

**PENGEMBANGAN MODEL *MULTIPLE TRAVELING*
SALESMAN PROBLEM DENGAN
MEMPERTIMBANGKAN PRIORITAS
PENGANTARAN**

SKRIPSI

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

Disusun oleh :

Nama : Abelio Ravly
NPM : 2017610210



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

**PENGEMBANGAN MODEL *MULTIPLE TRAVELING*
SALESMAN PROBLEM DENGAN
MEMPERTIMBANGKAN PRIORITAS
PENGANTARAN**

SKRIPSI

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

Disusun oleh:

Nama : Abelio Ravly

NPM : 2017610210



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

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**



Nama : Abelio Ravly
NPM : 2017610210
Program Studi : Sarjana Teknik Industri
Judul Skripsi : PENGEMBANGAN MODEL *MULTIPLE TRAVELING SALESMAN PROBLEM* DENGAN
MEMPERTIMBANGKAN PRIORITAS PENGANTARAN

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, Maret 2021
**Ketua Program Studi Sarjana
Teknik Industri**

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

Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua

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

Dr. Sugih Sudharma Tjandra, S.T., M.Si.

PERNYATAAN TIDAK MENCONTEK ATAU MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Abelio Ravly

NPM : 2017610210

dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan Judul:

PENGEMBANGAN MODEL *MULTIPLE TRAVELING SALESMAN PROBLEM*
DENGAN MEMPERTIMBANGKAN PRIORITAS PENGANTARAN

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, 6 Februari 2021



Abelio Ravly

NPM : 2017610210

ABSTRAK

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia tidak terlepas dengan adanya transportasi. Kegiatan berpindah dari satu lokasi ke lokasi lain serta kegiatan mengantar produk atau jasa merupakan contoh pentingnya transportasi dalam kehidupan manusia. Walaupun penting, biaya yang dikeluarkan oleh penggunaan transportasi tersebut perlu dimimasi. Salah satu model yang dapat merepresentasikan permasalahan ini adalah model *Multiple Traveling Salesman Problem* (MTSP), yang merupakan model *routing problem* pengembangan dari *Traveling Salesman Problem* (TSP) dengan melibatkan beberapa *salesman* dalam pengantaran. Namun model ini juga belum dapat menyelesaikan seluruh permasalahan *routing problem* dengan batasan tertentu lainnya, seperti permasalahan terdapatnya beberapa *node* (tempat) yang memiliki kepentingan yang sama untuk dikunjungi terlebih dahulu.

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan model *Multiple Traveling Salesman Problem* (MTSP) dengan adanya pertimbangan terhadap prioritas pengantaran. Tujuan dari model ini adalah untuk dapat meminimalkan total jarak tempuh sejumlah *salesman* dengan ketentuan *node* (tempat) prioritas dikunjungi terlebih dahulu. Model yang telah dikembangkan ini kemudian dilakukan verifikasi dan validasi untuk mengetahui solusi yang dihasilkan telah memenuhi batasan-batasan dari model yang dikembangkan atau tidak. Verifikasi dan validasi tersebut dilakukan dengan menguji model pada 1 kasus hipotetik dengan adanya variasi terhadap jumlah *node* prioritas dan jumlah *salesman*, serta dilakukan pula pengujian pada 7 kasus hipotetik dengan letak *node* prioritas yang berbeda-beda. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksak dengan bantuan *software A Mathematical Programming Language* (AMPL).

Dari hasil komputasi *software* AMPL diketahui bahwa model MTSP dengan mempertimbangkan prioritas pengantaran telah berhasil dikembangkan. Hal ini dapat dilihat dari rute pengantaran *salesman* yang mengunjungi *node* prioritas terlebih dahulu, walaupun *cost* yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan model MTSP tanpa adanya prioritas.

ABSTRACT

In human daily life, human activities cannot be separated from the existence of transportation. Activities moving from one location to another and activities delivering products or services are examples of the importance of transportation in human life. Although it is important, this transportation cost needs to be minimized. Model that can represent this problem is Multiple Traveling Salesman Problem (MTSP) model, which is a routing problem model that from development of Traveling Salesman Problem (TSP) by involving several salesmen in delivery. However, this model also cannot solve all routing problems with certain other constraints. One of them is that there are several nodes (places) that have the same importance to be visited first.

In this research, a Multiple Traveling Salesman Problem (MTSP) model was developed by considering the priority of delivery. The purpose of this model is to be able to minimize the total distance that traveled by a number of salesman and the priority node have to be visited first. The model that has been developed need to be verified and validated. To verify and validate this model, the model is tested to 1 hypothetical case with variations on the number of priority nodes and the number of salesmen. Then the model is tested to 7 hypothetical cases with different priority node locations. This model is tested with exact method using A Mathematical Programming Language (AMPL) software.

