

Usulan Perancangan Rute Transportasi di PT. XYZ Menggunakan Algoritma Tabu Search Pada *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem* dengan *Time Window* untuk Meminimasi Biaya Transportasi

1st Linda Arini Hakim
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

lindaarini@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Muhammad Nashir Ardiansyah
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

nashirardiansyah@telkomuniversity.ac.id

3rd Femi Yulianti
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

femiyulianti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan tekstil yang memiliki konsumen yang tersebar di seluruh kota Surakarta. PT. XYZ memenuhi permintaan konsumen dengan mengirimkan produk secara langsung kepada konsumen dengan menggunakan lima unit kendaraan dengan kapasitas yang berbeda. Penentuan rute dilakukan oleh pengemudi berdasarkan pengalaman dan pengetahuannya mengenai jalan di kota Surakarta. Apabila pengemudi tiba di lokasi konsumen sudah melebihi dari *time window* maka produk akan dikembalikan ke perusahaan dan akan di kirimkan esok harinya. Keterlambatan yang sering terjadi dikarenakan tidak adanya perencanaan rute yang akan dilalui dalam proses pengiriman produk yang mengakibatkan pada peningkatan biaya transportasi. Oleh sebab itu, penentuan rute perjalanan sangat penting untuk meminimalkan biaya transportasi yang dikeluarkan oleh perusahaan dan juga untuk meminimalkan keterlambatan pengiriman produk. Pendekatan VRP yang dapat dilakukan berdasarkan kasus yang terjadi adalah dengan menggunakan *heterogeneous fleet* dan *time window*. Untuk mendapatkan rute usulan yang sesuai dengan kebutuhan PT. XYZ maka perancangan rute dilakukan dengan menggunakan algoritma tabu search dan pengolahan data akan dibantu dengan menggunakan sebuah program bernama MATLAB. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka hasil rancangan yang diperoleh telah memenuhi target yang ditentukan di mana target persentase keterlambatan adalah sebesar 0% serta telah meminimasi biaya transportasi sebesar 8%.

Kata kunci— *vehicle routing problem, heterogeneous fleet, time window, keterlambatan pengiriman, MATLAB*

I. PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan Textile terintegrasi terbesar di Indonesia yang terletak di wilayah Surakarta, Jawa Tengah. PT. XYZ memiliki konsumen yang tersebar di seluruh kota Surakarta hingga di luar kota. Berdasarkan wawancara dengan PT. XYZ, dapat diketahui bahwa perusahaan memenuhi pesanan dengan mengirimkan

pesanan kepada konsumen. Pemesanan yang dilakukan konsumen tidak secara rutin. Sehingga PT. XYZ harus menentukan rute pengiriman yang selalu berbeda secara manual. Penentuan rute dilakukan berdasarkan pengalaman dan pengetahuan pengemudi dan kernet mengenai kota Surakarta dan sekitarnya. Pengetahuan serta pengalaman pengemudi dan kernet yang berbeda dapat menyebabkan rute yang dipilih tidak tetap sehingga memberikan pengaruh yang besar kepada biaya pengiriman. Dalam pendistribusian produk PT. XYZ menggunakan armada yang telah dimiliki sebanyak 6 unit kendaraan. Armada yang dimiliki oleh PT. XYZ memiliki kapasitas yang berbeda. Berikut merupakan jenis armada yang dimiliki oleh PT. XYZ.

TABEL Error! No text of specified style in document.-1
(Jenis Armada PT.XYZ)
Sumber : PT. XYZ (2020)

Jenis Armada	Jumlah Unit
Engkel Colt Diesel Truk (CDE)	2
Colt Diesel Double Truk (CDD)	3

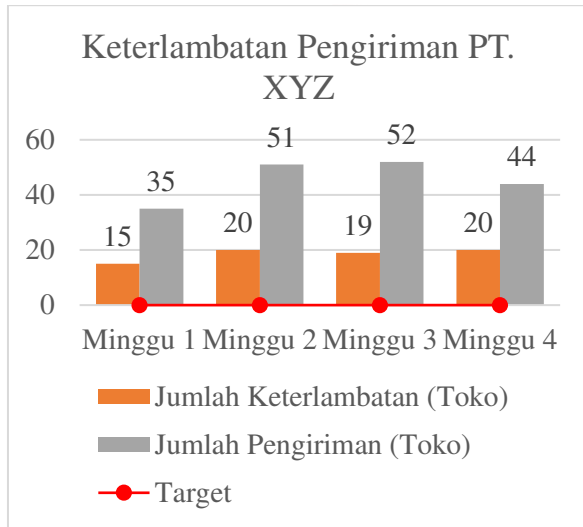
Titik keberangkatan pada setiap pengiriman berada di PT. XYZ dan kembali lagi ke PT. XYZ jika telah selesai dalam pengiriman produk. Dalam pengiriman produk, waktu pengiriman telah disesuaikan dengan jam yang telah ditentukan oleh konsumen atau dapat disebut juga dengan *time window*. Contoh *time window* konsumen dapat dilihat pada tabel I-2.

