

Sistem Optimalisasi Rute Model Capacitated Vehicle Routing Problem With Time Windows Menggunakan Algoritma Metaheuristic Particle Swarm Optimization pada Perusahaan Kantong Plastik HDPE PT XYZ

Jason, Silvia Rostianingsih, Andreas Handojo

Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra

Jl. Siwalankerto 121 – 131 Surabaya 60236

Telp. (031) – 2983455, Fax. (031) – 8417658

E-Mail: jasonliem85@gmail.com, silvia@petra.ac.id, handojo@petra.ac.id

ABSTRAK

Teknologi yang merupakan salah satu penyebab revolusi industri merupakan sesuatu yang terus menerus berkembang seiring berjalannya waktu. Perusahaan kini dituntut untuk menggunakan bantuan teknologi dan pengolahan data untuk menghasilkan proses bisnis yang lebih cepat dan efisien. Begitu pula dengan PT XYZ. PT XYZ merupakan pabrik produsen plastik HDPE yang berdomisili di Surabaya. Perusahaan ini sedang berupaya untuk menangani meningkatnya frekuensi pengiriman yang ada pada perusahaan. Akibat meningkatnya frekuensi pengiriman, perusahaan sering kewalahan dalam menangani kirimannya karena tidak adanya sistem yang dapat dengan cepat menentukan rute kirim bagi perusahaan. Terlebih adanya faktor penentu rute lain seperti berat kiriman, kapasitas truk, serta permintaan jam kirim khusus yang menambah kompleksitas rute untuk dihitung secara manual. Sehingga dibutuhkan sebuah sistem yang mampu memberikan rekomendasi rute dengan cepat.

Sistem optimalisasi rute ini dirancang menggunakan bahasa pemrograman PHP dan *framework frontend* Bootstrap untuk mendukung UI sistem. Untuk *database* yang digunakan adalah *database MySQL*. Sistem akan dibuat 2 modul yaitu modul untuk admin dan modul untuk sopir. Proses yang dilakukan sistem pertama-tama sistem akan mendapatkan *cluster* dari *database* seluruh pelanggan yang ada di perusahaan. *Cluster* ini merupakan salah satu faktor penentu *fitness value* pada algoritma *Particle Swarm Optimization*. Kemudian setelah data pesanan didapatkan, maka sistem akan menggunakan algoritma PSO untuk menentukan agenda kirim bagi masing-masing truk. Faktor penentu PSO antara lain lokasi pelanggan, jam prioritas permintaan pelanggan, berat pesanan, serta kapasitas muat truk yang berbeda-beda. Setelah mendapatkan tabel kirim dari masing-masing truk, sistem akan menggunakan bantuan *Google Waypoints API* untuk menentukan urutan destinasi dari tabel kirim tersebut.

Hasil akhir dari sistem ini adalah sebuah sistem optimalisasi rute pengiriman yang mampu memberikan rekomendasi pemilihan rute untuk masing-masing truk yang ada pada perusahaan. Serta sistem juga mampu mengurutkan kiriman dengan berbagai batasan prioritas kirim. Dari hasil pengujian, algoritma pada sistem mampu menghasilkan rute dengan total jarak tempuh dan durasi tempuh lebih kecil dibanding rute yang dihasilkan secara manual oleh pegawai perusahaan.

Kata kunci: *Google Waypoints, Particle Swarm Optimization, Pengiriman Barang*

ABSTRACT

Technology has been one of the key factors behind industrial revolution. Companies are now required to use technological

assistance and data processing to produce faster and more efficient business processes. This is also the case with Company XYZ. Company XYZ is an HDPE plastic manufacturer domiciled in Surabaya. Currently, the company is trying to handle the increasing frequency of shipments that exist in the company. Due to the increasing frequency of shipments, the company is often overwhelmed in handling its shipments because there is no system that can quickly determine the shipping route for the company. Moreover, there are other route determining factors such as shipment weight, truck capacity, and special delivery hour requests that add to the complexity of the route to be calculated manually. So a system is needed that is able to provide route recommendations quickly.

This route optimization system is designed using the PHP programming language and the Bootstrap frontend framework to support the system UI Design. The database used is MySQL database. The system will be created in 2 modules, namely a module for the admin and a module for the driver. For this system to work, firstly the system will run the KMeans Cluster function from the database to cluster all customers in the company. This cluster is one of the factors determining the fitness value in the Particle Swarm Optimization algorithm. After the order data is obtained, the system will use the PSO algorithm to determine the delivery agenda for each truck. The determining factors of PSO include customer location, priority hours of customer requests, order weight, and loading capacity of different types trucks. After obtaining the delivery table of each truck, the system will use the help of Google Waypoints API to determine the routing order from each truck.

The final result of this system is a delivery route optimization system that is able to provide route selection recommendations for each truck in the company. The system is also able to sort shipments with various shipping priority restrictions. From the test results, the PSO algorithm in the system is able to produce routes with less total distance traveled and less travel duration than the routes generated manually by the employees in the company.

Keywords: *Google Waypoints, Particle Swarm Optimization, Shipment*

1. PENDAHULUAN

PT XYZ adalah sebuah perusahaan yang berdomisili di Surabaya dan telah berdiri sejak 1981, sehingga memiliki pengalaman puluhan tahun dalam bidang usahanya. PT XYZ merupakan perusahaan produsen kantong plastik HDPE. PT XYZ memiliki sekitar 60 variasi produk, masing-masing dengan ukuran, warna, berat yang berbeda-beda. Untuk memenuhi permintaan pelanggan,

PT XYZ menerapkan *strategy make to stock*, sehingga dibutuhkan kapasitas produksi yang besar serta *inventory* yang luas. Dalam sehari, PT XYZ mampu memproduksi 1300 bal dan dengan bantuan total 26 mesin ekstruder dan tenaga kerja sekitar 600 orang.

