

**PENGEMBANGAN MODEL *VEHICLE ROUTING*
PROBLEM WITH SIMULTANEOUS DELIVERIES AND
PICKUPS DENGAN MEMPERTIMBANGKAN
*MULTIPLE TIME WINDOWS***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar
Sarjana dalam bidang ilmu Teknik Industri

Disusun oleh:

Nama : Patrick Christian

NPM : 2017610206



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2021**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**



Nama : Patrick Christian
NPM : 2017610206
Jurusan : Teknik Industri
Judul Skripsi : *PENGEMBANGAN MODEL VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH SIMULTANEOUS DELIVERIES AND PICKUPS DENGAN MEMPERTIMBANGKAN MULTIPLE TIME WINDOWS*

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, Agustus 2021

Ketua Program Studi Sarjana Teknik Industri

(Dr. Ceicalia Tesavrita, S.T., M.T.)

Pembimbing Pertama

(Fran Setiawan, S.T., M.Sc.)

Pembimbing Kedua

(Cherish Rikardo, S.Si., M.T.)



Program Studi Sarjana Teknik Industri
Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan

Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Patrick Christian

NPM : 2017610206

dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul :

PENGEMBANGAN MODEL *VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH SIMULTANEOUS DELIVERIES AND PICKUPS* DENGAN MEMPERTIMBANGKAN *MULTIPLE TIME WINDOWS*

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya.

Bandung, 9 Agustus 2021

Patrick Christian
2017610206

ABSTRAK

Industri pakaian merupakan salah satu industri yang sedang berkembang di Indonesia, dengan salah satu perkembangan yang terjadi adalah lahirnya jasa *subscription* pakaian. *Subscription* pakaian merupakan layanan yang diberikan kepada pelanggan dengan menyewakan sejumlah atasan dan bawahan untuk durasi tertentu selama beberapa kali peminjaman. Dalam industri *subscription* pakaian sendiri, proses pengiriman merupakan salah satu proses penting yang terjadi. Pihak penyedia layanan perlu menentukan rute yang optimal untuk memastikan pakaian yang dipinjam oleh pelanggan datang tepat waktu dan tetap meminimasi biaya pengiriman yang terjadi. Salah satu model yang membantu dalam menentukan rute kendaraan adalah *vehicle routing problem* (VRP). Karena terdapat proses pengiriman dan pengambilan, layanan *subscription* pakaian sendiri tergolong dalam kategori *vehicle routing problem with simultaneous deliveries and pickups* (VRPSDP). Dalam proses pengantaran dan pengambilan dari pelanggan yang terjadi, pelanggan akan memberikan sejumlah *time windows* kepada penyedia layanan untuk memastikan proses pengantaran dan pengambilan terjadi ketika pelanggan memiliki waktu luang, *constraint* ini biasa dikenal dengan *multiple time windows* dan belum ada pengembangan terhadap model VRPSDP yang dapat mengakomodir permasalahan ini. Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, akan dikembangkan model VRPSDP dengan mempertimbangkan *multiple time windows*. Hal ini dilaksanakan dengan menambahkan 7 fungsi pembatas baru, perubahan fungsi tujuan dari model awal, dan perubahan 1 fungsi pembatas dari model awal. Model yang dikembangkan akan melalui proses pengujian. Proses pengujian dilaksanakan dengan merancang 18 kasus hipotetik untuk memastikan model dapat menghasilkan solusi optimal dan sesuai dengan tujuan pengembangan model. Berdasarkan proses pengujian yang telah dilaksanakan, model yang dikembangkan berhasil memberikan solusi rute dengan memastikan pelanggan dilayani pada salah satu *time windows* yang dimiliki.

ABSTRACT

The clothing industry is one of the growing industries in Indonesia, with the onset of clothing subscription services as one of the business models in the industry. The clothing subscription services offer the customers to rent out several clothing items for a specific time by paying a regular fee. The shipping process is one of the essential processes in the clothing subscription industry. The service provider needs to determine the optimal route to ensure the clothes borrowed by customers arrive on time while minimizing the shipping costs incurred. One model that helps in deciding vehicle routes is the vehicle routing problem (VRP). The delivery and pick-up demand process in the clothing subscription service can be classified as the vehicle routing problem with simultaneous deliveries and pick-ups (VRPSDP). In the delivery and pick-up process, the customer will provide several time windows to the service provider to ensure the delivery and pick-up process match the customer's free time, this constraint is known as multiple time windows and there has been no development of the VRPSDP model that can accommodate this problem. This study will develop a Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-up model by considering the multiple time window constraint. The research will be done by adding seven new restriction functions, changing the objective function from the initial model, and changing one restriction function from the initial model. The developed model will go through a testing process. The testing process is carried out by designing 18 hypothetical cases to ensure the model can produce optimal solutions and follow model development objectives. Based on the testing process carried out, the developed model successfully provides route solutions by ensuring that customers are served on one of their time windows.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan pertolongannya penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi dengan judul “Pengembangan Model *Vehicle Routing Problem With Simultaneous Deliveries and Pickups* dengan Mempertimbangkan *Multiple Time Windows*”. Bantuan, dukungan, saran, dan komentar banyak diberikan oleh berbagai pihak yang turut melancarkan penelitian skripsi ini. Oleh karenanya penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung selama pelaksanaan penelitian skripsi.

1. Orang tua dan keluarga yang tanpa henti selalu memberikan dukungan dan doa serta memberi semangat selama pelaksanaan penelitian skripsi.
2. Bapak Fran Setiawan, S.T., M.Sc. dan Ibu Cherish Rikardo, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah berkenan selalu mendampingi dan memberikan saran selama penelitian ini.
3. Bapak Dedy Suryadi, S.T., M.S., Ph.D dan Bapak Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., MIM selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan terhadap pelaksanaan penelitian ini.
4. Abelio, Gulam, Andrean, Yola, Jeffrey, Nessa, Jonathan, Thomas, Nathan, Aldo, dan Regan yang sebagai teman terdekat yang selalu memberikan semangat dan saran selama penelitian berlangsung.
5. Melvin, Andre, Chrisanto, Kenneth A., Dika, Malik, Nando, Yoga, Felix, Jeffry, Johan, Paulus, Kenneth K, Aulia, Sammy, Brenda, Joel, Evelyn, dan Vincent sebagai teman seperjuangan untuk menyelesaikan penelitian skripsi yang selalu saling mendukung dan memberi semangat.
6. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian.