TABEL Error! No text of specified style in document.-2
(Contoh Time Window Konsumen)
Sumber : PT. XYZ (2020)

Customer	Waktu Buka	Waktu Tutup
A	08:00:00	16:00:00
B	08:00:00	16:00:00

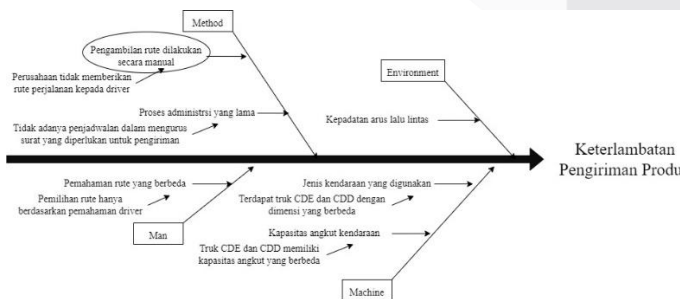
Customer	Waktu Buka	Waktu Tutup
C	08:00:00	16:00:00
D	08:00:00	16:00:00
...
AJ	08:00:00	16:00:00

Apabila perusahaan mengirimkan barang ke konsumen melebihi batasan waktu yang telah ditentukan oleh konsumen, maka produk akan dikembalikan ke perusahaan dan dikirimkan kembali pada esok harinya. Keterlambatan sering terjadi dikarenakan tidak adanya perencanaan rute yang diambil. Jumlah keterlambatan pengiriman yang terjadi pada PT. XYZ dapat dilihat pada gambar I-1.



GAMBAR Error! No text of specified style in document. -1
(Keterlambatan Pengiriman PT. XYZ)
Sumber : PT. XYZ (2020)

Keterlambatan suatu pengiriman mengakibatkan peningkatan biaya transportasi dikarenakan jika terdapat pengiriman yang terlambat maka perusahaan harus mengirimkannya kembali keesokan harinya sehingga menyebabkan pembengkakan biaya transportasi. Keterlambatan pengiriman yang terjadi pada PT. XYZ dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Analisis faktor yang menyebabkan terjadinya keterlambatan digambarkan dengan diagram tulang ikan. Diagram tulang ikan dapat dilihat pada gambar I-2.



GAMBAR Error! No text of specified style in document. -2
(Fishbone Diagram Permasalahan PT. XYZ)

Berdasarkan Gambar I-3 permasalahan yang terjadi di PT. XYZ merupakan keterlambatan pengiriman produk

ke konsumen, hal ini disebabkan oleh beberapa aspek yaitu sebagai berikut.

1. Disebabkan oleh manusia

Dalam hal ini keterlambatan pengiriman produk disebabkan oleh manusia karena pemahaman rute distribusi yang berbeda-beda.

2. Disebabkan oleh lingkungan

Dalam hal lingkungan, penyebab keterlambatan pengiriman adalah adanya kepadatan lalu lintas sendiri, sehingga mempengaruhi waktu tempuh untuk menuju ke konsumen.

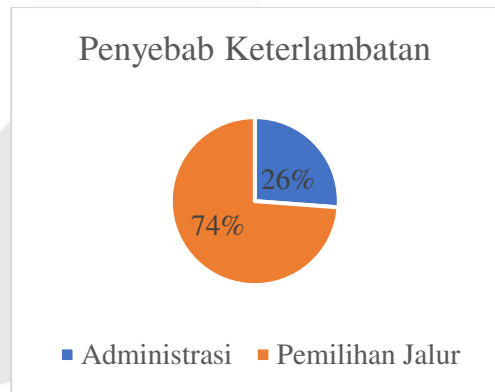
3. Disebabkan oleh metode yang digunakan

Penyebab keterlambatan yang disebabkan oleh metode yaitu berupa kesalahan metode yang digunakan untuk pengambilan rute distribusi, hal ini dikarenakan pengambilan rute dilakukan secara manual, serta kesalahan dalam proses administrasi yang terlalu lama di mana hal ini terintegrasi langsung dengan pengiriman produk ke konsumen.

4. Disebabkan oleh mesin

Dalam hal ini, mesin yang dimaksud berupa kendaraan. Jenis kendaraan sangat mempengaruhi dalam keterlambatan pengiriman, serta kapasitas angkut setiap kendaraan berbeda.

Gambar I-3 merupakan diagram persentase yang menggambarkan penyebab keterlambatan yang terjadi di PT. XYZ.



GAMBAR Error! No text of specified style in document. -3
(Penyebab Keterlambatan Pengiriman PT. XYZ)

Pada Gambar I-3 didapatkan hasil analisis penyebab keterlambatan yang terjadi di PT. XYZ yaitu terdapat 72 keterlambatan dari total 182 pengiriman. Di mana sekitar 26% dari jumlah keterlambatan disebabkan oleh kesalahan dalam administrasi, dan 74% dari jumlah keterlambatan disebabkan oleh kesalahan dalam penentuan rute. Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa penyebab utama dalam keterlambatan pengiriman adalah penentuan rute transportasi di mana penentuan rute ini dilakukan secara manual menurut

pemahaman masing-masing pengemudi sehingga menyebabkan keterlambatan pengiriman ke konsumen.

Oleh karena itu, terdapat tiga penyelesaian alternatif yang dapat diusulkan kepada PT. XYZ sebagai berikut .

TABEL Error! No text of specified style in document.-3
(Alternatif Penyelesaian Permasalahan PT.XYZ)

No	Akar Masalah	Potensial Solusi
1	Pengambilan rute yang dilakukan secara manual berdasarkan pemahaman pengemudi.	Menentukan rute optimal kepada pengemudi sehingga dapat mengurangi keterlambatan pengiriman barang.
2	Proses administrasi yang lama dan tidak terjadwal.	Melakukan penjadwalan pada proses administrasi sehingga produk yang akan dikirimkan tidak perlu menunggu proses administrasi yang terlalu lama
3	Ketidaktepatan dalam memilih kendaraan yang digunakan sehingga memperlambat proses pengiriman.	Menentukan kendaraan yang akan digunakan untuk mengantarkan produk yang disesuaikan dengan titik pengantaran.