Untuk distribusi produk perusahaan tersebar ke seluruh Indonesia, bahkan hingga ke Timor Leste. Seluruh pengiriman pesanan dilakukan sendiri oleh perusahaan sehingga perusahaan menyediakan 10 armada truk dengan ukuran yang berbeda-beda. Untuk pesanan dalam wilayah Kota Surabaya hingga daerah krian dikirimkan langsung ke tempat tujuan dengan armada truk PT XYZ. Sedangkan untuk pesanan di wilayah Jawa Timur akan dikirimkan oleh perusahaan menggunakan armadanya ke kurir pilihan pelanggan dan pesanan dari luar Jawa Timur hingga luar pulau akan diantarkan oleh truk perusahaan ke depo kontainer untuk dimuat ke dalam kontainer dan diangkut oleh kapal.

Pengiriman perusahaan dahulu, sebelum era digitalisasi, semua bersifat monoton dan hanya ke tempat-tempat tertentu saja. Hal ini dikarenakan perusahaan hanya menerima pesanan dalam jumlah partai ke distributor yang telah dipercayai oleh perusahaan. Namun semenjak era digitalisasi, pengguna gadget seperti HP kian menyebar ke seluruh rakyat. Hal ini menyebabkan maraknya kegiatan jual beli online yang didukung oleh Online Marketplace seperti Tokopedia atau Shopee serta aplikasi media sosial seperti Instagram dan Facebook. Sehingga, banyak bermunculan bisnis-bisnis UMKM baru. PT XYZ melihat peluang dari munculnya bisnis UMKM baru ini dan mengubah strategi penjualannya, dari dahulu yang hanya menjual dalam jumlah partai besar, kini PT XYZ mengubah jumlah minimum order menjadi 5 bal (karung) saja.

Dengan begini permintaan terhadap kantong plastik meningkat drastis. Dahulu yang hanya kirim ke beberapa tujuan saja dalam sehari, sekarang bisa menjadi hingga 60 destinasi per hari. Destinasi kirim baru yang asing bagi sopir kini lebih sering bermunculan. Sehingga timbul masalah baru dengan banyaknya destinasi kirim dan masing-masing dengan permintaan jam kirim tersendiri. Berbagai upaya telah dilakukan perusahaan untuk menangani masalah ini, salah satunya adalah dengan menambah jumlah armada truk, namun masih tidak cukup untuk mengatasi ini. Meningkatnya jumlah pesanan dan destinasi kirim yang baru telah mengakibatkan karyawan di perusahaan sering lembur. Hal ini disebabkan waktu yang terbuang di pagi hari untuk menentukan rute kirim bagi masing-masing armada truk perusahaan. Rute kirim tersebut juga tidak tentu yang paling optimal karena semua dikerjakan secara manual oleh manusia. Ditambah lagi apabila ada penutupan jalan secara mendadak yang dapat menghambat pengiriman. Jika hal ini dibiarkan terus menerus, maka perusahaan akan mengalami kerugian biaya yang cukup mendalam serta menurunnya kepercayaan pelanggan. Untuk mengatasi masalah ini, pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan sistem optimalisasi rute berbasis Web-Based Application dengan menggunakan algoritma Metaheuristic Particle Swarm Optimization (PSO) untuk menentukan daftar rute kirim yang paling optimal bagi masing-masing truk pada perusahaan. Rute pada perusahaan merupakan Single Route dimana pengiriman dalam sehari hanya berangkat dari gudang perusahaan sekali saja. Sistem ini juga akan dihubungkan dengan Google Maps API untuk menghitung jarak dan waktu dari masing-masing destinasi serta memberikan visualisasi rute yang diberikan kepada masing-masing truk untuk memudahkan supir. Sistem ini diharapkan dapat membantu perusahaan untuk menentukan jarak paling optimal agar dapat memberikan waktu kirim paling efisien dan mengurangi biaya baik biaya gaji lembur serta biaya bahan bakar. Sistem ini akan dapat diakses oleh admin dalam kantor perusahaan serta supir dari truk itu sendiri untuk

mengupdate status kirim saat sudah sampai di destinasi tertentu. Sistem ini juga akan memberikan reporting mengenai performa pengiriman dalam perusahaan. Pengujian pada sistem ini akan dilakukan dengan membandingkan perbedaan hasil jarak, waktu beserta biaya yang dibutuhkan bila rute ditentukan secara manual dengan sistem yang akan dibuat menggunakan algoritma Particle Swarm Optimization di skripsi ini.

Terdapat berbagai penelitian terdahulu yang membahas mengenai masalah rute dan cara optimasinya. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh [1], dimana dalam penelitian ini masalah optimasi rute pada sebuah perusahaan elektronik diselesaikan dengan cara membuat sebuah sistem yang dapat menentukan rute pengiriman barang dengan menerapkan metode clustering K-Means dan Google Maps API. Hasil dari penelitian ini adalah sistem dapat menentukan rute kirim barang serta memberikan estimasi pengiriman serta estimasi keterlambatan kirim. Sistem dapat menghitung 30 titik destinasi hanya dengan waktu 133 detik. Kekurangan dari penelitian ini adalah tidak memperhatikan faktor kirim lainnya, sehingga faktor penentu rute kirim hanyalah jarak dan jam kirim. Penelitian lain oleh [10] juga berusaha untuk menyelesaikan masalah pencarian rumah sakit terdekat dengan membuat sebuah sistem pencarian rute. Sistem pada penelitian ini menerapkan metode Dijkstra. Kekurangan dari penelitian ini adalah di penelitian ini hanya ada satu destinasi yaitu rumah sakit terdekat, serta faktor penentu rute hanyalah jarak. Hasil dari penelitian ini juga tidak mampu menjelaskan secara jelas dampak dari solusi yang dikerjakan pada penelitian ini.