From the computation results of the AMPL software, it is known that the MTSP model by considering the delivery priority has been successfully developed. This can be seen from the delivery route of salesmans who visit the priority node first, although the costs are higher than the MTSP model without priority.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat, karunia, dan rahmat yang diberikan oleh-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul “Pengembangan Model *Multiple Traveling Salesman Problem* dengan Mempertimbangkan Prioritas Pengantaran”.

Pada proses penelitian dan penyusunan laporan, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, doa, serta dukungan yang sangat berharga dari berbagai pihak sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi untuk membantu dan memberikan dukungan selama proses penyusunan laporan skripsi ini.

1. Keluarga, terutama orang tua penulis yang selalu memberikan semangat dan motivasi untuk penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
2. Bapak Fran Setiawan, S.T., M.Sc. dan Bapak Dr. Sugih Sudharma Tjandra, S.T., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah berkenan untuk menyediakan waktu dan tenaganya serta memberikan bimbingan, ilmu, dan wawasan yang sangat berharga untuk penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
3. Bapak Hanky Fransiscus, S.T., M.T. dan Ibu Cynthia Prithadevi Juwono, Ir., M.S. selaku dosen penguji proposal yang telah memberikan masukan, nasehat, dan perbaikan pada proposal penelitian ini.
4. Nessa, Jeffrey, Ryan, Maria, dan Grace sebagai teman seperjuangan dalam menyelesaikan skripsi yang juga saling memberikan semangat.
5. Julio, Melvin, Joshua, Patrick, Brenda, Fanny, Adit, dan Hezki sebagai teman dekat yang selalu memberikan semangat kepada penulis.
6. Audrey, Billy, Kenneth, dan Rakha sebagai teman kelompok PST yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
7. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam membantu penulis menyelesaikan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang telah dilakukan masih terdapat kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima dengan baik segala kritik dan masukan yang dapat membangun. Selain itu penulis berharap laporan penelitian ini dapat memberi manfaat bagi banyak pihak.

Bandung, 7 Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang Masalah	I-1
I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah	I-2
I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi.....	I-7
I.4 Tujuan Penelitian.....	I-7
I.5 Manfaat Penelitian.....	I-8
I.6 Metodologi Penelitian	I-8
I.7 Sistematika Penulisan	I-11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 <i>Traveling Salesman Problem</i>	II-1
II.2 Multiple Traveling Salesman Problem.....	II-2
II.3 Pemodelan Matematis	II-6
II.4 Bahasa Pemodelan AMPL.....	II-6
BAB III PENGEMBANGAN MODEL	III-1
III.1 Perancangan Model MTSP dengan AMPL.....	III-1
III.2 Pengembangan Model MTSP	III-6
III.3 Pengujian Model MTSP	III-16
III.3.1 Kasus Pertama.....	III-22
III.3.2 Kasus Kedua.....	III-28
III.3.3 Kasus Ketiga	III-31
III.3.4 Kasus Keempat	III-35
III.3.5 Kasus Kelima	III-37
III.3.6 Kasus Keenam	III-41

III.3.7 Kasus Ketujuh	III-44
BAB IV ANALISIS.....	IV-1
IV.1 Analisis Pengembangan Model MTSP.....	IV-1
IV.2 Analisis Pengujian Model MTSP.....	IV-3
IV.3 Analisis Penggunaan <i>Software</i> AMPL dan NEOS <i>Server</i>	IV-5
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	V-1
V.1 Kesimpulan	V-1
V.2 Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
RIWAYAT HIDUP PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel III.1 Rekapitulasi Skenario Perjalanan <i>Salesman</i> Kasus Validasi	III-11
Tabel III.2 Jarak Kasus Hipotetik	III-16
Tabel III.3 Rekapitulasi Pengujian Model	III-17
Tabel III.4 Koordinat <i>Node</i> Kasus Pertama	III-23
Tabel III.5 Rekapitulasi Jarak Rute Antar <i>Node</i> Prioritas Kasus Pertama	III-27
Tabel III.6 Koordinat <i>Node</i> Kasus Kedua	III-29
Tabel III.7 Koordinat <i>Node</i> Kasus Ketiga	III-32
Tabel III.8 Koordinat <i>Node</i> Kasus Keempat	III-35
Tabel III.9 Koordinat <i>Node</i> Kasus Kelima	III-38
Tabel III.10 Koordinat <i>Node</i> Kasus Keenam	III-41
Tabel III.11 Koordinat <i>Node</i> Kasus Ketujuh	III-45
Tabel III.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian	III-51
Tabel III.13 Rekapitulasi Pengujian Kapasitas	III-53