Kendaraan yang datang melebihi batas waktu yang telah ditentukan maka akan menyebabkan keterlambatan pengiriman. Keterlambatan pengiriman yang terjadi dapat disebabkan karena penentuan rute perjalanan yang tidak sesuai. Oleh sebab itu, penentuan rute perjalanan sangat penting untuk mengurangi keterlambatan pengiriman produk ke konsumen dan juga untuk mengurangi biaya transportasi yang dikeluarkan oleh perusahaan. Dengan meningkatkan efektivitas rute transportasi maka perusahaan akan dapat mengurangi keterlambatan pengiriman yang terjadi. Sehingga dapat diketahui bahwa PT. XYZ memiliki permasalahan dalam hal transportasi yang dapat diselesaikan dengan menggunakan pendekatan VRP. Pendistribusian produk ke konsumen PT. XYZ menggunakan beberapa kendaraan yang berbeda sehingga menggunakan karakteristik VRP berupa *heterogeneous fleet* dan memiliki rentang waktu pelayanan (*time window*).

II. KAJIAN TEORI

Menyajikan dan menjelaskan teori-teori yang berkaitan dengan variabel-variabel penelitian. Poin subjudul ditulis dalam abjad.

A. Supply Chain Management

Supply chain management adalah manajemen dari sebuah aliran material dan informasi sebagai fasilitas penunjang antar rantai pasok, seperti pemasok (supplier), penjual (vendor), perencanaan pembuatan produk (manufacturing plans), fasilitas pergudangan (warehouse facilities), pusat distribusi (distribution center), dan pengecer (retails) (Masudin, 2017). Sehingga supply chain management dapat dikatakan sebagai sebuah strategi perusahaan dalam mengelola dan mengatur setiap proses bisnis yang berkaitan dengan menyalurkan sebuah barang dari pemasok hingga ke konsumen. Supply chain management mengkoordinasikan secara sistem dan proses perencanaan, desain dan mengendalikan arus informasi dan material sehingga barang dapat sampai ditangan konsumen secara cepat dan tepat. Dalam

kerangka kerjanya, supply chain management memberikan gambaran secara umum pentingnya manajemen terhadap berjalannya seluruh proses bisnis yang dapat diintegrasikan dan dikelola.

Penerapan SCM yang baik dapat meningkatkan keuntungan perusahaan dengan mengatur aliran arus barang yang dimulai dari pemasok, proses produksi dalam perusahaan, sampai dengan ke konsumen. Setiap entitas yang berada pada jaringan SCM pada dasarnya memiliki metode atau pendekatan dalam mengelola jaringan rantai pasok masing-masing. Dalam penerapan SCM di perusahaan, komitmen dan dukungan dari manajemen puncak sangat diperlukan

B. Manajemen Transportasi dan Distribusi

Distribusi adalah suatu kegiatan untuk memindahkan produk dari pihak supplier kepada konsumen. Distribusi merupakan suatu kunci dari keuntungan yang akan diperoleh perusahaan karena distribusi secara langsung akan mempengaruhi biaya dari rantai pasok. Sehingga jaringan distribusi yang tepat diperlukan untuk mencapai berbagai macam tujuan dari rantai pasok itu sendiri, mulai dari biaya yang rendah sampai respons yang tinggi terhadap permintaan dari konsumen (Chopra & Peter Meindl, 2012). Transportasi merupakan suatu pergerakan produk dari suatu lokasi ke lokasi lain yang mempresentasikan awal dari suatu rangkaian rantai pasok sampai ke konsumen. Transportasi dengan penting karena suatu produk jarang yang diproduksi dan digunakan di lokasi yang sama (Chopra & Peter Meindl, 2012).

Manajemen transportasi dan distribusi merupakan pengelolaan terhadap kegiatan untuk pergerakan suatu produk dari suatu lokasi ke lokasi lain di mana pergerakan tersebut biasanya membentuk atau menghasilkan suatu jaringan. Peran jaringan transportasi dan distribusi sangat penting bagi perusahaan maupun produk. Dengan jaringan transportasi dan distribusi maka produk dapat berpindah tempat dari lokasi diproduksi hingga sampai ke lokasi konsumen. Kemampuan memilih jaringan transportasi dan distribusi untuk mengirimkan produk ke konsumen secara tepat waktu, dalam jumlah yang tepat dan dalam kondisi yang baik. Dewasa ini kemampuan untuk mengelola jaringan transportasi dan distribusi merupakan suatu keunggulan dan keuntungan yang sangat penting bagi perusahaan. Perkembangan dalam manajemen transportasi dan distribusi memungkinkan perusahaan untuk menciptakan kecepatan waktu kirim dengan efisiensi yang tinggi dalam jaringan transportasi dan distribusinya.

Jaringan distribusi berkaitan dengan pemenuhan dari kebutuhan konsumen dan biaya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan konsumen (Chopra & Peter Meindl, 2012). Perusahaan harus dapat mengestimasi jumlah kebutuhan maupun permintaan konsumen dalam suatu jaringan distribusi, karena pemenuhan kebutuhan konsumen akan mempengaruhi pendapatan perusahaan melalui biaya yang ditimbulkan dari suatu jaringan pengiriman.

Transportasi dan distribusi bisa dilakukan perusahaan dengan membentuk divisi transportasi dan distribusi sendiri atau dengan menggunakan jasa pihak ketiga.

C. Vehicle Routing Problem

Vehicle routing problem merupakan sebuah penentuan set rute yang mana setiap rute tersebut dilakukan oleh sebuah kendaraan yang memulai perjalanan dari depot dan kembali lagi ke depot untuk memenuhi permintaan konsumen tanpa melanggar pembatas-pembatas yang ditetapkan serta dapat mengurangi biaya transportasi (Paolo Toth & Vigo, 2002). Solusi VRP digunakan untuk penentuan rute transportasi supaya syarat dari supplier terpenuhi serta mengurangi total biaya transportasi yang dikeluarkan perusahaan. Penentuan pasangan vehicle-customer ini dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan dalam satu kali angkut untuk meminimalkan biaya yang diperlukan.