Jika dikutip dari jurnal internasional, ada beberapa penelitian pula yang menangkat permasalahan VRP, seperti penelitian yang dilakukan oleh [4]. Penelitian ini mengangkat permasalahan CVRP untuk rute penjemputan sampah dari tempat penampungan sampah yang nantinya akan dikirimkan ke tempat pengolahan sampah. Metode yang diusulkan adalah menggunakan algoritma PSO, namun kekurangan pada penelitian ini faktor penentu rute pada penelitian ini hanyalah jarak saja serta tidak dilengkapi Time Windows. Penelitian lain oleh [7] juga mengangkat permasalahan VRP dengan menggunakan metode algoritma PSO. Namun, model yang dianalisa dari penelitian ini berbeda dengan skripsi ini dimana penelitian oleh [7] fokus pada model permasalahan Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery (VRPSPD), sedangkan skripsi ini adalah Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRP-TW).

Selain itu juga ada lagi penelitian oleh [8], dimana penelitian ini mengangkat masalah pada sebuah perusahaan mengenai rute pengiriman. Solusi yang ditawarkan dari penelitian ini adalah dengan menggunakan sistem optimasi rute dengan metode Google OR-Tools serta Algoritma Genetic Algorithm. Hasil yang diperoleh adalah kedua metode dapat menghasilkan 40% lebih efisien dibanding sistem perusahaan sekarang dengan Google OR-Tools dapat menghasilkan rute terbaik. Kekurangan dari skripsi ini adalah hanya ada 3 buah kendaraan dengan volume kendaraan yang sama sehingga mengurangi kompleksitas sistem. Hasil percobaan juga dilakukan hanya selama 5 hari. Penelitian terakhir adalah oleh [9] mengenai pencarian rute terpendek dalam mall dengan metode Lifelong Planning A*. Sama seperti penelitian yang lain, penelitian ini membuat sistem berbasis aplikasi android untuk mencari rute terpendek. Kekurangan pada penelitian ini adalah objek yang sudah fixed yaitu pada suatu mall dimana destinasinya tidak akan berubah—ubah dan tidak akan ada destinasi baru. Penelitian ini juga tidak menganggap faktor seperti macet ataupun penutupan jalan, mengingat rute yang dimaksud dalam penelitian ini adalah rute dalam mall. Penelitian ini juga menggunakan jarak saja sebagai

faktor penentu rute seluruh perindustrian jaman sekarang, termasuk PT XYZ.

2. PENELITIAN SEBELUMNYA

Penelitian akan menggunakan penelitian lain yang sejenis dan pernah dilakukan sebelumnya sebagai tinjauan studi. Berikut adalah penelitian yang telah dilakukan sebelumnya:

2.1 Aplikasi Pemilihan Rute Pengiriman Barang pada Perusahaan Elektronik di Surabaya dengan Menggunakan metode *K-Means Clustering* dan *Google Maps API*

[1] Masalah yang diangkat di penelitian ini adalah tidak ada sistem jelas yang mengatur rute pengiriman pada perusahaan elektronik ini menyebabkan rendahnya efisiensi dan efektivitas kirim perusahaan yang dapat mengurangi tingkat kepuasan pelanggan. Metode yang diusulkan dari penelitian ini adalah dengan menggunakan metode clustering K-Means dan Google Maps API untuk menentukan rute pengiriman barang dan memberikan data tentang waktu barang akan sampai. Hasil dari penelitian diatas adalah sistem yang dibuat mampu menentukan rute kirim barang serta memberikan informasi mengenai estimasi pengiriman dan estimasi keterlambatan barang pada pelanggan. Sistem dapat menghitung 30 titik destinasi hanya dengan waktu kurang dari 133 detik. Secara keseluruhan sistem dapat menjawab kebutuhan dari perusahaan dan hal ini dibuktikan oleh hasil kuesioner yang mengatakan bahwa program berfungsi 93,3% baik dan 6,7% cukup. Perbedaan penelitian yang dilakukan dari skripsi ini adalah penelitian ini hanya menggunakan metode clustering yaitu K-Means dan setelah pengclusteran, penghitungan jarak dan penentuan rute dari masing masing cluster semua diserahkan pada Google Maps API. Penelitian ini juga tidak memperhatikan faktor-faktor lainnya yang dapat mempengaruhi pengiriman, sehingga mengurangi kompleksitas. Sedangkan pada skripsi yang akan dilaksanakan akan menggunakan algoritma heuristic Particle Swarm Optimization untuk menentukan rute yang paling optimal dan meng-assign "tabel rute kirim" untuk masing-masing armada truk perusahaan. Skripsi ini juga dilengkapi dengan faktor penentu kirim tambahan yang dapat meningkatkan kompleksitas yang meliputi, volume angkut kendaraan yang berbeda-beda, variasi volume produk yang berbeda, prioritas kirim customer, jam kerja supir, serta jam request kirim customer tertentu.

2.2 Sistem Pencarian Rute Menuju Rumah Sakit Terdekat Menggunakan Algoritma *Dijkstra*

[10] Masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah mencari keberadaan rumah sakit sangatlah penting terutama saat sedang membutuhkan pertolongan medis secara mendesak. Metode yang diusulkan pada penelitian ini adalah dengan membuat aplikasi pencarian rute dengan menerapkan algoritma *Dijkstra* untuk menentukan rute terpendek secara efektif. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah aplikasi pencarian rute berbasis web dengan algoritma *Dijkstra* ini dapat menjadi salah satu cara untuk memudahkan pengguna dalam mencari rumah sakit terdekat. Perbedaan penelitian yang dilakukan dengan skripsi ini adalah penelitian ini hanya fokus pada satu destinasi saja dan hanya fokus pada pencarian jarak suatu destinasi terdekat tanpa adanya faktor-faktor lainnya. Sedangkan pada skripsi yang akan dibuat ini merupakan sistem pencarian rute untuk armada truk perusahaan dimana akan terdapat banyak destinasi bukan hanya satu, serta terdapat berbagai macam faktor penentu rute lainnya seperti

volume kendaraan yang beragam, variasi volume barang yang akan dikirim, prioritas customer, jam kerja supir, serta jam request kirim customer tertentu. Sistem yang akan dibuat ini juga akan dapat diakses oleh pihak admin dalam kantor dan pihak supir pengirim di masing-masing truk. Supir juga dapat memberikan update setelah berhasil mengirim di satu destinasi ataupun merubah destinasi di tengah perjalanan.