Penulis menyadari pelaksanaan penelitian dan laporan yang telah dibuat masih jauh dari kata sempurna. Oleh karenanya penulis memohon maaf apabila masih terdapat banyak kekurangan dari penelitian yang telah dilaksanakan. Penulis dengan terbuka siap menerima masukan, saran, dan kritik terhadap

penelitian. Akhir kata semoga penelitian yang telah dilaksanakan dapat bermanfaat dan berguna kedepannya.

Bandung, 9 Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang Masalah	I-1
I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah.....	I-3
I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian	I-6
I.4 Tujuan Penelitian	I-6
I.5 Manfaat Penelitian	I-7
I.6 Metodologi Penelitian	I-7
I.7 Sistematika Penulisan	I-10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
II.1 Optimasi dan Pemodelan Matematis.....	II-1
II.2 <i>Vehicle Routing Problem</i>	II-1
II.3 <i>Vehicle Routing Problem with Deliveries and Pickups (VRPSDP)</i>	II-3
II.4 <i>Vehicle Routing Problem with Simultaneous Deliveries and Pickups</i> (<i>VRPSDP</i>)	II-4
II.5 <i>Time Windows</i>	II-6
II.6 Bahasa Pemodelan AMPL.....	II-6
BAB III PENGEMBANGAN MODEL.....	III-1
III.1 Pengembangan Model VRPSDP dengan Mempertimbangkan <i>Multiple Time Windows</i>	III-1
III.2 Model <i>Vehicle Routing Problem with Simultaneous Deliveries and</i> <i>Pickups</i> dengan Mempertimbangkan <i>Multiple Time Windows</i>	III-3
III.3 Penerjemahan Model VRPSDP ke Bahasa Pemrograman AMPL dan Verifikasi Model	III-5

III.3.1	Verifikasi Model Awal Dalam Bahasa AMPL: Kasus Pertama	III-7
III.3.2	Verifikasi Model Awal Dalam Bahasa AMPL : Kasus Kedua	III-10
III.4	Penerjemahan Model VRPSDP-MTW ke Bahasa Pemrograman AMPL dan Verifikasi Model.....	III-12
III.5	Gambaran Rancangan Kasus Hipotetik.....	III-14
III.6	Kasus Hipotetik 1	III-16
III.6.1	Rancangan Kasus Hipotetik 1	III-17
III.6.2	Hasil Kasus Hipotetik 1	III-18
III.6.3	Verifikasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 1	III-20
III.6.4	Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 1	III-21
III.7	Kasus Hipotetik 2	III-22
III.7.1	Rancangan Kasus Hipotetik 2.....	III-22
III.7.2	Hasil Kasus Hipotetik 2	III-24
III.7.3	Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 2	III-26
III.8	Kasus Hipotetik 3	III-27
III.8.1	Rancangan Kasus Hipotetik 3.....	III-27
III.8.2	Hasil Kasus Hipotetik 3	III-29
III.8.3	Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 3	III-31
III.9	Kasus Hipotetik 4	III-32
III.9.1	Rancangan Kasus Hipotetik 4.....	III-32
III.9.2	Hasil Kasus Hipotetik 4	III-33
III.9.3	Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 4	III-35
III.10	Kasus Hipotetik 5	III-36
III.10.1	Rancangan Kasus Hipotetik 5.....	III-36
III.10.2	Hasil Kasus Hipotetik 5	III-37
III.10.3	Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 5	III-39
III.11	Kasus Hipotetik 6	III-40
III.11.1	Rancangan Kasus Hipotetik 6.....	III-40
III.11.2	Hasil Kasus Hipotetik 6	III-41
III.11.3	Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 6	III-44
III.12	Kasus Hipotetik 7	III-45
III.12.1	Rancangan Kasus Hipotetik 7.....	III-45

III.12.2	Hasil Kasus Hipotetik 7	III-46
III.12.3	Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 7	III-48
III.13	Kasus Hipotetik 8.....	III-49
III.13.1	Rancangan Kasus Hipotetik 8	III-49
III.13.2	Hasil Kasus Hipotetik 8	III-50
III.13.3	Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 8	III-52
III.14	Kasus Hipotetik 9.....	III-54
III.14.1	Rancangan Kasus Hipotetik 9	III-54
III.14.2	Hasil Kasus Hipotetik 9	III-55
III.14.3	Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 9	III-57
III.15	Kasus Hipotetik 10.....	III-58
III.15.1	Rancangan Kasus Hipotetik 10	III-59
III.15.2	Hasil Kasus Hipotetik 10	III-60
III.15.3	Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 10	III-63
III.16	Kasus Hipotetik 11.....	III-64
III.16.1	Rancangan Kasus Hipotetik 11	III-64
III.16.2	Hasil Kasus Hipotetik 11	III-66
III.16.3	Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 11	III-68
III.17	Kasus Hipotetik 12.....	III-69
III.17.1	Rancangan Kasus Hipotetik 12	III-69
III.17.2	Hasil Kasus Hipotetik 12	III-71
III.17.3	Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 12	III-73
III.18	Kasus Hipotetik 13.....	III-75
III.18.1	Rancangan Kasus Hipotetik 13	III-75
III.18.2	Hasil Kasus Hipotetik 13	III-76
III.18.3	Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 13	III-79
III.19	Kasus Hipotetik 14.....	III-80
III.19.1	Rancangan Kasus Hipotetik 14	III-80
III.19.2	Hasil Kasus Hipotetik 14	III-81
III.19.3	Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 14	III-84
III.20	Kasus Hipotetik 15.....	III-85
III.20.1	Rancangan Kasus Hipotetik 15	III-85
III.20.2	Hasil Kasus Hipotetik 15	III-87
III.20.3	Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 15	III-89

