baik di Indonesia dan pasar ekspor. Berdasarkan data yang didapatkan dari Badan Pusat Statistika, produksi stroberi paling banyak berasal dari Jawa Barat, yang menyumbang sebesar 5955 ton atau sekitar 71,32% dari produksi nasional.

Namun permasalahan terkait stroberi muncul ketika proses distribusi dilakukan. Berdasarkan penelitian Sukasih dan Setyadjit (2019) kerusakan stroberi dan komoditas hortikultura lainnya adalah lecet, terkelupas, kering, memar, dan busuk. Berdasarkan hasil wawancara terhadap petani stroberi di daerah Lembang, Kabupaten Bandung, umur stroberi biasanya hanya berkisar 3 hari paling lama.

Hsiao et al. (2018) membuat penelitian mengenai pengiriman akhir di Tiongkok dengan objek yang diteliti adalah stroberi. Berdasarkan penelitian tersebut, stroberi idealnya disimpan dalam suhu 0°C dapat bertahan selama 168 jam. Menurut Hsiao, dengan umur 168 jam atau kualitasnya masih sangat baik stroberi dapat dijual dengan harga 100% dan kualitasnya akan terus menurun seiring dengan berkurangnya umur stroberi. Namun, jika melihat produsen di Jawa Barat yang stroberi hanya mampu bertahan 3 hari paling lama, nilai jualnya hanya dapat mencapai 50% saja. Maka dari itu stroberi sebaiknya harus cepat sampai ke tangan konsumen agar keuntungan yang didapatkan pun semakin maksimal.

Sukasih dan Setyadjit (2019) juga melakukan penelitian terhadap buah stroberi yang menyebutkan bahwa kecacatan hasil produksi stroberi dapat mencapai 20%. Bahkan ada kasus di mana kecacatan dapat sampai 50% akibat pengiriman. Hal tersebut sangat merugikan pihak petani atau pengirim karena kehilangan pendapatan akibat stroberi tidak mampu terjual.

Selain melihat dari hasil penelitian-penelitian dilakukan juga observasi dan wawancara kepada pembeli stroberi dari para petani. Ia menerima stroberi dalam bentuk boks, yang isi satu boksnya diisi dengan 10kg stroberi. Menurutnya di setiap boksnya ada kerusakan antara 0,5kg sampai dengan 2kg. Kerusakannya pun sama dengan hasil penelitian terdahulu seperti stroberi lecet karena saling bergesekan dan tertindih-tindih, serta stroberi yang sudah busuk karena umurnya sudah habis. Umur stroberi yang mereka jual pun dihitung sebentar yakni hanya 1-2 hari.

Hasil observasi lapangan pun menunjukkan bahwa petani-petani stroberi biasanya masih memasukkan boks plastik yang berisi stroberi ke dalam kardus-kardus

untuk dikirimkan. Namun, ukuran kardus-kardus tersebut masih tidak memiliki standar yang pasti. Para petani hanya menggunakan kardus yang dapat mereka temukan di lingkungannya, karena yang terpenting bagi para petani stroberi dapat dimuat di dalam sebuah kardus dan dikirimkan ke tempat tujuan. Oleh sebab itu kualitas stroberi dapat berkurang cukup banyak ketika proses distribusi dilakukan.

Berdasarkan penjelasan tersebut, sangat penting bagi para petani atau penyuplai stroberi untuk bisa memaksimalkan keuntungan mereka dengan salah satu caranya adalah memastikan stroberi dapat dikirimkan secepat mungkin untuk sampai ke tangan konsumen dan memastikan stroberi yang dibawa tidak rusak secara fisik. Oleh karena itu diperlukan perancangan berupa rute paling baik dalam melakukan pengiriman dan juga cara penyimpanan yang mampu menjaga stroberi agar tidak rusak.

Dengan dirancangnya rute yang optimal maka jarak tempuh yang harus dilalui oleh truk pengirim barang dapat lebih pendek. Dengan jarak yang lebih pendek biaya pengiriman pun dapat diminimalisir. Selain biaya pengiriman, waktu yang ditempuh pun menjadi lebih cepat. Maka dari itu dengan merancang rute yang optimal dapat meminimalisir biaya sekaligus mempercepat stroberi sampai ke tangan konsumen sehingga nilai jual stroberi masih tinggi. Permasalahan ini dapat dimasukkan ke dalam kategori *vehicle routing problem with time window* (VRPTW) (Li et al., 2015). VRPTW adalah permasalahan pengiriman dengan mencari rute terpendek guna meminimasi biaya dengan memastikan pengiriman dilakukan dalam interval waktu yang ditetapkan.