2.3 *Capacitated Vehicle Routing Problem Model for Scheduled Solid Waste Collection and Route Optimization using PSO Algorithm*

[4] Masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah pada era urbanisasi yang sangat pesat ini, aktivitas sehari-hari manusia telah menghasilkan sampah yang sangat banyak. Hal ini menyebabkan tingginya kadar CO2 yang dapat menyebabkan pemanasan global. Masalah ini harus segera ditangani dengan cara manajemen sampah yang baik, salah satunya adalah dengan menentukan rute yang efisien untuk mengangkut sampah dari pusat penampungan sampah ke pusat pengolahan sampah. Namun tanpa sebuah sistem yang jelas, kebanyakan truk sampah menempuh rute yang kurang efisien dan menyebabkan biaya transportasi membengkak. Pengembangan Sistem Manajemen Metode Data Mining Market Basket Analysis Untuk Menentukan Pola Tata Letak Produk. Metode yang diusulkan pada penelitian ini adalah dengan membuat sebuah sistem optimisasi rute penjemputan sampah dengan menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)*. Hasil dari penelitian ini adalah sistem bermodel CVRP ini telah berhasil mengoptimisasi rute dengan meminimalisir jarak tempuh dan total biaya. Sistem yang menggunakan *Threshold Waste Level (TWL) Model* dapat mengurangi biaya hampir 20%, serta menempuh jarak 4% lebih rendah dibanding sistem lainnya. Perbedaan penelitian yang dilakukan dengan skripsi ini adalah penelitian ini hanya fokus pada destinasi dan dengan faktor penentu rute adalah jarak. Faktor penentu rute di penelitian ini juga tidak berdasarkan survei lapangan. Sedangkan skripsi ini memiliki beberapa faktor penentu rute lainnya yang didapatkan berdasarkan survei pada perusahaan. Faktor penentu rute ini tidak hanya jarak, tapi ada juga, volume angkut kendaraan yang berbeda-beda, variasi volume produk yang berbeda, prioritas kirim customer, jam kerja supir, serta jam request kirim customer tertentu.

2.4 *A Particle Swarm Optimization for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery*

[7] Masalah yang diangkat pada adalah tingginya biaya transportasi yang dibutuhkan sebuah organisasi atau perusahaan pengiriman. Untuk memenuhi kepuasan klien, sebuah sistem harus dapat memenuhi permintaan penjemputan dan pengiriman barang secara bersamaan. Metode yang diusulkan pada penelitian ini adalah menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* untuk menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery (VRPSPD)*. Hasil pada penelitian ini membuktikan bahwa penerapan algoritma PSO merupakan sebuah teknik yang efisien dan dapat mendapatkan hasil yang lebih baik daripada metode lainnya. Perbedaan penelitian yang dilakukan dengan skripsi ini adalah penelitian ini berfokus pada VRPSPD dimana pencarian rute dipengaruhi oleh faktor pickup dan delivery dengan faktor penentu utama hanyalah jarak. Sedangkan pada skripsi ini akan fokus pada model permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRP-TW)*. Dimana pada skripsi ini juga terdapat beberapa faktor penentu rute lainnya bukan hanya jarak, diantaranya jumlah

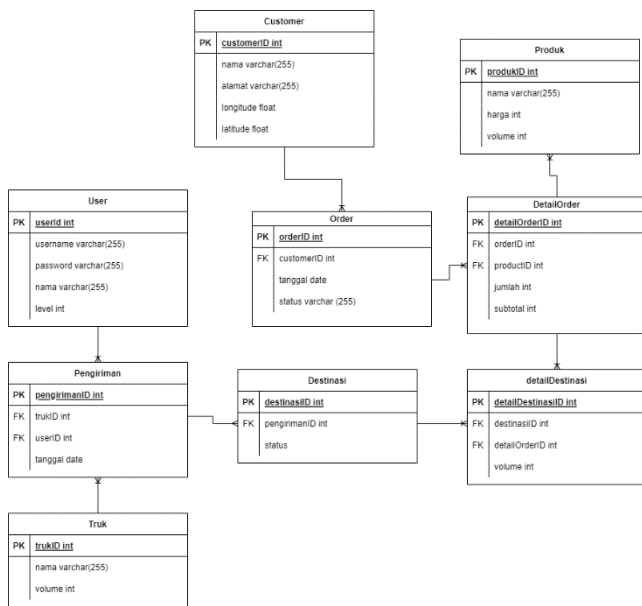
kendaraan yang bukan hanya satu, volume angkut kendaraan yang berbeda-beda, variasi volume produk yang berbeda, prioritas kirim customer, jam kerja supir, serta jam request kirim customer tertentu. Skripsi ini juga akan dihubungkan dengan Google Maps API.

3. DATASET

Dataset yang digunakan dalam penelitian yang dibuat menggunakan dataset yang diambil dari data pengiriman pada perusahaan.

3.1 Entity Relationship Diagram (ERD)

Entity Relationship Diagram (ERD) merupakan sebuah gambaran diagram yang menunjukkan hubungan entitas atau class yang ada pada sebuah sistem informasi. ERD memiliki banyak fungsi namun pada dasarnya ERD digunakan untuk membantu menganalisa sebuah desain dari database secara cepat dan mudah. Gambar 1 merupakan diagram ERD dari sistem yang akan dibuat.