III.21 Kasus Hipotetik 16	III-91
III.21.1 Rancangan Kasus Hipotetik 16.....	III-91
III.21.2 Hasil Kasus Hipotetik 16	III-93
III.21.3 Validasi Berdasarkan Kasus Hipotetik 16	III-96
III.22 Kasus Hipotetik 17	III-97
III.22.1 Rancangan Kasus Hipotetik 17.....	III-98
III.22.2 Hasil Kasus Hipotetik 17	III-99
III.23 Kasus Hipotetik 18	III-99
III.23.1 Rancangan Kasus Hipotetik 18.....	III-99
III.23.2 Hasil Kasus Hipotetik 18	III-100
III.24 Rekapitulasi Verifikasi dan Validasi Model Hasil Pengembangan	III-101
BAB IV ANALISIS	IV-1
IV.1 Analisis Model Hasil Pengembangan	IV-1
IV.2 Analisis Pengujian Model Hasil Pengembangan dan Solusi Optimal Kasus Hipotetik	IV-3
IV.3 Analisis Dampak Perubahan Jumlah Pelanggan	IV-6
IV.4 Analisis Dampak Perubahan Jumlah Kendaraan dan Kapasitas Kendaraan	IV-7
IV.5 Analisis Dampak Perubahan Jumlah <i>Time Windows</i> , Perbedaan Jumlah <i>Time Windows</i> , Perubahan Durasi <i>Time Windows</i> , dan Perbedaan Durasi <i>Time Windows</i>	IV-8
IV.6 Analisis Penerapan Model.....	IV-10
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	V-1
V.1 Kesimpulan.....	V-1
V.2 Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
RIWAYAT HIDUP PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Pengembangan Terhadap VRPSDP	I-4
Tabel II.1 Perkembangan Varian VRP.....	II-2
Tabel II.2 Perkembangan Varian VRPDP.....	II-3
Tabel III.1 Daftar Notasi	III-1
Tabel III.2 Gambaran Rancangan Kasus Hipotetik.....	III-14
Tabel III.3 Rancangan Kasus Hipotetik 1.....	III-17
Tabel III.4 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 1	III-19
Tabel III.5 Rekapitulasi Iterasi <i>Feasible</i> Kasus Hipotetik 1	III-20
Tabel III.6 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 1	III-21
Tabel III.7 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 1	III-21
Tabel III.8 Rancangan Kasus Hipotetik 2.....	III-22
Tabel III.9 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 2	III-25
Tabel III.10 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 2	III-26
Tabel III.11 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 2	III-27
Tabel III.12 Rancangan Kasus Hipotetik 3.....	III-28
Tabel III.13 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 3	III-30
Tabel III.14 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 3	III-31
Tabel III.15 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 3	III-31
Tabel III.16 Rancangan Kasus Hipotetik 4.....	III-32
Tabel III.17 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 4	III-34
Tabel III.18 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 4	III-35
Tabel III.19 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 4	III-35
Tabel III.20 Rancangan Kasus Hipotetik 5.....	III-36
Tabel III.21 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 5	III-38
Tabel III.22 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 5	III-39
Tabel III.23 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 5	III-39
Tabel III.24 Rancangan Kasus Hipotetik 6.....	III-40
Tabel III.25 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 6	III-43
Tabel III.26 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 6	III-44
Tabel III.27 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 6	III-44

Tabel III.28 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 7	III-47
Tabel III.29 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 7	III-48
Tabel III.30 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 7	III-48
Tabel III.31 Rancangan Kasus Hipotetik 8.....	III-49
Tabel III.32 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 8.....	III-51
Tabel III.33 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 8	III-52
Tabel III.34 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 8	III-53
Tabel III.35 Rancangan Kasus Hipotetik 9.....	III-54
Tabel III.36 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 9.....	III-56
Tabel III.37 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 9	III-57
Tabel III.38 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 9	III-58
Tabel III.39 Rancangan Kasus Hipotetik 10.....	III-59
Tabel III.40 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 10.....	III-61
Tabel III.41 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 10	III-63
Tabel III.42 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 10	III-64
Tabel III.43 Rancangan Kasus Hipotetik 11.....	III-65
Tabel III.44 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 11.....	III-67
Tabel III.45 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 11	III-68
Tabel III.46 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 11	III-68
Tabel III.47 Rancangan Kasus Hipotetik 12.....	III-69
Tabel III.48 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 12.....	III-72
Tabel III.49 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 12	III-73
Tabel III.50 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 12	III-74
Tabel III.51 Rancangan Kasus Hipotetik 13.....	III-75
Tabel III.52 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 13.....	III-77
Tabel III.53 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 13	III-79
Tabel III.54 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 13	III-80
Tabel III.55 Rancangan Kasus Hipotetik 14.....	III-81
Tabel III.56 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 14.....	III-83
Tabel III.57 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 14	III-84
Tabel III.58 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 14	III-85
Tabel III.59 Rancangan Kasus Hipotetik 15.....	III-86
Tabel III.60 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 15.....	III-88
Tabel III.61 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 15	III-89

Tabel III.62 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 15	III-90
Tabel III.63 Rancangan Kasus Hipotetik 16.....	III-91
Tabel III.64 Rekapitulasi Hasil Kasus Hipotetik 16	III-94
Tabel III.65 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kapasitas Kasus Hipotetik 16	III-96
Tabel III.66 Tabel Rekapitulasi <i>Constraint</i> Kasus Hipotetik 16	III-97
Tabel III.67 Rancangan Kasus Hipotetik 17.....	III-98
Tabel III.68 Rancangan Kasus Hipotetik 18.....	III-100
Tabel III.69 Rekapitulasi Validasi Model	III-102