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	I-9
Gambar II.1 Rute Pengantaran Model MTSP.....	II-2
Gambar III.1 Model MTSP dengan AMPL.....	III-3
Gambar III.2 Data MTSP pada AMPL.....	III-4
Gambar III.3 Fail Run pada AMPL.....	III-4
Gambar III.4 Solusi Optimal Data Contoh.....	III-5
Gambar III.5 Model MTSP dengan Prioritas pada AMPL.....	III-8
Gambar III.6 Penambahan Data MTSP.....	III-9
Gambar III.7 Solusi Optimal dengan Batasan Prioritas.....	III-9
Gambar III.8 Kasus Validasi Model.....	III-10
Gambar III.9 Hasil AMPL Kasus Validasi Tanpa Prioritas.....	III-13
Gambar III.10 Pengujian Validas Pertama.....	III-14
Gambar III.11 Pengujian Validitas Kedua.....	III-14
Gambar III.12 Pengujian Validitas Ketiga.....	III-15
Gambar III.13 Pengujian Validitas Keempat.....	III-15
Gambar III.14 Posisi <i>Node</i> Kasus Pertama.....	III-22
Gambar III.15 Perubahan Parameter C.....	III-24
Gambar III.16 Penambahan Parameter Model MTSP.....	III-24
Gambar III.17 Data Kasus Pertama.....	III-25
Gambar III.18 Hasil AMPL Kasus Pertama.....	III-25
Gambar III.19 Hasil AMPL Kasus Pertama Tanpa <i>Node</i> Prioritas.....	III-26
Gambar III.20 Ilustrasi Rute Perjalanan Kasus Pertama.....	III-26
Gambar III.21 Matriks Jarak Kasus Pertama.....	III-27
Gambar III.22 Posisi <i>Node</i> Kasus Kedua.....	III-28
Gambar III.23 Data Kasus Kedua.....	III-29
Gambar III.24 Hasil AMPL Kasus Kedua.....	III-30
Gambar III.25 Hasil AMPL Kasus Kedua Tanpa <i>Node</i> Prioritas.....	III-30
Gambar III.26 Ilustrasi Rute Perjalanan Kasus Kedua.....	III-31
Gambar III.27 Posisi <i>Node</i> Kasus Ketiga.....	III-32
Gambar III.28 Data Kasus Ketiga.....	III-33

Gambar III.29 Hasil AMPL Kasus Ketiga.....	III-33
Gambar III.30 Hasil AMPL Kasus Ketiga Tanpa <i>Node</i> Prioritas	III-34
Gambar III.31 Ilustrasi Rute Perjalanan Kasus Ketiga.....	III-34
Gambar III.32 Posisi <i>Node</i> Kasus Keempat	III-35
Gambar III.33 Data Kasus Keempat	III-36
Gambar III.34 Hasil AMPL Kasus Keempat	III-36
Gambar III.35 Ilustrasi Rute Perjalanan Kasus Keempat	III-37
Gambar III.36 Posisi <i>Node</i> Kasus Kelima	III-38
Gambar III.37 Data Kasus Kelima.....	III-39
Gambar III.38 Hasil AMPL Kasus Kelima.....	III-39
Gambar III.39 Hasil AMPL Kasus Kelima Tanpa <i>Node</i> Prioritas	III-40
Gambar III 40 Ilustrasi Rute Perjalanan Kasus Kelima.....	III-40
Gambar III.41 Posisi <i>Node</i> Kasus Keenam	III-41
Gambar III.42 Data Kasus Keenam	III-42
Gambar III.43 Hasil AMPL Kasus Keenam	III-42
Gambar III.44 Hasil AMPL Kasus Keenam Tanpa <i>Node</i> Prioritas	III-43
Gambar III.45 Ilustrasi Rute Perjalanan Kasus Keenam	III-43
Gambar III.46 Posisi <i>Node</i> Kasus Ketujuh	III-44
Gambar III.47 Data Kasus Ketujuh.....	III-46
Gambar III.48 Keterbatasan Versi Demo AMPL.....	III-46
Gambar III.49 Hasil AMPL Kasus Ketujuh.....	III-47
Gambar III.50 Hasil AMPL Kasus Ketujuh Tanpa <i>Node</i> Prioritas	III-47
Gambar III.51 Ilustrasi Rute Perjalanan Kasus Ketujuh.....	III-48
Gambar III.52 Hasil AMPL Kasus Ketujuh Jumlah <i>Salesman</i> 3.....	III-49
Gambar III.53 Hasil AMPL Kasus Ketujuh Jumlah <i>Salesman</i> 2.....	III-50
Gambar III.54 Ilustrasi Rute Perjalanan Kasus Ketujuh Jumlah <i>Salesman</i> 3 dan 2	III-50
Gambar III.55 Pernyataan Keterbatasan NEOS <i>Server</i>	III-53

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : SKENARIO RUTE

LAMPIRAN B : PENGUJIAN VARIASI JUMLAH *NODE* PRIORITAS DAN
SALESMAN

LAMPIRAN C : DATA KASUS *BENCHMARK*

LAMPIRAN D : HASIL NEOS KASUS *BENCHMARK*

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan tahapan awal dari penelitian yang dimulai dari latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, pembatasan masalah dan asumsi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan. Berikut merupakan latar belakang dilakukannya penelitian, hingga pada sistematika penulisan.