Selain perancangan rute, perlu dilakukan juga perancangan penyimpanan barang di dalam truk. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan kapasitas truk dan juga menjaga

produk yang dibawa agar tidak rusak. Dengan hal ini, jumlah truk dapat diminimasi dan juga kerusakan pun dapat diminimasi yang implikasinya adalah meminimasi biaya yang dikeluarkan. Permasalahan ini masuk ke dalam permasalahan *3D loading constraint* (3L-CVRP)(Ruan et al., 2013). Di dalam 3L-CVRP dicari rute terbaik dengan batasan berupa penyimpanan produk di dalam truk harus didesain sedemikian rupa. Pada permasalahan VRP biasa, kapasitas truk yang digunakan dalam satuan volume atau jumlah item, namun belum melihat penyimpanan di dalam truknya. Maka dari itu di dalam 3L-CVRP dilihat juga bagaimana cara penyimpanan produk-produk di dalam truk.

Penelitian ini berfokus terhadap pengiriman *perishable food* agar kualitasnya terjaga dari kerusakan akibat sudah melewati umurnya ataupun kerusakan yang diakibatkan secara fisik selama proses distribusi dilakukan. Selain itu, dilakukan juga minimasi jarak agar pengiriman lebih efisien dan mengurangi biaya pengiriman. Permasalahan yang diangkat dikategorikan menjadi permasalahan VRPTW dengan memperhatikan penyimpanan di dalam kendaraan yang digunakan atau di dalam penelitian kali ini disebut *3D Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Window* (3L-CVRPTW). Berdasarkan penjelasan tersebut didapatkan rumusan masalah berupa, bagaimana model untuk *vehicle routing problem* dengan mempertimbangkan *time window* dan *3D loading constraint*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, tujuan penelitian yang dilakukan adalah mengembangkan model *vehicle routing problem* dengan mempertimbangkan *time window* dan *3D loading constraint*.

1.4 Batasan dan asumsi

Pada penelitian ini ada beberapa batasan yang digunakan terhadap penelitian ini.

Berikut merupakan batasan-batasan yang digunakan:

1. Ukuran performansi biaya hanya meliputi biaya tetap, biaya perjalanan, biaya kualitas, dan biaya sisa penyimpanan.
2. Rute kendaraan terpilih hanya terbatas pada waktu perjalanan yang dapat ditempuh dalam satu hari.
3. Kendaraan yang digunakan hanya satu jenis kendaraan untuk setiap implementasi yang dilakukan

Adapun asumsi yang digunakan untuk menyederhanakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan kendaraan stabil saat melakukan perjalanan.
2. Bahan bakar yang digunakan kendaraan hanya dihitung ketika kendaraan berpindah tempat.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan diharapkan mampu berguna bagi berbagai pihak. Berikut merupakan manfaat yang dapat diberikan dari penelitian ini:

1. Memberikan kontribusi terhadap VRPTW dengan *3D Loading Constraint*.
2. Memberikan wawasan baru bagi pembaca mengenai VRPTW dengan *3D Loading Constraint* untuk meminimasi biaya pengiriman dengan memaksimalkan kapasitas yang dibawa oleh kendaraan.
3. Mengurangi *food waste* atau kerusakan produk yang disebabkan karena kecacatan yang terjadi selama proses distribusi.

1.6 Metodologi Penelitian

Pada bagian ini dijelaskan mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini. Metodologi penelitian dibutuhkan agar penelitian yang dilakukan berjalan secara sistematis. Gambar 1.1 merupakan diagram alir dari metodologi penelitian yang digunakan dalam pengembangan model 3L-CVRPTW pada penelitian ini.

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi mengenai logistik untuk produk-produk yang mudah rusak, seperti sayur dan buah-buahan dalam kaitan dengan *vehicle routing problem with time window*, dan *capacitated vehicle routing problem with 3D loading constraint*.