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Metodologi Penelitian.....	I-8
Gambar III.1 <i>Coding File</i> Model Awal (.mod) Baris 1-12	III-5
Gambar III.2 <i>Coding File</i> Model Awal (.mod) Baris 14-47	III-6
Gambar III.3 <i>Coding File</i> Data (.dat) Contoh Kasus Pertama.....	III-7
Gambar III.4 Ilustrasi Kasus Pertama	III-7
Gambar III.5 <i>Coding File</i> Run (.run).....	III-8
Gambar III.6 Hasil Jarak Antar Pelanggan dan Depot Kasus Pertama	III-8
Gambar III.7 Solusi Optimal dari Contoh Kasus Pertama.....	III-9
Gambar III.8 Ilustrasi Solusi Contoh Kasus Pertama.....	III-9
Gambar III.9 <i>Coding File</i> Data (.dat) Contoh Kasus Kedua.....	III-10
Gambar III.10 Ilustrasi Kasus Kedua	III-11
Gambar III.11 Solusi AMPL Contoh Kasus Kedua	III-11
Gambar III.12 Ilustrasi Rute Contoh Kasus Kedua	III-12
Gambar III.13 <i>Coding File</i> Model (.mod) Baris 1-19	III-13
Gambar III.14 <i>Coding File</i> Model (.mod) Baris 20-74	III-13
Gambar III.15 <i>Coding File</i> Run (.run) Model Hasil Pengembangan	III-14
Gambar III.16 <i>File</i> Data (.dat) Kasus Hipotetik 1	III-17
Gambar III.17 Ilustrasi Kasus Hipotetik 1.....	III-18
Gambar III.18 Solusi AMPL Kasus Hipotetik 1	III-18
Gambar III.19 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 1	III-19
Gambar III.20 <i>File</i> Data (.dat) Kasus Hipotetik 2	III-23
Gambar III.21 Ilustrasi Kasus Hipotetik 2.....	III-24
Gambar III.22 Solusi AMPL Rute Kasus Hipotetik 2.....	III-24
Gambar III.23 Solusi AMPL Waktu Kasus Hipotetik 2	III-25
Gambar III.24 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 2.....	III-26
Gambar III.25 Ilustrasi Kasus Hipotetik 3.....	III-28
Gambar III.26 Solusi AMPL Kasus Hipotetik 3	III-29
Gambar III.27 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 3.....	III-30
Gambar III.28 Gambar III.28 Solusi AMPL Rute Kasus Hipotetik 4.....	III-33
Gambar III.29 Solusi AMPL Waktu Kasus Hipotetik 4	III-33

Gambar III.30 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 4	III-34
Gambar III.31 Solusi AMPL Rute Kasus Hipotetik 5	III-37
Gambar III.32 Solusi AMPL Waktu Kasus Hipotetik 5	III-37
Gambar III.33 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 5	III-38
Gambar III.34 Ilustrasi Kasus Hipotetik 6	III-41
Gambar III.35 Solusi AMPL Kasus Hipotetik 6	III-41
Gambar III.36 Solusi Rute Kasus Hipotetik 6	III-42
Gambar III.37 Solusi Waktu Kasus Hipotetik 6	III-42
Gambar III.38 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 6	III-43
Gambar III.39 Solusi Rute Kasus Hipotetik 7	III-46
Gambar III.40 Solusi Waktu Kasus Hipotetik 7	III-46
Gambar III.41 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 7	III-47
Gambar III.42 Solusi Rute Kasus Hipotetik 8	III-50
Gambar III.43 Solusi Waktu Kasus Hipotetik 8	III-51
Gambar III.44 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 8	III-52
Gambar III.45 Ilustrasi Kasus Hipotetik 9	III-55
Gambar III.46 Solusi Rute Kasus Hipotetik 9	III-55
Gambar III.47 Solusi Waktu Kasus Hipotetik 9	III-56
Gambar III.48 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 9	III-57
Gambar III.49 Ilustrasi Kasus Hipotetik 10	III-60
Gambar III.50 Solusi Rute Kasus Hipotetik 10	III-60
Gambar III.51 Solusi Waktu Kasus Hipotetik 10	III-61
Gambar III.52 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 10	III-62
Gambar III.53 Solusi Rute Kasus Hipotetik 11	III-66
Gambar III.54 Solusi Waktu Kasus Hipotetik 11	III-66
Gambar III.55 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 11	III-67
Gambar III.56 Ilustrasi Kasus Hipotetik 12	III-70
Gambar III.57 Solusi Rute Kasus Hipotetik 12	III-71
Gambar III.58 Solusi Waktu Kasus Hipotetik 12	III-71
Gambar III.59 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 12	III-73
Gambar III.60 Solusi Rute Kasus Hipotetik 13	III-76
Gambar III.61 Solusi Waktu Kasus Hipotetik 13	III-77
Gambar III.62 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 13	III-78
Gambar III.63 Solusi Rute Kasus Hipotetik 14	III-82

Gambar III.64 Solusi Waktu Kasus Hipotetik 14	III-82
Gambar III.65 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 14	III-83
Gambar III.66 Solusi Rute Kasus Hipotetik 15.....	III-87
Gambar III.67 Solusi Waktu Kasus Hipotetik 15	III-87
Gambar III.68 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 15.....	III-89
Gambar III.69 Ilustrasi Kasus Hipotetik 16.....	III-92
Gambar III.70 Solusi Rute Kasus Hipotetik 16.....	III-93
Gambar III.71 Solusi Waktu Kasus Hipotetik 16	III-94
Gambar III.72 Ilustrasi Solusi Kasus Hipotetik 16.....	III-95
Gambar III.73 Solusi Kasus Hipotetik 17	III-99
Gambar III.74 Solusi Kasus Hipotetik 18	III-101

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : HASIL PENGEMBANGAN MODEL

LAMPIRAN B : *FILE DATA* (.dat) AMPL SELURUH KASUS HIPOTETIK

LAMPIRAN C : SOLUSI SELURUH KASUS HIPOTETIK

LAMPIRAN D : SELURUH ILUSTRASI HASIL KASUS HIPOTETIK

LAMPIRAN E : SELURUH HASIL ITERASI KASUS HIPOTETIK 1

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bagian pertama, Pendahuluan, pertama-tama akan dibahas latar belakang penelitian ini dilakukan. Kemudian akan dilanjutkan dengan identifikasi permasalahan serta rumusan masalah yang akan diangkat dalam penelitian. Pada bagian awal dari penelitian ini akan dibahas pula pembatasan masalah dan asumsi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, hingga sistematika penulisan.