D. Metode Heuristik

Heuristik merupakan suatu cara yang dirancang untuk memecahkan suatu masalah dengan langkah-langkah yang disusun secara matematis tanpa didasari teori-teori optimasi atau pembuktian analitik, biasanya menghasilkan solusi yang bagus, dalam arti optimal atau mendekati optimal (Santosa & Ai, 2017). Heuristik dimaksudkan untuk mendapatkan hasil yang secara komputasi lebih cepat dengan konsekuensi mengurangi akurasi solusi yang dihasilkan. Sehingga kecepatan perhitungan biasanya lebih baik dengan mengorbankan akurasi. Pendekatan heuristik biasanya sangat spesifik untuk problem lain yang berbeda sehingga diperlukannya algoritma heuristik yang lain untuk problem yang berbeda.

E. Metode Metaheuristik

Metaheuristik adalah pendekatan komputasi untuk mencari solusi optimal atau mendekati optimal dari suatu problem optimasi dengan cara mencoba iterasi untuk memperbaiki kandidat solusi dengan memperhatikan batasan kualitas solusi yang diinginkan (Santosa & Ai, 2017). Metaheuristik adalah metode solusi umum yang menyediakan baik struktur umum dan pedoman strategi untuk mengembangkan metode heuristik tertentu untuk menyesuaikan jenis masalah tertentu (Hiller & Lieberman, 2010).

Teknik metaheuristik memberi kerangka umum untuk pemecahan masalah. Dengan begitu suatu teknik metaheuristik bisa digunakan untuk menyelesaikan berbagai persoalan yang berbeda dengan langkah-langkah yang hampir sama. Dalam metaheuristik tidak ada asumsi mengenai problem yang dioptimalkan. Metaheuristik tidak dirancang khusus untuk menyelesaikan suatu masalah.

F. Optimasi

Optimasi merupakan suatu kumpulan formula matematis dan metode numerik untuk menemukan dan mengidentifikasi kandidat terbaik dari sekumpulan alternatif tanpa harus secara eksplisit menghitung dan mengevaluasi semua alternatif yang mungkin (Santosa & Ai, 2017). Keberhasilan penerapan teknik optimasi,

paling tidak memerlukan tiga syarat. Syarat-syarat tersebut adalah kemampuan membuat model matematika dari permasalahan yang dihadapi, pengetahuan teknik optimasi, dan pengetahuan akan program komputer.

G. Algoritma Nearest Neighbor

Nearest neighbor merupakan bagian dari algoritma heuristik. Nearest neighbor merupakan metode yang sangat sederhana. Pada setiap iterasinya, dilakukan pencarian pelanggan terdekat dengan pelanggan yang terakhir untuk ditambahkan pada akhir rute tersebut. Rute baru dimulai dengan cara yang sama jika tidak terdapat posisi yang fisibel untuk menempatkan pelanggan baru karena kendala kapasitas maupun time windows (Bräysy & Gendreau, 2005).

H. Algoritma Tabu Search

Tabu search merupakan sebuah metode local search pada metaheuristik yang diperkenalkan oleh Glover pada tahun 1986. Tabu search mengeksplorasi ruang solusi dengan bergerak pada setiap iterasi dari solusi ke solusi terbaik dalam sub set dari lingkungannya. Tabu search menemukan solusi suatu persoalan optimasi (diskrit) dengan cara mencari solusi di sekitar solusi sekarang (neighborhood) (Santosa & Ai, 2017). Tabu search memiliki beberapa karakteristik yaitu sebagai berikut.

1. Metode descent tradisional tidak menerima pergerakan yang tidak memperbaiki solusi, tabu search bisa menerima solusi yang lebih buruk.
2. Kebanyakan metaheuristic adalah melalui proses random, sedangkan tabu search lebih deterministik, tidak ada pembangkitan bilangan random.

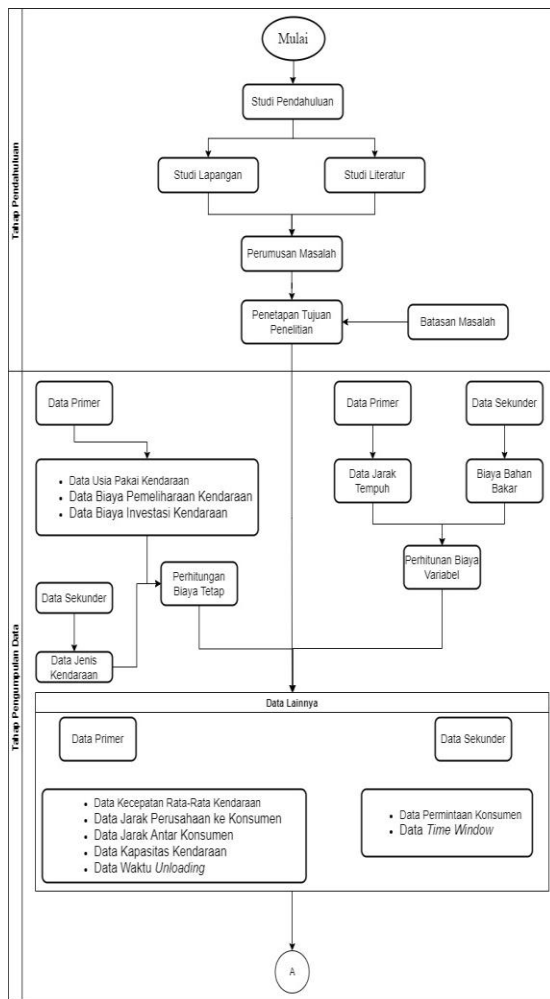
I. MATLAB

MATLAB adalah suatu Bahasa pemrograman tingkat tinggi yang diperuntukkan untuk komputasi teknis. Matlab mengintegrasikan aspek komputasi, visualisasi dan pemrograman dalam suatu lingkungan yang muda dilakukan. Terdapat banyak masalah yang bisa diselesaikan dengan bantuan Matlab terutama yang bisa diformulasikan dalam bentuk matriks dan vektor. Matlab adalah alat standar untuk kuliah pendahuluan maupun kuliah lanjut untuk matematika, teknik dan sains dibanyak universitas di seluruh dunia. Di dunia industri, Matlab termasuk kedalam software pilihan untuk melakukan kegiatan riset, pengembangan dan analisis.