I.1 Latar Belakang Masalah

Dalam kehidupan manusia sehari-hari tidak terlepas dengan adanya transportasi dan dapat dikatakan transportasi ini memiliki peranan yang cukup penting. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya kegiatan saat ini yang berhubungan dengan adanya transportasi. Kegiatan-kegiatan tersebut dimulai dari kegiatan untuk berpindah dari satu lokasi ke lokasi lain, kegiatan untuk mengantar barang seperti pengantaran bahan baku dari *supplier* ke manufaktur, pengantaran produk dari manufaktur ke distributor, dan distributor ke konsumen. Selain itu juga terdapat pengantaran jasa, contohnya seperti pengantaran jasa yang dilakukan oleh petugas listrik, internet, dan masih banyak lagi.

Meskipun banyak kegiatan manusia yang berkaitan dengan adanya kegiatan transportasi, kegiatan transportasi ini memberikan proporsi paling besar dalam biaya logistik atau rantai pasok yaitu 40% sampai dengan 60% (Robinson, 2015). Biaya transportasi ini menjadi penyumbang biaya logistik terbesar, dikarenakan faktor langkanya bahan bakar dan adanya peningkatan harga bahan bakar (Sitompul, 2019). Seperti yang diketahui penggunaan bahan bakar berbanding lurus dengan jarak yang ditempuh oleh kendaraan, sehingga semakin jauh jarak yang ditempuh tersebut maka bahan bakar yang diperlukan juga semakin banyak. Oleh karena itu penting untuk dapat meminimalkan jarak perjalanan kendaraan.

Faktor yang sangat berpengaruh terhadap penentuan jarak adalah rute pengantaran yang dilalui oleh kendaraan, sehingga rute kendaraan juga memiliki peranan penting dalam menentukan biaya logistik, semakin baik rute yang dilalui

oleh kendaraan, maka biaya logistikpun akan semakin baik (lebih kecil). Dalam artian biaya logistik dan bahan bakar yang diperlukan dapat diminimalkan.

Untuk meminimalkan total jarak yang ditempuh terdapat salah satu model yang dapat digunakan yaitu model permasalahan *traveling salesman problem* (TSP). Pada model permasalahan ini, rute transportasi dimulai dari titik awal atau *origin* menuju ke beberapa *node* (lokasi) dan proses pengantaran akan berakhir pada *origin* awal, serta pengantaran yang dilakukan ke setiap kota tersebut hanya dilakukan satu kali (Guttin & Punnen, 2004). Namun terdapat model yang lebih mendekati permasalahan sekarang ini yang cenderung melibatkan lebih dari satu *salesman* yaitu model *multiple traveling salesman problem* (MTSP).

Pada dasarnya telah banyak dilakukan pengembangan terhadap model MTSP agar sesuai dengan kondisi aktualnya dengan terdapat tambahan batasan-batasan tertentu. Salah satu permasalahan aktual yang sudah ada namun belum dapat diakomodasi oleh model-model pengembangan MTSP yang ada adalah permasalahan dengan adanya prioritas pengantaran dengan tingkat kepentingan yang sama untuk dikunjungi terlebih dahulu. Oleh karena belum adanya model MTSP yang dapat menyelesaikan permasalahan tersebut maka pada penelitian ini dilakukan pengembangan model matematis MTSP dengan mempertimbangkan adanya prioritas pengantaran. Adanya pengembangan model pada penelitian ini juga mendukung salah satu tantangan dalam pengembangan model yang bersifat *enrichment* atau memperkaya model (Yang, 2020), sehingga dapat lebih merepresentasikan permasalahan yang ada di dunia nyata.

I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Multiple traveling salesman problem (MTSP) dengan melibatkan lebih dari satu *salesman* dalam penyelesaian solusi pengantaran (Bektas, 2006) merupakan salah satu variasi TSP yang mulai semakin dikembangkan. Menurut Bektas (2006) model ini sesuai untuk diterapkan dalam kehidupan nyata dan dapat dikembangkan menjadi variasi yang lebih luas lagi mengenai *vehicle routing problem*, dengan disesuaikan pada adanya penambahan batasan pada model MTSP. Sama halnya dengan model TSP, variasi pada model MTSP juga sudah cukup banyak dikembangkan (bersifat *enrichment*) dengan tujuan untuk semakin dapat merepresentasikan kondisi nyatanya.