I.1 Latar Belakang Masalah

Industri pakaian merupakan salah satu industri yang berkontribusi besar dalam berjalannya roda perekonomian Indonesia. Menurut Direktur Jenderal Ketahanan, Perwilayahan, dan Akses Industri Internasional (KPAII) Kemenperin, Eko SA Cahyanto mengatakan bahwa terdapat tujuh sektor prioritas untuk mendongkrak daya saing industri nasional. Berdasarkan pernyataan Direktur KPAII tersebut yang dikutip dari balipost.com pada 7 Maret 2021, industri tekstil dan pakaian merupakan salah satu diantaranya. Pernyataan di atas menunjukkan bahwa industri pakaian di Indonesia terus berkembang dan memiliki prospek yang besar. Seiring perkembangan zaman, industri pakaian juga mulai mengalami perkembangan. Industri pakaian tidak saja lagi dilakukan dengan sistem jual beli pada umumnya. Akan tetapi mulai berkembang menjadi berbagai jenis sistem yang tidak konvensional lagi.

Salah satu perkembangan yang terjadi di industri pakaian adalah penyewaan pakaian dengan sistem berlangganan. Berlangganan atau *subscription* merupakan sistem dimana pelanggan membayar sejumlah uang dan akan mendapatkan barang atau jasa pada jangka waktu tertentu. Jasa berlangganan atau *subscription* pakaian mulai hadir di Indonesia pada sejumlah *brand* seperti Style Theory dan Tinker Joy. Konsep yang dibawakan adalah menyediakan pakaian yang bervariasi untuk digunakan dalam beraktivitas setiap harinya. Pelanggan akan dipinjamkan sejumlah atasan dan bawahan untuk digunakan selama satu minggu kemudian pakaian akan dikembalikan ke penyedia

layanan. Proses peminjaman akan terus menerus berlangsung selama durasi *subscription* yang dipilih oleh pelanggan. Pada layanan *subscription*, kegiatan transportasi dilakukan untuk mengambil pakaian kotor ataupun mengirimkan pakaian bersih kepada pelanggan sebanyak satu kali pengantaran maupun pengambilan setiap minggu.

Transportasi merupakan salah satu komponen penting di dalam suatu kegiatan industri. Definisi dari transportasi sendiri menurut Sitompul (2019) adalah “kegiatan yang menyangkut perpindahan barang secara fisik dari satu lokasi ke lokasi yang lain”. Kegiatan transportasi dalam bisnis *subscription* pakaian dilakukan untuk proses pengantaran dan pengambilan kepada customer. Dalam kasus model *subscription* pakaian, proses pengantaran dilakukan untuk mengirimkan pakaian baru kepada pelanggan. Sementara proses pengambilan dilakukan untuk mengambil pakaian kotor dari pelanggan. Selain *subscription* pakaian, model bisnis yang memiliki karakteristik serupa adalah jasa *catering* makanan harian yang mengirimkan kotak makan berisi makanan bersih serta mengambil kotak makan yang sudah kosong dari pelanggan.

Seiring berkembangnya layanan dan jumlah pelanggan, rute transportasi menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi biaya dari perusahaan sehingga patut untuk dipertimbangkan. Proses distribusi sendiri berpengaruh sepuluh hingga dua puluh persen dari biaya akhir barang serta perencanaan proses distribusi yang baik dapat melakukan penghematan terhadap biaya transportasi lima sampai dua puluh persen (Toth & Vigo, 2001). Hal ini menunjukkan pentingnya perencanaan proses pengantaran di dalam suatu proses industri. Proses distribusi yang tidak direncanakan dengan baik dapat meningkatkan biaya operasional dan mengurangi keuntungan dari perusahaan.

Salah satu model untuk menentukan rute kendaraan dalam proses pengiriman adalah *Vehicle Routing Problem* atau biasa disingkat VRP. *Vehicle Routing Problem* adalah permasalahan penentuan rute kendaraan yang optimal untuk melakukan pelayanan kepada sekumpulan pelanggan (Derbel, Jarboui, & Siarry, 2020). Optimasi dilakukan untuk meminimasi jarak, waktu, maupun sumber daya lainnya. Permasalahan seperti pengantaran jasa berlangganan baju merupakan contoh permasalahan di dunia nyata yang dapat diselesaikan dengan *Vehicle Routing Problem*. Secara lebih spesifik dikarenakan memiliki dua tipe pengantaran yaitu *delivery* dan *pick-up* maka permasalahan ini tergolong sebagai

Vehicle Routing Problem With Deliveries and Pickups atau biasa disingkat VRPDP.

Pada industri *subscription* pakaian, setiap pelanggan pastinya memiliki jam pengantaran atau pengambilan yang berbeda-beda, hal ini dapat disebut juga sebagai *time window*. Pada permasalahan *time window*, proses pelayanan hanya dapat dilakukan pada interval waktu yang ditentukan serta kendaraan harus tetap berada di lokasi selama pelayanan berlangsung (Toth & Vigo, 2001). Banyak alasan mengapa seorang pelanggan hanya dapat dilayani pada jangka waktu tertentu saja dan keterlambatan dapat menyebabkan kepuasan pelanggan berkurang atau bisa saja pelanggan tidak dapat dilayani kembali. Pada model VRPDP masih dibutuhkan pengembangan lebih lanjut agar dapat mengakomodir permasalahan jasa *subscription* baju dengan mempertimbangkan *time window*.