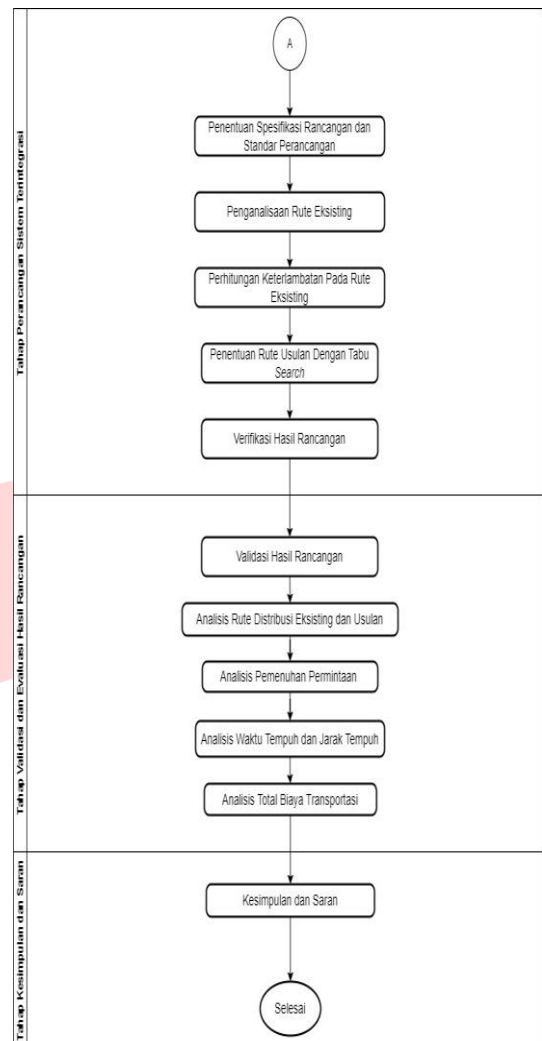
III. METODE

A. Sistematis Perancangan

Pada sistematis perancangan terdapat alur perancangan yang akan ditampilkan secara terstruktur, sistematis, dan rinci. Berikut merupakan diagram sistematis perancangan pada tugas akhir ini.



GAMBAR Error! No text of specified style in document.-4
(Sistematika Perancangan)



GAMBAR Error! No text of specified style in document.-5
(Sistematika Perancangan (lanjutan))

Pada tahapan pendahuluan, peneliti akan melakukan pengamatan secara langsung mengenai objek penelitian yang mana penulis akan melakukan pengidentifikasi kondisi awal yang terjadi di lapangan. Setelah melakukan pengamatan secara langsung, maka peneliti dapat menghubungkan hasil pengamatannya dengan studi literatur yang mana peneliti akan mendapatkan hasil berupa rumusan masalah yang terjadi. Setelah peneliti mendapatkan rumusan masalah, maka peneliti akan menjadikan rumusan masalah tersebut sebagai tujuan masalah dengan disertakan batasan masalah yang akan membatasi penelitian agar tidak terlalu luas.

Sesuai dengan penjelasan diatas, maka dapat diketahui bahwa objek pada tugas akhir ini merupakan perusahaan textile terintegrasi terbesar di Indonesia yang terletak di wilayah Surakarta, Jawa Tengah. Setelah mendapatkan objek penelitian, maka peneliti melakukan pengidentifikasi awal dengan melakukan wawancara dan observasi lapangan. Setelah mendapatkan hasil dari pengidentifikasi awal, maka peneliti dapat menentukan permasalahan yang sedang terjadi pada objek penelitian. Peneliti mengembangkan permasalahan penelitian menjadi tujuan penelitian yang disertakan batasan batasan penelitian agar penelitian yang dilakukan tidak terlalu luas jangkauannya.

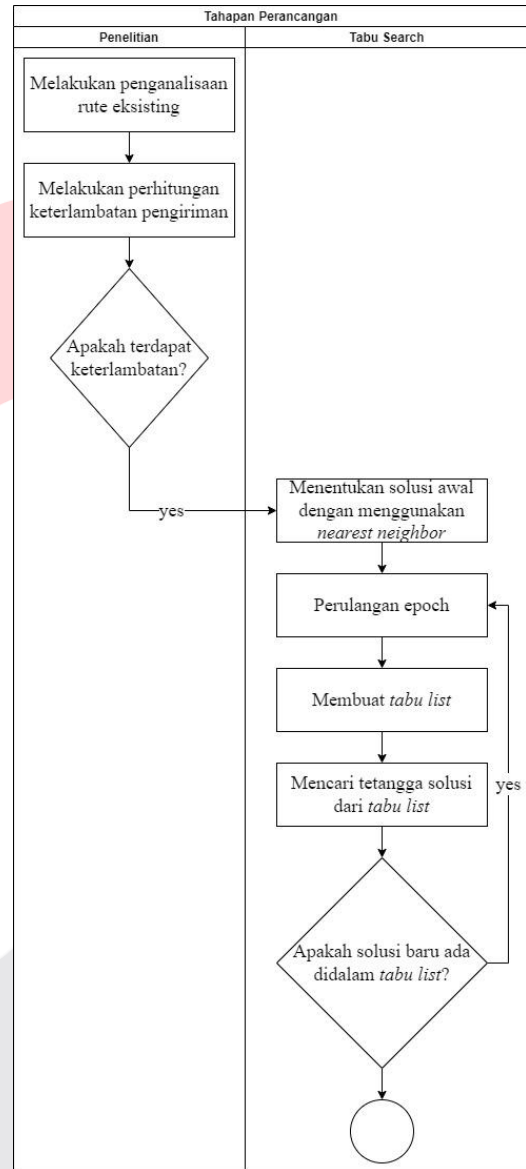
Pengumpulan data dilakukan setelah melakukan tahapan pendahuluan yaitu tahapan dimana peneliti mengidentifikasi kondisi awal pada objek penelitian dengan cara melihat dan mengamati secara langsung di lapangan. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti observasi, dan wawancara. Data yang didapat terbagi menjadi dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang belum pernah dikumpulkan sebelumnya dan hanya dikumpulkan hanya untuk tujuan penelitian dan mengacu pada data yang berasal dari peneliti untuk pertama kali. Sedangkan data sekunder merupakan data yang sudah ada, yang dikumpulkan oleh lembaga atau organisasi sebelumnya. Mekanisme pengumpulan data dapat dilihat pada tabel III-1.