Gambar 1. Entity Relationship Diagram Sistem

4. METODE

Berikut adalah metode yang digunakan dalam penelitian ini:

4.1 Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)

Particle Swarm Optimization (PSO), pertama kali ditemukan oleh Kennedy dan Eberhart pada 1995, merupakan sebuah metode komputasi yang mengoptimasi sebuah masalah dengan memiliki sebuah populasi yang dinamakan *particle*. Partikel ini digerakan dalam sebuah ruang tertentu dan dengan lokasi yang acak. Seluruh partikel memiliki kecepatan dan posisi [12]. Algoritma Particle Swarm Optimization mensimulasikan proses pencarian makan oleh burung dan menganggap ruang solusi darimasalah sebagai ruang mencari makan burung. Dalam PSO, solusi dari masalah optimasi adalah posisi partikel dalam ruang pencarian [11]. PSO memiliki beberapa keuntungan seperti, hanya dibutuhkan untuk mengatur sedikit parameter, mudah dalam implementasi, serta menggunakan memory yang jauh lebih sedikit dibanding algoritma metaheuristic yang lain. Hal ini membuat algoritma PSO cocok untuk menyelesaikan permasalahan yang memiliki banyak kombinasi

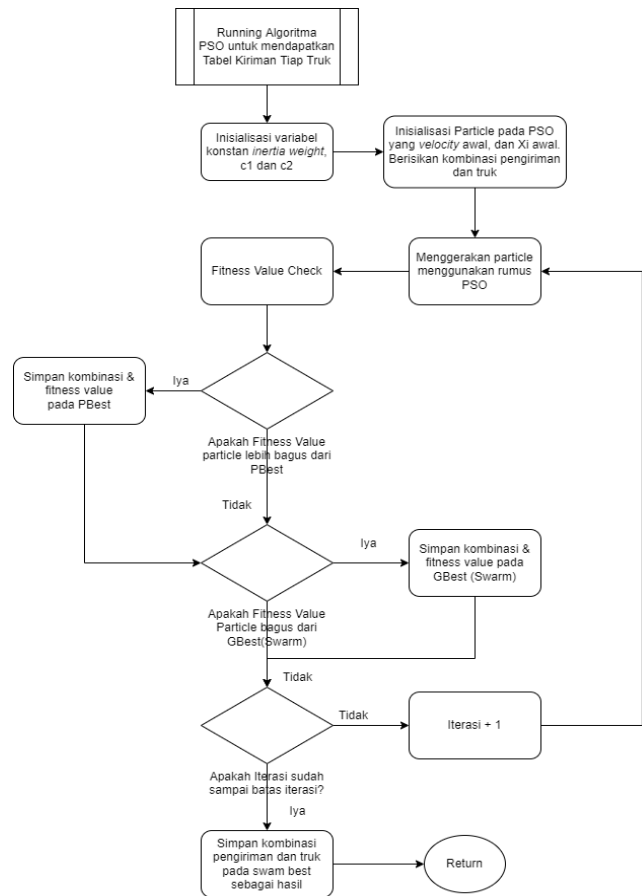
faktor seperti dalam masalah pengiriman, masalah manufaktur serta masalah penjadwalan [5].

PSO ini dimulai dengan adanya suatu populasi (*Particle*) yang memiliki lokasi yang acak. Seluruh partikel ini akan diberikan kecepatan secara acak agar dapat mencapai lokasi yang paling sesuai (*goal*). Setiap lokasi akan dievaluasi apakah posisi dari partikel tersebut merupakan yang terbaik berdasarkan objektifnya. Nilai fitness terbaik untuk masing-masing partikel akan disimpan dalam *Personal Best (pBest)*. Setiap semua partikel ini bergerak, akan dievaluasi dan ditentukan mana yang memiliki nilai fitness yang terbaik dan akan disimpan dalam *Global Best (gBest)*. Konsep dasar PSO adalah menggerakkan seluruh partikel kearah pBest dan gBest, dengan kecepatan yang random tiap kalinya [3].

Kecepatan baru dari partikel akan ditunjukkan oleh persamaan 1 sedangkan lokasi baru dari partikel ini dapat ditunjukkan dengan persamaan 2.

$$v_i = W v_i + c_1 r_1 (Pbest_i - x_i) + c_2 r_2 (Gbest - x_i) \quad (1)$$

$$x_i = x_i + v_i \quad (2)$$



Gambar 2. Flowchart Algoritma PSO

Cara kerja algoritma PSO ini sendiri adalah mulai dengan mengeset *object particle* ini sendiri. Dimana pada partikel ini akan memiliki isi berupa pengiriman dan *velocity* yang sebanyak jumlah pengiriman yang ada. Inisialisasi awal algoritma adalah dengan menentukan masing-masing pengiriman yang ada pada salah satu ID Truk secara random. *Velocity* pada algoritma juga ditetapkan secara *random* atau acak dengan batasan jumlah truk. *Velocity* ini nantinya berguna dalam menentukan pergerakan dari isi partikel ini

dalam tiap iterasi, pergerakan yang dimaksud adalah kombinasi dari tiap pengiriman mendapatkan ID truk yang mana. Pergerakan dari *velocity* ini turut dipengaruhi oleh variabel lain yaitu *inertia weight* dan 2 variabel konstan $c1$ dan $c2$. Untuk sistem ini ditetapkan *inertia weight* sebesar 0.729 dan angka konstan $c1$ dan $c2$ sebesar 2.05. Pergerakan ini dijalankan menggunakan rumus 1 dan rumus 2. Pada algoritma ini apabila hasil X_i yang didapatkan lebih dari jumlah total truk, maka angka akan di *modulo* sebelum digunakan untuk X_i pada iterasi selanjutnya. Gambar 2 merupakan *Flowchart Process* dari algoritma ini.