I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Penentuan rute kendaraan menjadi sangat penting jika melihat tingginya biaya transportasi dan penghematan yang dapat dilakukan jika rute transportasi dirancang secara efisien. *Vehicle Routing Problem* (VRP) pada dasarnya memiliki tujuan untuk menentukan rute kendaraan dengan menggunakan sumber daya yang sesedikit mungkin. *Vehicle Routing Problem* dalam beberapa dekade terakhir memiliki berbagai perkembangan salah satunya adalah *Vehicle Routing Problem with Delivery and Pick-up* (VRPDP). Pada VRPDP asumsi yang dimiliki adalah dilakukan pengantaran dari depot kepada pelanggan dan pengambilan barang dari pelanggan untuk dikirimkan kepada depot (Wassan & Nagy, 2014). Pengembangan VRPDP terus dilakukan dalam beberapa dekade terakhir hingga dihasilkan suatu model matematis *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Deliveries and Pickups* (VRPSDP). Pada *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Deliveries and Pickups* (VRPSDP), terdapat pelanggan yang memiliki permintaan *delivery* saja, terdapat pelanggan yang memiliki permintaan *pickup* saja, dan sekurang kurangnya terdapat seorang pelanggan yang memiliki permintaan berupa *delivery* dan *pickup* (Koç, Laporte, & Tükenmez, 2020).

Salah satu model *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Deliveries and Pickups* yang banyak digunakan adalah model yang milik Wassan & Naggy (2014). Terdapat berbagai pengembangan yang telah dilakukan terhadap model VRPSDP. Salah satu fokus pengembangan dari model VRPSDP adalah fokus

pada permasalahan *time windows*. Pada permasalahan VRPSDP yang berfokus pada *time windows* pelanggan akan memiliki *delivery* dan *pickup demand*, serta akan memiliki jendela waktu tertentu untuk melakukan pelayanan. Berikut merupakan penelitian-penelitian terdahulu untuk mengembangkan model VRPSDP yang berfokus dalam permasalahan *time window*.

Tabel I.1 Pengembangan Terhadap VRPSDP

Penulis	Pengembangan Terhadap VRPSDP
(Angelelli & Mansini, 2002)	<i>Time Window</i>
(Drexl, Rieck, Sigl, & Press, 2013)	<i>Heterogeneous Fleet, Time Window</i>
(Wang, Ma, Lao, Wang, & Mao, 2013)	<i>Time Window, Split Load</i>
(Wang & Chen, 2013)	<i>Flexible, Time Window, Mixed Pickups and Delivery</i>
(Wang, et al., 2016)	<i>Heterogeneous Fleet, Time Window, Multi Objective</i>
(Li, Wang, Hei, Li, & Jiang, 2018)	<i>Time Window, Multi Objective</i>

Pada permasalahan penentuan rute kendaraan untuk *subscription* pakaian terdapat tiga jenis pelanggan. Terdapat pelanggan yang merupakan *delivery customer* saja. Pelanggan dengan kategori *delivery customer* merupakan pelanggan baru sehingga hanya dilakukan pengantaran barang kepadanya. Sementara terdapat pula pelanggan yang merupakan *pick-up customer* saja yang merupakan pelanggan yang akan berhenti dari layanan *subscription* sehingga hanya dilakukan pengambilan barang dari pelanggan. Terdapat pula pelanggan yang merupakan *delivery* dan *pick-up customer* yang merupakan pelanggan yang sudah pernah menggunakan dan tetap akan menggunakan layanan, sehingga dilakukan pengantaran barang baru dan pengambilan barang lama.

Selain itu terdapat karakteristik lain seperti masing-masing perusahaan atau penyedia layanan pastinya memiliki jumlah kendaraan yang terbatas. Setiap kendaraan yang ada memiliki kapasitas tertentu untuk membawa barang. Serta setiap kendaraan harus pergi dari depot karena membawa *delivery goods* dan harus pulang ke depot karena harus mengembalikan *pick-up goods*. *Pick-up goods* sendiri merupakan barang yang diambil dari pelanggan untuk diantarkan ke depot. Sementara *delivery goods* adalah barang yang akan diantarkan dari depot kepada pelanggan. Melihat dari karakteristik di atas, permasalahan *subscription* pakaian termasuk ke permasalahan *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Deliveries and Pickups* (VRPSDP).

Berdasarkan model matematis milik Wassan & Naggy (2014) yang menjelaskan tentang VRPSDP, model tersebut memiliki fungsi tujuan untuk meminimasi jarak pengantaran. Sementara terdapat beberapa *constraint* di dalam model ini. *Constraint* pertama adalah setiap pelanggan hanya dapat dilayani satu kali. Kemudian terdapat *constraint* untuk menghindari *sub tours*. *Constraint* ketiga adalah untuk memastikan tidak ada *pick-up goods* di awal pengantaran dan *delivery goods* pada akhir pengantaran. Selanjutnya terdapat *constraint* untuk kapasitas kendaraan dan *constraint* untuk jumlah kendaraan.

Hasil wawancara dengan 12 pelanggan *subscription* pakaian di Jakarta dan Tangerang menunjukkan bahwa setiap pelanggan biasanya memiliki permintaan untuk pakaian diantarkan pada jam tertentu saja. Terdapat pelanggan yang bekerja sehingga proses pengantaran hanya dapat dilakukan sebelum dan sesudah jam bekerja. Terdapat pula pelanggan yang membutuhkan pakaian pada jam tertentu sehingga harus diantarkan pada jam yang spesifik. Setiap pelanggan memiliki preferensi jam pengantaran masing-masing sesuai dengan kebutuhan dan kesibukan masing-masing. Kemudian dilakukan wawancara pula dengan salah satu karyawan perusahaan x, salah satu perusahaan fashion *subscription* di Jakarta. Berdasarkan wawancara yang dilakukan dalam jasa fashion *subscription* pelanggan akan diminta memilih tiga buah interval waktu. Nantinya perusahaan akan mengirimkan paket baju pada salah satu interval waktu yang diberikan oleh pelanggan. *Constraint* pembatasan waktu pelayanan dalam interval waktu tertentu saja biasanya dikenal sebagai *time window*. Dengan menambahkan *constraint time window* maka kendaraan hanya dapat melayani pelanggan sesuai dengan interval waktu yang diperbolehkan. Secara lebih spesifik jika terdapat beberapa *time window* yang diajukan oleh pelanggan dan barang akan diantarkan atau diambil pada salah satunya biasa disebut sebagai *multiple time windows*.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang telah melakukan pengembangan terhadap model VRPSDP, belum terdapat pengembangan yang mempertimbangkan *constraint multiple time windows*. Pengembangan dapat dilakukan dengan menambahkan *constraint* pada model yang sudah ada. Sehingga dibutuhkan pengembangan model *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick up* dengan menambah *constraint multiple time window* agar dapat digunakan untuk menentukan rute pengantaran pada permasalahan layanan *subscription* pakaian. Model yang telah dikembangkan

akan diuji dengan kasus hipotetik. Kemudian akan digunakan *software* AMPL untuk membantu menyelesaikan kasus yang telah dibuat.