TABEL Error! No text of specified style in document.-4
(Mekanisme Pengumpulan Data)

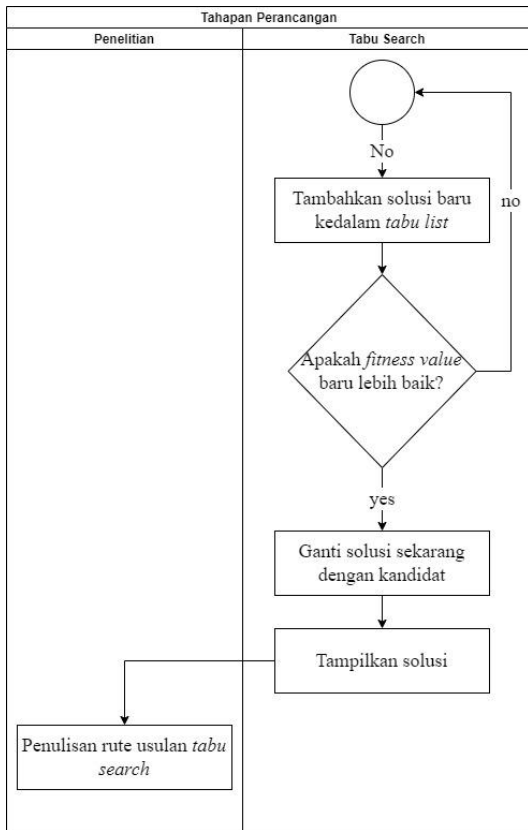
Data	Jenis Data	Mekanisme Perolehan Data
Data usia pakai kendaraan	Data primer	Data didapatkan dengan cara melakukan pencarian akan rata-rata usia pakai kendaraan sesuai dengan jenis kendaraan yang dimiliki oleh PT. XYZ
Data biaya pemeliharaan kendaraan	Data primer	Data didapatkan dengan cara mewawancarai beberapa pengemudi maupun kernet untuk lebih mengetahui berapa biaya <i>service</i> reguler setiap kendaraan yang dimiliki oleh PT. XYZ
Data biaya investasi kendaraan	Data primer	Data didapatkan dengan cara melakukan pencarian akan harga beli baru masing-masing kendaraan yang dimiliki oleh perusahaan, karena perusahaan dahulu membeli semua kendaraan dalam keadaan baru.
Data jarak tempuh	Data primer	Data jarak didapatkan dengan melakukan pencarian menggunakan google <i>maps</i> dengan alamat yang telah diberikan oleh perusahaan.
Data biaya bahan bakar	Data sekunder	Data didapatkan dengan cara mewawancarai salah satu <i>staff</i> divisi transportasi.
Data kecepatan rata-rata kendaraan	Data primer	Data diperoleh dengan cara ikut dalam pengantaran barang ke konsumen yang dilakukan dalam beberapa hari dengan kendaraan, pengemudi, dan tujuan yang berbeda beda untuk mendapatkan <i>sample</i> yang memadai.
Data kapasitas kendaraan	Data primer	Data didapatkan dengan mengukur box kendaraan dan mengukur besaran produk, kemudian dilakukan perhitungan agar mendapatkan kapasitas kendaraan.
Data permintaan	Data sekunder	Data didapatkan dengan cara mewawancarai salah satu <i>staff</i> divisi pergudangan.
Data <i>time window</i>	Data sekunder	Data didapatkan dengan cara mewawancarai salah satu <i>staff</i> divisi transportasi.
Data waktu <i>unloading</i>	Data primer	Data diperoleh dengan cara ikut dalam pengantaran barang ke konsumen yang dilakukan dalam beberapa hari dengan kendaraan,

Data	Jenis Data	Mekanisme Perolehan Data
		pengemudi, dan tujuan yang berbeda beda untuk mendapatkan <i>sample</i> yang memadai.

Pada tahap perancangan, data-data yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya akan diolah. Berikut merupakan diagram alir dari perancangan penyelesaian masalah dari penelitian.



GAMBAR Error! No text of specified style in document.-6
(Tahap Perancangan Bagian I)



GAMBAR Error! No text of specified style in document.-7 (Tahap Perancangan Bagian II)

Pada tahapan mekanisme verifikasi terdapat tahap berupa memverifikasi hasil dari penentuan rute usulan menggunakan algoritma tabu search dengan spesifikasi perancangan yang telah ditentukan. Verifikasi akan dianggap terpenuhi apabila hasil rute usulan telah sesuai dengan spesifikasi perancangan.