Beberapa variasi MTSP yang dikembangkan seperti *pickup and delivery* untuk pengantaran yang juga sekaligus sebagai penjemputan barang, *time windows* dengan adanya batas waktu pengantaran, *multi-depot* yang memiliki lebih dari satu depot, dan *open ends* yang proses pengantarannya tidak kembali ke *origin* atau depot (Larki & Yousefikhoshbakht, 2014). Penelitian untuk model MTSP ini, diketahui tidak hanya pada pengembangan model saja, melainkan terdapat pula pengembangan penelitian terhadap metodologi heuristik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan MTSP, seperti penerapan algoritma *ant colony optimization* (ACO) (Tripathy, 2014), penerapan algoritma *two phase heuristic* (Xu, Yuan, Liptrott, & Trovati, 2017), penerapan algoritma *genetic* (Sedighpour, Yousefikhoshbakht, & Darani, 2011) serta penerapan algoritma-algoritma lainnya.

Walaupun sudah banyak variasi pengembangan pada model MTSP beserta dengan metodologi penyelesaian yang digunakan, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya untuk permasalahan MTSP dengan mempertimbangkan prioritas pengantaran masih belum ada. Salah satu kasus nyata adanya prioritas pengantaran pada model MTSP dikutip dari penelitian yang dilakukan oleh Salsabila (2020). Pada penelitian tersebut dibahas mengenai usulan rute kendaraan pada dinas perindustrian dan energi seksi penerangan jalan DKI Jakarta khususnya pada Kecamatan Senen yang memiliki 274 titik lampu kunjungan dengan melibatkan sebanyak 2 tim setiap *shift*-nya untuk Kecamatan Senen. Setiap tim tersebut terdiri dari 1 supir KDO (Kendaraan Dinas Operasional), 1 instalator, dan 2 pembantu instalator. Kedua tim dalam satu *shift* tersebut perlu mengunjungi 274 titik lampu tersebut dan diketahui pula tugas yang dilakukan berbeda-beda untuk tiap *shift*-nya.

Tugas pada *shift* pertama (00.00-08.00) yaitu melakukan apel malam, melakukan estafet tugas dari *shift* sebelumnya untuk memasang lampu yang mati, melakukan pengecekan dan penggantian lampu pada *shift* tersebut, dan melakukan lingkaran malam (pemeriksaan lampu yang mati yang tidak terdeteksi pada monitor dengan penerapan system *Internet of Things*). Pada *shift* kedua (08.00-16.00) memiliki tugas yaitu apel pagi, estafet tugas dari *shift* sebelumnya untuk memasang lampu yang mati, memeriksa dan melakukan pemasangan lampu jika ada lampu yang mati, memasang Box MCB (*Miniature Circuit Breaker*) yang digunakan untuk menangkal petir, dan melakukan lingkaran siang untuk

memeriksa Box MCB. Pada *shift* ketiga (16.00-24.00) memiliki tugas yaitu apel sore, estafet tugas dari *shift* sebelumnya untuk memasang lampu yang mati, dan melakukan lingkaran malam.

Tujuan pada penelitian tersebut adalah untuk meningkatkan produktivitas dengan menentukan rute perjalanan yang optimal sehingga lampu yang tidak dikunjungi dapat dihindari untuk setiap *shift*. Hal ini dikarenakan masih terdapat lampu yang tidak dikunjungi baik pada lingkaran siang maupun lingkaran malam yang berakibat kerusakan yang tidak terdeteksi tidak dapat segera diperbaiki. Pada penelitian tersebut diketahui pula terdapat lokasi yang perlu diprioritaskan dengan tingkat kepentingan yang sama untuk dikunjungi terlebih dahulu, yaitu pada titik lampu yang mati sehingga perlu diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerja melanjutkan tugas lain pada lokasi lainnya. Titik lampu yang mati tersebut diketahui dengan adanya pengaplikasian IoT (*internet of things*), sehingga diketahui kondisi setiap lampu di jalanan dari monitor. Untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian tersebut, digunakan model MTSP. Hal ini sesuai dengan permasalahan yang dihadapi dengan menentukan rute perjalanan yang optimal dengan melibatkan sebanyak 2 tim dalam kegiatan operasionalnya. Namun, pada penelitian tersebut tidak terdapat model matematis yang digunakan untuk batasan prioritas kunjungan, sehingga pencarian solusi dengan metode eksak tidak dapat terpenuhi. Hal inilah yang menjadi kendala dalam pencarian solusi yang optimal dengan tidak adanya model MTSP yang mempertimbangkan prioritas kunjungan atau pengantaran tersebut.

Selain kasus tersebut, terdapat pula beberapa kasus yang memungkinkan terdapat prioritas dalam pengantarannya. Kasus-kasus tersebut seperti kasus layanan internet dengan melibatkan beberapa teknisi untuk mengunjungi lokasi-lokasi yang membutuhkan. Pada kasus ini, layanan internet yang dilakukan oleh teknisi dapat dibedakan menjadi dua kategori yaitu kategori prioritas dan kategori bukan prioritas. Kategori prioritas diberikan untuk layanan yang mendesak untuk diselesaikan contohnya seperti perbaikan jaringan internet yang terputus, sedangkan untuk kategori bukan prioritas diberikan untuk layanan yang tidak mendesak seperti contoh layanan penambahan jaringan internet. Pada kasus tersebut ingin diketahui rute yang memberikan solusi optimal dengan ketentuan layanan prioritas dilakukan terlebih dahulu.