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan dapat dibuat serangkaian rumusan masalah. Rumusan masalah yang dibuat merupakan pertanyaan-pertanyaan yang digunakan untuk membahas pengembangan model yang dilakukan. Berikut merupakan rumusan masalah untuk penelitian yang dilakukan.

1. Bagaimana pengembangan model matematis VRPSDP milik Wassan & Nagy (2014) jika mempertimbangkan *multiple time windows*?
2. Bagaimana evaluasi model matematis VRPSDP yang telah dikembangkan dengan kasus hipotetik?

I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian

Pada bagian ini akan dijabarkan batasan masalah dan asumsi-asumsi yang digunakan selama proses penelitian dilakukan. Berikut merupakan pembatasan masalah untuk melakukan pengembangan model matematis.

1. Model VRPSDP yang dikembangkan merupakan model matematis milik Wassan & Nagy (2014).
2. Kendaraan yang dimiliki oleh perusahaan layanan bersifat homogen atau memiliki jenis yang sama.
3. Tidak terjadi *split delivery* selama proses transportasi.
4. Pengujian model dilakukan dengan menggunakan data hipotetik.

Sementara asumsi penelitian yang digunakan selama proses penelitian adalah performansi dari driver sama. Selain itu asumsi penelitian yang digunakan adalah *service time* dari masing-masing pelanggan tidak dipertimbangkan serta kecepatan dari kendaraan konstan dan sama.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian akan membantu peneliti mengetahui secara jelas arah yang dituju ketika melakukan penelitian. Tujuan penelitian dibuat berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya. Berikut merupakan tujuan penelitian pada penelitian kali ini.

1. Mengetahui pengembangan model matematis VRPSDP milik Wassan dan Nagy (2014) jika mempertimbangkan *multiple time windows*.
2. Mengetahui evaluasi model matematis VRPSDP yang telah dikembangkan dengan kasus hipotetik.

I.5 Manfaat Penelitian

Terdapat berbagai manfaat yang didapatkan dengan melakukan penelitian kali ini. Manfaat penelitian akan terbagi menjadi bagi pemilik bisnis, bagi pembaca, dan bagi penulis. Berikut merupakan manfaat penelitian.

1. Bagi pemilik bisnis dengan model layanan *subscription*
Melalui penelitian kali ini pemilik bisnis dengan model layanan *subscription* dapat menggunakan model matematis yang dihasilkan dari penelitian jika memiliki karakteristik *constraint* yang sama untuk meminimasi jarak pengantaran dan mengetahui urutan pengiriman ketika terdapat beberapa pelanggan.
2. Bagi penulis
Penulis dapat mengembangkan wawasannya akan *vehicle routing problem* dan secara spesifik *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Deliveries and Pickups*. Penulis mempelajari lebih banyak mengenai pemodelan matematis, pengembangan model, serta manfaatnya untuk menyelesaikan permasalahan optimasi.
3. Bagi pembaca
Pembaca dapat memahami lebih jauh mengenai *vehicle routing problem* dan pengembangannya. Selain itu pembaca dapat menggunakan model matematis yang dihasilkan untuk dikembangkan kembali jika di dalam suatu permasalahan masih terdapat *constraint* yang belum terpenuhi.

I.6 Metodologi Penelitian

Pada bagian metodologi penelitian ini akan dijelaskan rangkaian atau tahapan penelitian yang akan dilakukan. Tahapan secara lengkap dapat dilihat pada gambar I.1. Berikut merupakan metodologi penelitian pada kesempatan kali ini.

1. Studi Literatur

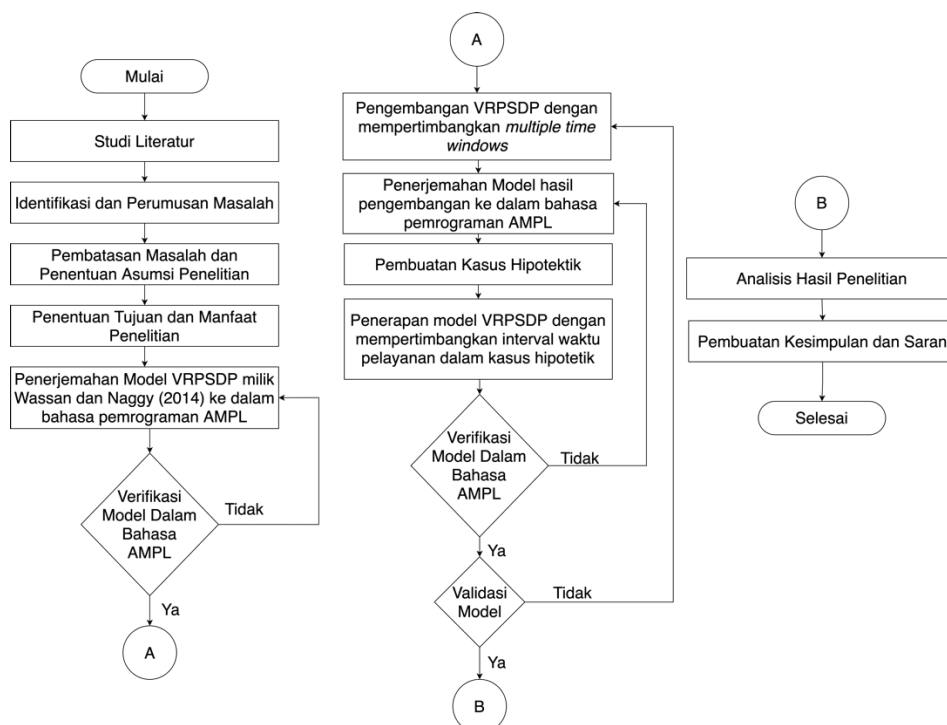
Tahapan pertama merupakan studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk mempelajari masalah yang diangkat kemudian mencari model matematis yang sesuai. Selain itu pula dilakukan untuk memahami lebih dalam mengenai *vehicle routing problem* beserta pengembangannya. Pada tahap studi literatur pula dipelajari bahasa pemodelan AMPL.