Pada ini, validasi berfungsi sebagai umpan balik terhadap hasil rancangan yang telah diverifikasi. Hasil dari validasi akan menentukan apakah hasil dari rancangan yang telah dibuat dapat menjadi solusi bagi permasalahan penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

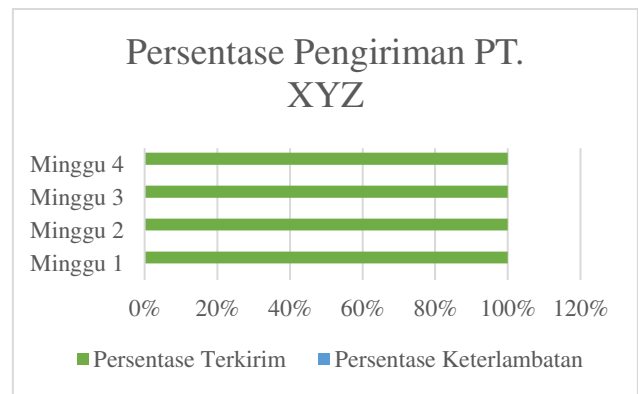
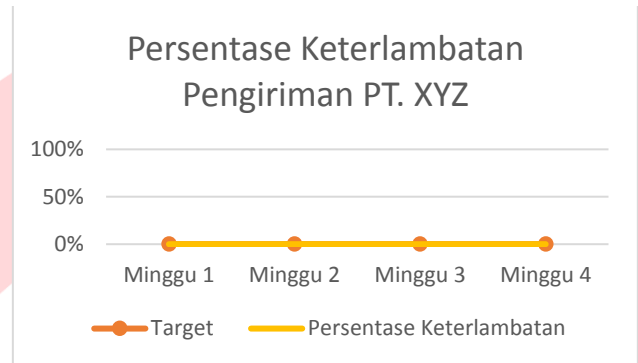
Setelah melakukan perhitungan Tabu Search yang diterapkan dengan menggunakan aplikasi Matlab. Berikut merupakan hasil perhitungan Tabu Search yang telah dilakukan.

1. Rute Usulan Tanggal 27/10/2020

Trip 27/10/2020									
Kendaraan :	CDE-1								
Urutan									
Tujuan	PT. XYZ	D	G	H	F	I	PT. XYZ		
Jarak Tempuh	0	8.2	1.25	3.93	2.29	6.19	9.3		
Waktu Tempuh (menit)	0	16.0	2.4	7.7	4.5	12.1	18.1		
		00:16:00	00:02:24	00:07:42	00:04:30	00:12:06	00:18:06		
Demand		27	17	15	18	7			
Jumlah Muatan	84	57	40	25	7	0			
Kapasitas Kosong	3	30	47	62	80	87			
Waktu Buka		08:00:00	08:00:00	08:00:00	08:00:00	08:00:00	08:00:00		
Waktu Tutup		16:00:00	16:00:00	16:00:00	16:00:00	16:00:00	16:00:00		
Waktutiba		12:03:00	12:39:00	13:07:00	13:30:00	14:04:00	14:30:00		
Waktu Pelayanan (menit)		00:34:00	00:21:00	00:19:00	00:22:00	00:08:00			
Waktu Berangkat		11:48:00	12:37:00	13:00:00	13:26:00	13:52:00	14:12:00		

Trip 27/10/2020								
Kendaraan :	CDD-1							
Urutan								
Tujuan	PT. XYZ	B	E	C	A	PT. XYZ		
Jarak Tempuh	0	12.1	2.3	4.6	13.2	25		
Waktu Tempuh (menit)	0	24	4	9	26	49		
		00:24:00	00:04:00	00:09:00	00:26:00	00:49:00		
Demand		21	15	30	19			
Jumlah Muatan	85	64	49	19	0			
Kapasitas Kosong	50	71	86	116	135			
Waktu Buka		08:00:00	08:00:00	08:00:00	08:00:00			
Waktu Tutup		16:00:00	16:00:00	16:00:00	16:00:00			
Waktutiba		13:23:00	13:53:00	14:20:00	15:23:00	16:35:00		
Waktu Pelayanan (menit)		00:26:00	00:19:00	00:38:00	00:24:00			
Waktu Berangkat		13:00:00	13:49:00	14:12:00	14:58:00	15:47:00		

Berdasarkan hasil rute usulan yang telah diperoleh dari perhitungan menggunakan algoritma tabu search, maka didapatkan perhitungan keterlambatan pengiriman yang terjadi setelah menerapkan rute yang diusulkan yaitu sebagai berikut.



Dapat diketahui bahwa sudah tidak terdapat keterlambatan pengiriman disemua hari, yang mana rute usulan sudah sesuai dengan yang diinginkan yaitu dengan tidak adanya keterlambatan yang terjadi pada pengiriman dan juga pengiriman yang dilakukan telah memenuhi target yang ditentukan dimana target persentase keterlambatan yang telah ditetapkan perusahaan adalah sebesar 0% (nol persen) atau dapat dikatakan bahwa persentase pengiriman sebesar 100% (seratus persen).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada Bab V, maka kesimpulan yang didapatkan dari tugas akhir ini antara lain adalah sebagai berikut.

1. Hasil rancangan rute distribusi dengan algoritma tabu search yang diusulkan kepada perusahaan telah mencapai hasil yang optimal. Dapat dikatakan mencapai hasil yang optimal karena solusi yang diperoleh dari perhitungan yang dilakukan menghasilkan keterlambatan pengiriman sebesar 0% (nol persen) dimana telah sesuai dengan target yang dimiliki oleh perusahaan.