Kasus MTSP dengan adanya prioritas yang memungkinkan lainnya yaitu pada kasus penjadwalan. Pada kasus penjadwalan ini, terdapat beberapa jenis produk yang akan diproduksi dengan menggunakan beberapa mesin. Produk yang akan diproduksi juga dapat dibedakan menjadi dua kategori yaitu prioritas dan bukan prioritas. Kategori prioritas diberikan untuk produk yang mendesak untuk diproduksi (sangat dibutuhkan), sedangkan kategori bukan prioritas diberikan untuk produk yang tidak mendesak untuk diproduksi. Hal yang ingin diketahui dari kasus ini adalah urutan produksi sehingga total transisi atau *setup cost* dapat diminimalkan. Contohnya pada perusahaan produksi obat di masa pandemi, tentunya perusahaan obat tersebut ingin memenuhi kebutuhan obat yang diperlukan di masa pandemi terlebih dahulu (diprioritaskan) dibandingkan produk obat lain yang kebutuhan juga tetap ada namun tidak mendesak.

Adanya beberapa kasus tersebut menjadikan model MTSP dengan adanya prioritas sangat penting untuk dikembangkan sehingga dapat menyelesaikan permasalahan-permasalahan tersebut. Pengembangan model MTSP pada penelitian ini merupakan pencarian solusi dengan metode eksak. Tujuan adanya metode eksak adalah agar solusi optimum dari suatu model permasalahan dapat dihasilkan. Dalam pengembangan model ini tentunya terdapat sebuah model matematis yang digunakan untuk dapat merepresentasikan dari situasi aktualnya (Winston, 2004). Oleh karena itu adanya model matematis sangat penting agar dapat menggambarkan tujuan yang ingin dicapai dari permasalahan yang dihadapi. Dengan tujuan serta batasan tersebut pada model matematis maka solusi optimal dengan menggunakan metode eksak dapat dihasilkan.

Dari tinjauan pustaka yang telah dilakukan, model dasar dari MTSP yaitu TSP sudah terdapat model yang mempertimbangkan prioritas dalam pengantaran, walaupun tidak sesuai untuk kasus pada penelitian ini. Model TSP dengan adanya tingkat prioritas pengantaran ini salah satunya adalah model permasalahan *hierarchical traveling salesman problem* (HTSP) yang dikenalkan oleh Pachamgam, Xiong, Golden, Dussault, dan Wasil (2013). Tujuan dari pengembangan model HTSP ini adalah untuk memenuhi kebutuhan yang disesuaikan dengan tingkat urgensi pada masing-masing permintaan. Prioritas pada model HTSP ini mengindikasikan urgensi dari permintaan, sehingga *node* (lokasi) dengan tingkat prioritas yang lebih tinggi perlu dikunjungi terlebih dahulu

dibandingkan dengan tingkat prioritas yang lebih rendah. Pengembangan model yang dilakukan ini didasarkan pada fungsi kemanusiaan yang berguna untuk dapat memenuhi kebutuhan barang sesuai dengan tingkat keparahan dampak bencana yang dialami, sehingga prioritas pada model ini didasarkan pada lokasi serta radius bencana yang terjadi. Namun menurut Dam, Nguyen, Bui, dan Do (2019) masih terdapat kekurangan dari model HTSP ini, sehingga diperkenalkan pengembangan model TSP yang dinamakan dengan *traveling salesman problem with hierarchical objective function* (TSPHO). Adanya pengembangan model ini dikarenakan terdapat *trade-off* terhadap model HTSP antara efisiensi perjalanan (jarak) dan prioritas pengantarannya (cenderung lebih mementingkan jarak daripada prioritasnya) (Dam et al, 2019). Berdasarkan dua penelitian yang telah dilakukan tersebut, diketahui model berfokus pada penanganan bencana dengan adanya tingkatan prioritas pengantaran yang didasarkan pada lokasi serta radius terjadinya bencana alam, sehingga prioritas pengantaran tersebut sudah mutlak sesuai dengan tingkat keparahan dari dampak bencana.

Dari kedua model permasalahan TSP dengan adanya prioritas tersebut, diketahui terdapat beberapa ketidak sesuaian atau kekurangan untuk dapat diaplikasikan pada permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya. Kekurangan pertama adalah kedua model ini termasuk ke dalam pengembangan model TSP, sehingga hanya terdapat satu *salesman* atau kurir dalam pengantaran produk baik barang maupun jasa. Hal ini kurang sesuai dengan keadaan sekarang yang cenderung melibatkan lebih dari satu *salesman* atau kurir dalam proses pengantaran produk atau jasa seperti pada kasus penelitian Salsabila (2020).