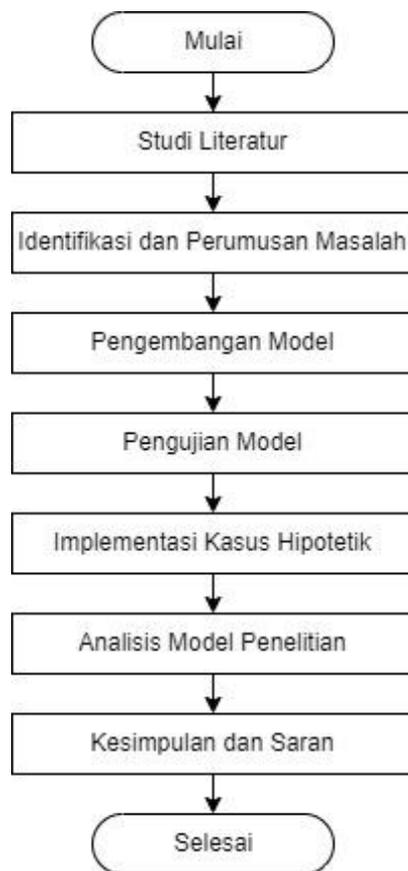
Studi literatur ini dilakukan dengan mencari dan membaca referensi-referensi seperti jurnal, buku, dan artikel yang berkaitan dengan permasalahan tersebut.

2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Berdasarkan studi literatur tersebut, pada tahap ini dilakukan perumusan masalah terkait dengan pengembangan model *3D Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Window* (3L-CVRPTW) baik secara teoritis maupun implementasi dunia nyata.

3. Pengembangan Model

Pada tahap ini dilakukan pengembangan model 3L-CVRPTW untuk mengoptimasi ruang yang digunakan oleh kendaraan pengantar barang sehingga biaya pengiriman dapat diminimasi. Pengembangan model penelitian ini adalah penggabungan model penelitian terdahulu yang berkaitan dengan VRPTW dan CVRP.



Gambar 1. 1 Metodologi Penelitian

4. Pengujian Model

Pada tahap ini dilakukan pengujian model 3L-CVRPTW yang telah dibuat dengan mengimplementasikan kasus ke permasalahan yang bersifat hipotetik. Pengujian ini dilakukan untuk memverifikasi model yang telah dibuat agar hasil yang didapatkan tidak melanggar batasan-batasan yang telah dibuat.

5. Implementasi Kasus Hipotetik

Model yang telah diuji tersebut kemudian dikembangkan ke kasus yang lebih besar. Dalam hal ini, kasus yang lebih besar artinya memiliki titik yang lebih banyak. Implementasi terhadap kasus hipotetik dilakukan untuk memastikan model yang dibuat telah sesuai dengan keadaan nyata dan tidak melanggar batasan-batasan yang ada.

6. Analisis Model Penelitian

Model yang telah diterapkan ke dalam kasus hipotetik dianalisis hasilnya. Selain menganalisis hasil tersebut dilakukan juga analisis sensitivitas terhadap beberapa parameter yang ada dari model penelitian.

7. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap terakhir dilakukan penarikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Selain itu diberikan juga saran untuk penelitian selanjutnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penelitian dibuat supaya penelitian yang dilakukan menjadi terstruktur dan sistematis. Dalam penelitian berjudul “PENGEMBANGAN MODEL *VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS* DAN 3D LOADING CONSTRAINT

UNTUK MEMINIMASI TOTAL BIAYA” akan terbagi menjadi 5 bagian. Berikut merupakan sistematika penulisan untuk penelitian yang dilakukan.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, identifikasi dan rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan dan asumsi, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan teori-teori yang dijadikan dasar untuk penelitian ini seperti *Vehicle routing problem*, *vehicle routing problem with time windows*, dan *vehicle routing problem with 3D Loading Constraint*. Selain itu dijelaskan juga mengenai sintesis penelitian dan posisi penelitian ini berada.

BAB 3 PENGEMBANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini dijelaskan mengenai pengembangan model matematis yang dibuat untuk penelitian ini. Disertakan juga notasi dan model matematis dari 3L-CVRPTW. Lalu, model penelitian tersebut dilakukan verifikasi dan diterapkan ke dalam beberapa kasus hipotetik.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas mengenai hasil dari implementasi model penelitian terhadap kasus hipotetik. Selain itu diberikan juga analisis sensitivitas terhadap perubahan pada beberapa parameter yang dipilih.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini diberikan kesimpulan dari dilakukannya penelitian ini dan juga saran yang diberikan baik untuk para pembaca dan juga penelitian selanjutnya untuk topik serupa.