2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Setelah dilakukan studi literatur dilakukan identifikasi masalah yang terjadi. Ditentukan pula permasalahan yang belum bisa terakomodasi oleh model matematis saat ini untuk kemudian permasalahan yang ditemukan dirumuskan menjadi rumusan masalah.

3. Pembatasan Masalah dan Penentuan Asumsi Penelitian

Kemudian ditentukan batasan masalah untuk penelitian serta asumsi penelitian. Pembatasan masalah ditentukan agar penelitian tidak terlalu luas dan terfokus terhadap permasalahan yang ditentukan saja. Kemudian asumsi penelitian merupakan anggapan dasar yang dipegang selama proses penelitian.



Gambar I.1 Metodologi Penelitian

4. **Penentuan Tujuan dan Manfaat Penelitian**
Setelah ditentukan batasan dan asumsi penelitian, dilanjutkan dengan menentukan tujuan serta manfaat penelitian. Penentuan tujuan dilakukan agar arah akhir dari penelitian dapat dinyatakan secara jelas. Pada manfaat penelitian akan dijabarkan manfaat dari dibuatnya penelitian ini.
5. **Penerjemahan Model VRPSDP Milik Wassan & Naggy (2014) ke Dalam Bahasa Pemrograman AMPL**
Tahap selanjutnya adalah menerjemahkan model yang didapatkan ke bahasa pemrograman AMPL. Model VRPSDP milik Wassan & Naggy (2014) akan diterjemahkan ke dalam bahasa pemrograman AMPL.
6. **Verifikasi Model Dalam Bahasa AMPL**
Model yang telah diterjemahkan kepada bahasa pemrograman AMPL kemudian di-verifikasi terlebih dahulu. Proses verifikasi dilakukan dengan memastikan bahwa proses penerjemahan kedalam bahasa pemrograman AMPL sudah tepat.
7. **Pengembangan VRPSDP dengan Mempertimbangkan *Multiple Time Windows***
Selanjutnya dilakukan pengembangan model matematis terhadap VRPSDP. Pada pengembangan kali ini akan difokuskan kepada menambahkan batasan *multitime time windows*.
8. **Penerjemahan Model Hasil Pengembangan ke Dalam Bahasa Pemrograman AMPL**
Tahap selanjutnya adalah menerjemahkan model yang telah dikembangkan. Model VRPSDP yang telah dikembangkan sehingga mempertimbangkan *multiple time windows* akan diterjemahkan ke dalam bahasa pemrograman AMPL.
9. **Pembuatan Kasus Hipotetik**
Setelah model telah diterjemahkan, dibuatlah kasus hipotetik yang mungkin terjadi ketika proses transportasi dilakukan. Pembuatan kasus hipotetik nantinya akan digunakan selama proses penerapan model.
10. **Penerapan model VRPSDP dengan Mempertimbangkan *Multiple Time Windows* Dalam Kasus Hipotetik**
Kasus hipotetik yang telah dibuat kemudian digunakan untuk menerapkan model yang telah dikembangkan. Penerapan model dilakukan dengan

perangkat lunak AMPL dan didapatkan hasil berupa solusi dari permasalahan.

11. Verifikasi Model Dalam Bahasa AMPL

Tahap selanjutnya adalah melakukan verifikasi dari penerjemahan model hasil pengembangan yang telah dilakukan. Proses verifikasi dilakukan dengan memastikan bahwa setiap *constraint* telah diterjemahkan dengan tepat ke dalam bahasa AMPL.

12. Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan melihat hasil penerapan model dengan kasus hipotetik. Pada proses validasi dipastikan bahwa model yang telah dikembangkan menghasilkan solusi yang tepat dan sesuai dengan tujuan pengembangan model.

13. Analisis Hasil Penelitian

Hasil pengolahan data yang didapatkan dari tahapan-tahapan sebelumnya kemudian dianalisis untuk mendapatkan pemahaman mengenai proses dan hasil penerapan pengembangan model.

14. Pembuatan Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan pengolahan data dan analisis, dibuatlah kesimpulan dan saran penelitian kedepannya. Kesimpulan dan saran dapat membantu peneliti berikutnya untuk mengembangkan kembali model ketika terdapat *constraint* yang belum dapat terakomodasi oleh model matematis.

I.7 Sistematika Penulisan

Pada sistematika penulisan, akan dibahas rangkaian atau urutan penulisan dari penelitian. Sistematika dijabarkan agar penelitian dilakukan secara terstruktur. Secara umum, sistematika penulisan akan terbagi menjadi lima bagian besar. Berikut merupakan sistematika penulisan yang akan digunakan dalam penelitian kali ini.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bagian pertama ini akan dibahas latar belakang penelitian, identifikasi dan rumusan masalah, pembatasan masalah dan asumsi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, hingga sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian kedua akan dibahas teori-teori yang digunakan untuk mendukung penelitian kali ini. Teori-teori yang digunakan dikutip melalui buku, artikel, dan jurnal.

BAB III PENGEMBANGAN MODEL

Pada bagian ketiga akan dibahas mengenai penelitian yang dilakukan dengan tujuan untuk mengembangkan model VRPSDP dengan mempertimbangkan *multiple time windows*. Proses pengembangan model akan dibahas pada bagian ini.

BAB IV ANALISIS

Model VRPSDP yang telah dikembangkan akan dianalisa pada bagian keempat. Analisa dilakukan terhadap model dan proses verifikasi serta validasi dari model.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian terakhir akan dibahas kesimpulan yang didapatkan dari penelitian serta saran yang dapat diberikan oleh penulis untuk penelitian kedepannya.