Selain itu, kekurangan yang kedua adalah adanya beberapa tingkatan prioritas yang telah dibedakan berdasarkan grup masing-masing sesuai dengan tingkat keparahan dari radius bencana. Semakin dekat *node* dari pusat bencana maka tingkat prioritas kunjungan juga semakin tinggi. Atas dasar inilah yang menjadikan model HTSP maupun TSPHO tidak sesuai untuk diaplikasikan dengan permasalahan pada penelitian ini dengan *node* prioritas yang acak serta setiap *node* prioritas memiliki tingkat kepentingan yang sama untuk dikunjungi terlebih dahulu.

Belum adanya model MTSP yang dapat mengakomodasi permasalahan dengan adanya *node* prioritas yang sama penting untuk dikunjungi terlebih dahulu, mengartikan adanya kebutuhan terhadap pengembangan model MTSP ini.

Dengan adanya pengembangan model ini, maka diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan tersebut serta permasalahan-permasalahan lain yang serupa dengan adanya tujuan prioritas kunjungan.

Pencarian solusi pada model yang dikembangkan dapat digunakan *software* AMPL. AMPL ini merupakan singkatan dari *A Mathematical Programming Language* yang digunakan untuk mencari solusi eksak dari formulasi matematis yang telah dimodelkan.

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan, ditentukan beberapa rumusan masalah dari penelitian ini. Perumusan masalah ini bertujuan untuk mengetahui hal yang ingin dicari pada penelitian ini. Beberapa rumusan masalah penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

1. Bagaimana model *multiple traveling salesman problem* (MTSP) dengan adanya prioritas pengantaran?
2. Bagaimana hasil pengujian dari penerapan model MTSP dengan adanya prioritas pengantaran?
3. Bagaimana perbandingan solusi antara model MTSP dengan adanya prioritas pengantaran dengan model MTSP dasar?

I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi

Pembatasan masalah dalam penelitian ini diperlukan agar dapat memperkecil ruang lingkup penelitian. Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penggunaan data hipotetik untuk penerapan model.
2. Model MTSP dasar yang digunakan adalah model MTSP dari Bektas (2006) yang merupakan model MTSP *single depot*.
3. Pengujian dilakukan pada kasus dengan *cost* yang simetris antar *node*.
Terdapat pula asumsi yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengujian pada kasus hipotetik dapat merepresentasikan dari kasus nyata.

I.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, ditentukan beberapa tujuan pada penelitian pengembangan model *multiple traveling salesman problem* dengan mempertimbangkan prioritas pengantaran. Berikut beberapa tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini.

1. Mengetahui model matematis *multiple traveling salesman problem* (MTSP) dengan adanya prioritas pengantaran.
2. Mengetahui hasil pengujian dari penerapan model MTSP dengan adanya prioritas pengantaran.
3. Mengetahui perbandingan antara solusi MTSP dengan adanya prioritas dalam pengantaran dengan solusi MTSP dasar.

I.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian dalam pengembangan model *multiple traveling salesman problem* dengan prioritas pengantaran, diharapkan dapat memberi beberapa manfaat sebagai berikut.

1. Memberikan wawasan mengenai permasalahan pengantaran barang *multiple traveling salesman problem* bagi para pembaca.
2. Mengembangkan penelitian terhadap permasalahan *multiple traveling salesman problem*.
3. Memberikan wawasan terhadap penerapan bahasa pemrograman matematis AMPL kepada para pembaca.
4. Menambah referensi terkait pengembangan model matematis, terutama pada model *multiple traveling salesman problem*.