Setelah mengeset partikel, maka akan dijalankan sesuai dengan jumlah iterasi yang ada. Namun pada sistem juga ditetapkan sebuah *stop criteria* dimana jika tidak ada kombinasi dengan *fitness value* yang lebih baik dalam 500 iterasi sejak terakhir ditemukan kombinasi terbaik, maka sistem akan menghentikan iterasi tersebut.

Pada tiap iterasi akan dicari *fitness value* dari kombinasi saat itu dan apabila lebih bagus daripada yang sudah ada, maka akan disimpan kombinasi tersebut. *Fitness Value* awal partikel ditentukan pada angka 9999999. Dalam penilaian *fitness value* pada algoritma ini, angka *fitness value* yang dihasilkan apabila semakin kecil semakin bagus. Untuk penilaian *fitness value particle* dari algoritma ini ditentukan dengan beberapa faktor diantara lain:

- Fitness dimulai dengan angka 0.
- Total durasi kirim, nilai fitness akan ditambahkan sebesar total durasi kiriman (dalam detik) pada kombinasi tersebut.
- Total jarak kirim, nilai fitness akan ditambahkan sebesar total jarak kiriman (dalam meter) pada kombinasi tersebut, dibagi 10.
- Untuk tiap truk yang melebihi batasan durasi dalam perjalanan kirim maka fitness akan ditambah 1000000. Durasi dijalan ditetapkan sebesar (3 jam atau 10800 detik).
- Jumlah jam prioritas, apabila ada truk yang memiliki jumlah jam prioritas lebih banyak daripada rata-rata maka akan ditambah jumlah yang berlebih dikali 5000.
- Untuk setiap truk apabila ada yang melebihi muatan maka akan ditambah 200000.
- Untuk setiap truk apabila tidak melebihi muatan maka akan ditambah sejumlah selisih antara muatan dan kapasitas truk.
- Untuk setiap truk apabila ada yang mengantar ke lebih dari 1 cluster maka ditambah 10000 dikali jumlah cluster yang harus dikirim.

4.2 Google Maps

Google Maps merupakan aplikasi peta digital yang paling sering digunakan di dunia, dengan lebih dari 10 Miliar download. Google Maps juga memiliki sekitar lebih dari 120 juta pengguna yang secara aktif turut berkontribusi dalam pemberian gambar, ulasan, serta informasi lainnya yang dapat membantu pengembangan aplikasi ini. Peran dari peta digital atau yang kerap dinamakan Geographic Information System (GIS) telah berdampak banyak bagi kehidupan sehari-hari terutama dalam era perkembangan digital yang pesat ini [2].

Google Maps juga merupakan layanan penyedia peta yang paling digunakan oleh banyak perusahaan, seperti Gojek, Grab, Uber, Booking.com, dan lain-lain. Hal ini disebabkan dengan adanya Google Maps API (Application Programming Interface). API merupakan kumpulan komponen dan kelas yang dapat menjalankan fungsi khusus. Google Maps API merupakan

serangkaian fitur yang dapat digunakan untuk menjalankan fungsi yang berhubungan dengan aplikasi pemetaan [13]. Google Maps API juga dapat digunakan untuk mendapatkan data real-time mengenai keadaan lalu lintas, seperti padat atau tidaknya jalan [6].

5. PENGUJIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian terhadap sistem. Pengujian terhadap sistem ini meliputi pengujian terhadap fitur pada sistem web *admin* beserta web sopir. Pengujian juga akan dilakukan terhadap proses kalkulasi rute. Pengujian terhadap sistem ini dilakukan untuk mengetahui apakah program dapat berjalan seperti yang diharapkan.

5.1 Pengujian Penghitungan Rute Tanpa Jam Prioritas

Pada pengujian ini akan dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan apabila pada agenda atau tabel kiriman satu truk, tidak terdapat jam prioritas sama sekali. Jadi dengan kata lain, destinasi kiriman hanya berdasarkan jarak dan durasi antar destinasi serta prioritas kirim pembayaran tunai ataupun kredit, dimana pembayaran tunai akan selalu didahulukan. Data kiriman pada pengujian ini terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Destinasi Kiriman Satu Truk

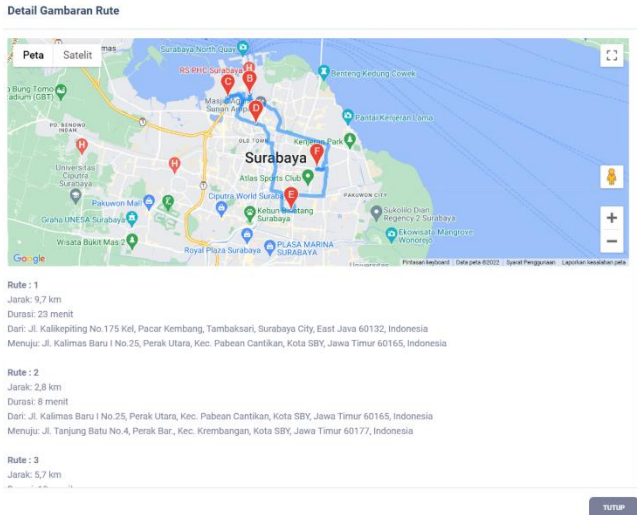
ID	Nama	Latitude	Longitude	Pembayaran
420	Haji Lamtoro Jayapura	-7.22169405583	112.723391065	Tunai
422	Sumba Ambon	-7.21963194151	112.736409451	Tunai
425	Toko Damai	-7.2374599360	112.74034843	Tunai
432	Rumah Plastik	-7.28920546385	112.7614879	Tunai

Pada data di tabel 1, dapat dilihat bahwa terdapat data lengkap mengenai destinasi yang harus dituju oleh truk tersebut dalam sehari. Data meliputi ID, nama lengkap, alamat lengkap, *latitude*, *longitude*, serta metode pembayaran. ID digunakan untuk pengenalan kiriman pada sistem. Data *latitude*, *longitude*, serta metode pembayaran akan dikirimkan ke *Google Waypoints* API untuk diproses lebih lanjut. Fungsi *runGoogleWaypoints* pada sistem akan dijalankan. Setelah itu sistem akan menampilkan hasil urutan destinasi pada rute yang sudah di optimasi. Hasil dapat dilihat pada Gambar 3.