2. Solusi yang dihasilkan jika di implementasikan maka akan terjadi penurunan total biaya transportasi. Pada kendaraan CDE-1 diketahui terdapat penurunan total biaya transportasi sebesar 9%, untuk kendaraan CDE-2 terdapat penurunan sebesar 14% pada total biaya transportasi dengan rute usulan. Kendaraan CDD-1 terdapat penurunan sebesar 7% pada total biaya transportasi dengan rute usulan. Diketahui untuk kendaraan CDD-2, penurunan total biaya transportasi yang didapatkan dengan rute usulan adalah sebesar 5%, dan untuk kendaraan CDD-3 persentase penurunan total biaya transportasi yang didapatkan adalah 6%. Sehingga dapat diketahui rata-rata penurunan biaya transportasi yang didapatkan adalah sebesar 8%.

3. Selain penurunan total biaya transportasi, pengimplementasian rute usulan juga menyebabkan penurunan jarak tempuh kendaraan. Dimana kendaraan CDE-1 persentase pengurangan jarak tempuh diketahui sebesar 12% (dua belas persen), untuk kendaraan CDE-2 jarak yang ditempuh menggunakan rute usulan 26% (dua puluh enam persen) lebih dekat dari jarak yang menggunakan rute eksisting, pada kendaraan CDD-1 terdapat pengurangan sebanyak 16% (enam belas persen) pada jarak tempuh menggunakan rute usulan, jarak yang ditempuh kendaraan CDD-2 menggunakan rute usulan diketahui lebih dekat sebanyak 14% (empat belas persen) dibandingkan dengan menggunakan rute eksisting, dan pada kendaraan CDD-3 diketahui memiliki pengurangan sebanyak 19% (sembilan belas persen) pada jarak yang ditempuh menggunakan rute usulan, dengan rata-rata pengurangan jarak tempuh menggunakan rute usulan adalah sebesar 20% (dua puluh persen) lebih pendek dibandingkan dengan menggunakan rute eksisting.

REFERENSI

- [1] I. Masudin, Y CHAIN MANAGEMENT SUPPLY AND REVERSE L. Universitas Muhammadiyah Malang, 2017.
- [2] S. Chopra and Peter Meindl, Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operation. 2012.
- [3] Paolo Toth and D. Vigo, The vehicle Routing Problem. Universita degli Studi di Bologna, Bologna, Italy, 2002.
- [4] P. Belfiore and H. T. Y. Yoshizaki, "Heuristic methods for the fleet size and mix vehicle routing problem with time windows and split deliveries," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 64, no. 2, pp. 589–601, 2013, doi: 10.1016/j.cie.2012.11.007.
- [5] F. S. Hiller and G. J. Lieberman, Introduction to Operation Research, vol. 52, no. 3. McGraw-Hill, 2010.
- [6] O. Bräysy and M. Gendreau, "Vehicle routing problem with time windows, Part I: Route construction and local search algorithms," *Transp. Sci.*, vol. 39, no. 1, pp. 104–118, 2005, doi: 10.1287/trsc.1030.0056.
- [7] C. S. Hutasoit, S. Susanty, and A. Imran, "Penentuan Rute Distribusi Es Balok Menggunakan Algoritma Nearest Neighbour dan Local Search (Studi kasus di PT X)," *Reka Integr.*, vol. 02, no. 02, pp. 268–276, 2014.
- [8] N. Van Hop, "HETEROGENEOUS FLEET VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOW AND BACKLOG ORDERS: AN ANT COLONY

OPTIMIZATION APPROACH HETEROGENEOUS FLEET VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOW AND BACKLOG ORDERS: AN ANT COLONY OPTIMIZATION APPROACH Tran Thi Hoang Diep," no. July, 2018.

[9] T. Ayu and Nahry, "Optimizing the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Window on Urban Last Mile Delivery," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 830, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/830/1/012100.

[10] P. Kirci, "On the performance of tabu search algorithm for the vehicle routing problem with time windows," *Proc. - 2016 4th Int. Conf. Futur. Internet Things Cloud Work. W-FiCloud 2016*, pp. 351–354, 2016, doi: 10.1109/W-FiCloud.2016.77.

[11] N. Van Chung, N. Thanh, P. Anh, and L. Nhieu, "Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Window: A Case Study in DKSH Vietnam HETEROGENEOUS FLEET VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOW: A CASE STUDY IN DKSH VIETNAM International University – Vietnam National University HCMC, Hochiminh," no. January, 2022.

[12] A. Desiana et al., "Penyelesaian Vehicle Routing Problem Untuk Minimasi Total Biaya," *e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 2566–2574, 2016.

[13] R. M. Barnes, "Motion and Time Study Design and Measurement of Work." John Wiley & Sons, New York, 1980.

[14] PERMENHUB 62, "Menteri perhubungan republik indonesia," 2018. [Online]. Available: <http://hubdat.dephub.go.id/km/tahun-2018/2669-peraturan-menteri-perhubungan-republik-indonesia-nomor-pm-115-tahun-2018-tentang-pengaturan-lalu-lintas-operasional-mobil-barang-selama-masa-angkutan-natal-tahun-2018-dan-tahun-baru-2019/download>.

[15] PERMENHUB 62, "Menteri perhubungan republik indonesia," Peratur. Menteri Perhub. Republik Indones. Nomor Pm 60 Tahun 2019, 2019, [Online]. Available: <http://hubdat.dephub.go.id/km/tahun-2018/2669-peraturan-menteri-perhubungan-republik-indonesia-nomor-pm-115-tahun-2018-tentang-pengaturan-lalu-lintas-operasional-mobil-barang-selama-masa-angkutan-natal-tahun-2018-dan-tahun-baru-2019/download>.

[16] Menteri Perhubungan RI, "PM_111_Tahun_2015.pdf." 2015.

[17] P. R. Indonesia, "UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 11 TAHUN 2020 TENTANG CIPTA KERJA," no. 052692, 2020.