I.6 Metodologi Penelitian

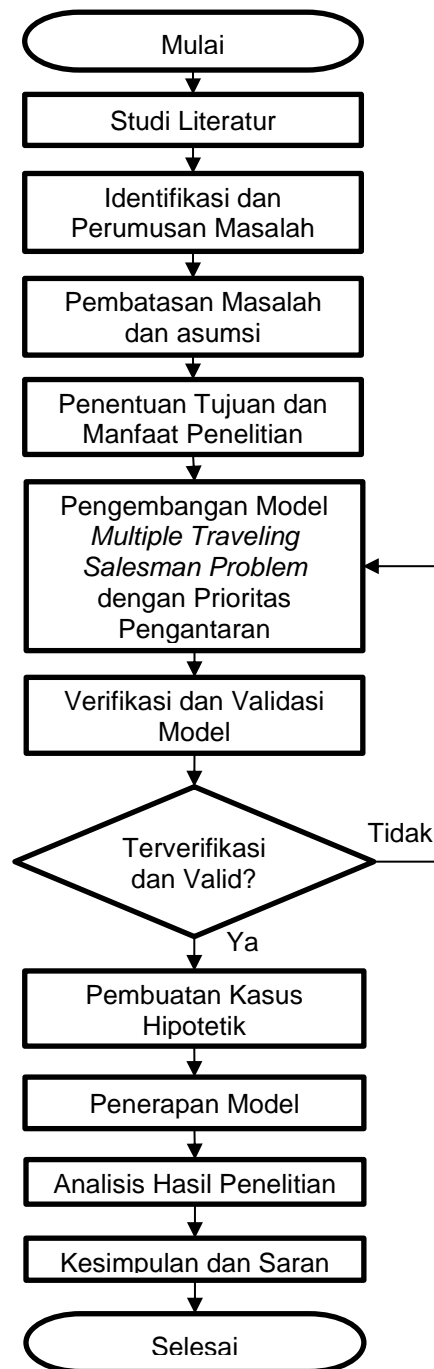
Dalam penelitian mengenai pengembangan model *multi traveling salesman problem* dengan mempertimbangkan prioritas pengantaran digunakan sebuah metodologi penelitian. Metodologi penelitian ini bertujuan agar penelitian dapat dilakukan secara sistematis dan teratur. Tahapan metodologi penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* yang terdapat pada Gambar I.1 dan berikut penjelasan untuk masing-masing tahapan tersebut.

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan referensi dari buku, jurnal, serta artikel terkait permasalahan *multiple traveling salesman problem* serta bahasa pemrograman matematis AMPL. Hal ini dilakukan untuk memahami permasalahan serta penyelesaian yang dapat digunakan.

2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap ini dijelaskan masalah yang ada, terkait model pengembangan model permasalahan *multiple traveling salesman problem*. Setelah itu dilakukan perumusan masalah untuk mengetahui hal yang ingin didapatkan dari penelitian ini.



Gambar I.1 Flowchart Metodologi Penelitian

3. Pembatasan Masalah dan Asumsi
Tahap pembatasan masalah dan asumsi ini dilakukan untuk memperkecil ruang lingkup penelitian, sehingga penelitian yang dilakukan tidak terlalu luas.
4. Penentuan Tujuan dan Manfaat Penelitian
Tahap penentuan tujuan dan manfaat penelitian dilakukan agar penelitian yang dilakukan dapat lebih terarah serta dapat memberikan manfaat bagi pembaca.
5. Pengembangan Model *Multiple Traveling Salesman Problem* dengan Prioritas Pengantaran
Pada tahap ini diformulasikan model matematis dari pengembangan permasalahan *multiple traveling salesman problem* dengan adanya prioritas pengantaran.
6. Verifikasi dan Validasi Model
Setelah model matematis tersebut dibuat maka dilakukan verifikasi dan validasi, untuk memastikan model tersebut telah sesuai dengan model yang diharapkan. Verifikasi dan validasi dilakukan pada solusi yang dihasilkan pada *software* AMPL.
7. Pembuatan Kasus Hipotetik
Pada tahap ini dibuat kasus hipotetik dengan tujuan untuk dapat digunakan dalam penerapan model MTSP dengan adanya prioritas.
8. Penerapan Model
Model matematis yang sudah terverifikasi dan valid maka dapat diterapkan pada kasus hipotetik pengantaran dengan adanya prioritas dalam proses pengantarannya.
9. Analisis Hasil Penelitian
Setelah itu dilakukan analisis terhadap model matematis *multiple traveling salesman problem* yang dikembangkan serta hasil dalam pengimplementasiannya.
10. Kesimpulan dan Saran
Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta pemberian saran untuk penelitian selanjutnya.

I.7 Sistematika Penulisan

Dalam penelitian ini digunakan pula sistematika penulisan, yang bertujuan agar penulisan pada penelitian ini lebih sistematis. Sistematika penulisan pada penelitian ini terbagi menjadi 5 bab yaitu bab pendahuluan, tinjauan pustaka, pengembangan model, analisis, serta kesimpulan dan saran. Berikut merupakan penjelasan untuk setiap bab pada penelitian yang dilakukan.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan akan dijelaskan latar belakang dilakukan penelitian, identifikasi dan rumusan masalah, pembatasan masalah dan asumsi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka akan dijelaskan mengenai teori-teori yang digunakan untuk mendukung penelitian yang dilakukan. Tinjauan pustaka ini didapat dari studi literatur, baik dari jurnal, buku, maupun artikel.

BAB III PENGEMBANGAN MODEL

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengembangan model MTSP yang sudah ada dengan mempertimbangkan batasan prioritas pengantaran. Bab pengembangan model ini bertujuan untuk menghasilkan model matematis.

BAB IV ANALISIS

Pada bab analisis ini akan dijelaskan mengenai analisis terhadap pengembangan model MTSP yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan disimpulkan hasil penelitian dari yang telah dilakukan. Selain itu akan diberikan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya.