ID	NAMA PELANGGAN	ALAMAT	JAM PENGIRIMAN	WAKTU
1	GORE	(Depot Alhori) Jl. Tanjung Benua No 1, Perak Bar., Kec. Kembangbaku, Kota BSY, Jawa Timur 69177	8	08:00:00 - 08:15:00 75 Menit 10 km
2	Toko Plastik Jaya	Jl. Kukuluhin No 71, Terecek Dabak, Kec. Bab-dan-Jaya BSY, Jawa Timur 69102		Tidak Ada 08:15:00 - 08:19:59 16 Menit 5,7 km
3	Kuk Bering	Jl. Simokoto Gang II	10	09:40:00 - 09:59:59 16 Menit 5,4 km
4	Cafe Dava	Jl. Darmahusada No. 186, Mada, Kec. Subaya, Kota BSY, Jawa Timur 60085		Tidak Ada 10:00:00 - 10:42:47 17 Menit 6,4 km
5	JHONY PT Jaya Teras Plastik	Jl. Kaperan 475		Tidak Ada 11:02:47 - 11:03:02 12 Menit 8,4 km
6	Dulahan	Jl. Ngelikan Sarnada No.121, Mekar Pongor, Kec. Sabulba, Kota BSY, Jawa Timur 63118		Tidak Ada 11:44:02 - 11:17:56 24 Menit 8,8 km

Gambar 3. Hasil Urutan Rute Tanpa Jam Prioritas

Melalui hasil pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa fungsi penghitungan rute pada sistem telah berjalan dengan lancar. Hasil dari fungsi penghitungan rute juga mampu mendapatkan perkiraan jam sampai pada setiap destinasi. Pada setiap pemberhentian destinasi akan ditambah sebanyak 30 menit untuk proses *unloading* pada kiriman. Karena data diatas merupakan pembayaran tunai semua, sehingga urutan hanya ditentukan oleh *Google Waypoints API*.



Gambar 4. Hasil Visualisasi Rute Tanpa Jam Prioritas

Dari visualisasi rute pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa rute yang dihasilkan sudah optimal dan tidak ada rute yang melenceng. Sehingga dapat dikatakan bahwa sistem dapat berjalan dengan lancar untuk rute dengan pembayaran semua tunai dan tanpa jam prioritas.

5.2 Pengujian Penghitungan Rute Dengan Jam Prioritas

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan apabila pada agenda atau tabel kiriman satu truk, terdapat beberapa permintaan jam prioritas. Melalui pengujian ini dapat dilihat pula sejauh mana permintaan jam prioritas dapat dipenuhi oleh algoritma dalam sistem. Data kiriman untuk percobaan ini terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Destinasi Kiriman Satu Truk

ID	Nama	Latitude	Longitude	Jam Prio	Bayar
427	JHONY PT Jaya Terus Plastik	7.2467425573	112.7738923	-	Tunai
424	Kok Kwan g	-7.239891590	112.75396891	10.00	Tunai
421	Cafe Glass	-7.268508921	112.77323592	-	Tunai

431	Toko Plastik Jaya	-7.255758610	112.7253630	-	Tunai
426	GBR	-7.226791542	112.7226766	08.00	Tunai

Dari data pada tabel 2. dapat dilihat bahwa pada tabel kiriman ini terdapat 3 kiriman yang memiliki batasan khusus. 1 diantaranya memiliki pembayaran kredit dan 2 diantaranya memiliki jam prioritas yang berbeda-beda. Untuk tabel kirim ini juga akan diproses menggunakan algoritma yang sama dengan sebelumnya. Hasil dari pengujian ini terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Urutan Rute dengan Beragam Batasan

5.3 Pengujian Sistem pada Data Kiriman Perusahaan

Pada pengujian ini akan dilakukan perbandingan terhadap hasil dari rute harian untuk seluruh truk yang dihasilkan oleh algoritma PSO pada sistem dan manual oleh pegawai perusahaan selama beberapa hari, dapat dilihat adanya perbedaan total durasi, total jarak tempuh serta, serta total waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan rute harian bagi masing-masing truk tersebut. Hasil dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Durasi Ditempuh pada Rute

Urutan	Durasi Waktu Tempuh (Detik)	
	Manual (Perusahaan)	Algoritma PSO
Hari Pertama	40910 detik	37702 detik
Hari Kedua	55264 detik	53585 detik
Hari Ketiga	48389 detik	41040 detik

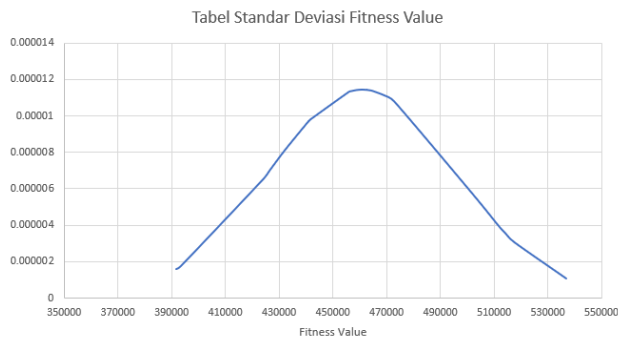
Tabel 4. Perbandingan Hasil Durasi Ditempuh pada Rute

Urutan	Jarak Tempuh (m)	
	Manual (Perusahaan)	Algoritma PSO
Hari Pertama	293673 m	268423 m
Hari Kedua	419551 m	403566 m
Hari Ketiga	291279 m	255932 m

Melalui hasil perbandingan yang ada pada Tabel 3 dan Tabel 4. Dapat disimpulkan bahwa durasi waktu tempuh keseluruhan truk yang dihasilkan menggunakan algoritma PSO lebih kecil dibanding rute yang dihasilkan secara manual oleh pegawai perusahaan. Begitu juga dengan total jarak tempuh yang menunjukkan angka lebih kecil pada algoritma PSO dibanding hasil rute perusahaan.

5.4 Pengujian Fitness Value Algoritma PSO dengan Standar Deviasi

Pada bagian ini akan dilakukan pengujian terhadap standar deviasi dari hasil *fitness value* dari pengiriman dalam satu hari. Standar deviasi ini didapatkan dengan menjalankan algoritma PSO sebanyak 25 kali menggunakan data serta cara penilaian *fitness value* yang sama. Dari percobaan tersebut berhasil diperoleh nilai rata-rata *fitness value* 460902.24 dan standar deviasi dengan nilai 34820.74. Grafik standar deviasi dari percobaan ini terdapat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Standar Deviasi Fitness Value

6. KESIMPULAN

Dari penelitian dan pembuatan sistem ini dapat disimpulkan beberapa hal di antara lain:

- Sistem yang dibuat dapat menampilkan detail dari keseluruhan kiriman yang ada pada perusahaan.
- Sistem mampu memberikan estimasi terkait jam berangkat dan jam tiba di tujuan.
- Dari hasil pengujian terkait pengurutan rute, sistem mampu melakukan pengurutan terhadap rute beserta batasan yang ada seperti jam prioritas dan pembayaran.
- Dari hasil pengujian antara rute yang dihasilkan secara manual oleh perusahaan dan rute yang dihasilkan oleh sistem, didapatkan bahwa rute yang dihasilkan oleh algoritma pada sistem mampu menghasilkan total durasi tempuh serta total jarak tempuh yang lebih dikit dibanding rute manual.

7. SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk peneliti atau pengembang dari sistem ini lebih lanjut adalah:

- Pengembangan sistem pada platform Android agar memudahkan pengguna smartphone.
- Penambahan fitur tracking sopir sehingga perusahaan dapat mengetahui keberadaan sopir.
- Penggunaan algoritma metaheuristic lain sebagai perbandingan.

8. REFERENSI

- [1] Ester, L. (2018). Aplikasi pemilihan rute pengiriman barang pada perusahaan elektronik di Surabaya dengan menggunakan metode K-Means Clustering dan Google Maps API. Petra Online Catalog. Retrieved from <https://dewey.petra.ac.id/catalog/digital/detail?id=42289>
- [2] Gardenier, A. M. (2020). Analyzing Google Maps from a critical cartography perspective: How the map represents a commercially oriented representation of the world. Tilburg University Repository. Retrieved from <https://arno.uvt.nl/show.cgi?fid=151842>
- [3] Gozal, R. (2021). Optimasi trim loss pembesian beton bertulang dengan metode metaheuristik particle swarm optimization dan symbiosis organisms search. Petra Online Catalog, 21. Retrieved from <https://dewey.petra.ac.id/catalog/digital/detail?id=50222>
- [4] Hannan, M., Akhtar, M., Begum, R., Basri, H., Hussain, A., & Scavino, E. (2017). E. Capacitated Vehicle Routing Problem Model for Scheduled Solid Waste Collection and Route Optimization using PSO Algorithm. Waste Management. DOI= 10.1016/j.wasman.2017.10.019.
- [5] Islam, M., Gajpal, Y., & ElMekkawy, T. (2021). Hybrid particle swarm optimization algorithm for solving the clustered vehicle routing problem. Applied Soft Computing. DOI=10.1016/j.asoc.2021.107655.
- [6] Munoz-Villamar, A., Solano-Charris, E., Azad, M., & Reyes-Rubiano, L. (2021). Study of urban-traffic congestion based on Google Maps API: the case of Boston. IFAC-PapersOnLine. DOI= 10.1016/j.ifacol.2021.08.079
- [7] Mussagulova, A. (2019). A Particle Swarm Optimization for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery. Erasmus University Rotterdam. Retrieved from https://thesis.eur.nl/pub/50115/Mussagulova_453776.pdf
- [8] Ong, F. (2021). Aplikasi pengoptimalan rute pengiriman barang pada PT XYZ. Petra Online Catalog. Retrieved from <https://dewey.petra.ac.id/catalog/digital/detail?id=48863>
- [9] Putra, I. M. (2021). Pencarian rute terpendek di dalam mall menggunakan Lifelong Planning A* pada Android. Petra Online Catalog. Retrieved from <https://dewey.petra.ac.id/catalog/digital/detail?id=50407>
- [10] Rachman, H. F. (2020). SISTEM PENCARIAN RUTE MENUJU RUMAH SAKIT TERDEKAT MENGGUNAKAN ALGORITMA DIJKSTRA. Muhammadiyah University of Gresik Repository. Retrieved from <http://eprints.umg.ac.id/3751/>
- [11] Su, B., Lin, Y., Wang, J., Quan, X., Chang, Z., & Rui, C. (2022). Sewage treatment system for improving energy efficiency based on particle swarm optimization algorithm. Energy Reports. DOI=10.1016/j.egy.2022.06.053.
- [12] Tavakoli, M., & Sami, A. (2018). Particle Swarm Optimization in Solving Capacitated Vehicle Routing Problem. Bulletin of Electrical Engineering and Informatics 2. DOI= 10.12928/eei.v2i4.190.
- [13] Terralogiq. (2020). Mengenal lebih dekat Google Maps API dan Maps Javascript API. Retrieved from Terralogiq: <https://terralogiq.com/menggunakan-dan-mengetahui-fungsi-dari-google-maps-api/>