

MASALAH RUTE KENDARAAN HETEROGEN, WAKTU JENDELA, PRODUK DAN PENYIMPANAN MAJEMUK SERTA MEMPERTIMBANGKAN FAKTOR EMISI KENDARAAN

Prafajar Suksessanno Muttaqin¹⁾, Erlangga Bayu Setyawan²⁾, Nia Novitasari³⁾

Jurusan Teknik Logistik, Universitas Telkom

Email: prafajars@telkomuniversity.ac.id¹⁾, erlanggabs@telkomuniversity.ac.id²⁾, novitasarinia@telkomuniversity.ac.id³⁾

ABSTRAK

Masalah rute kendaraan (MRK) adalah salah satu hal penting dalam kegiatan transportasi dan distribusi dalam manajemen rantai pasok. Penugasan kendaraan hingga penentuan urutan distribusi menjadi salah satu keputusan yang penting dalam hal tersebut. Penelitian ini membahas mengenai beberapa jenis dari masalah rute kendaraan (MRK) dasar yang meliputi varian-varian masalah rute kendaraan, yaitu: kendaraan heterogen (heterogeneous fleet), waktu jendela (time window), produk dan penyimpanan majemuk (multiple product and compartments), serta mempertimbangkan faktor emisi. Fungsi tujuan pada penelitian ini adalah meminimasi total biaya transportasi yang meliputi biaya tetap (fixed cost), biaya variabel (variable cost), dan biaya tentative (tentative cost). Variabel keputusan pada masalah rute kendaraan di penelitian ini adalah kendaraan yang digunakan dan urutan distribusi produk. Kendaraan yang digunakan dalam pemecahan masalah rute kendaraan pada penelitian ini adalah kendaraan CDE dengan kapasitas 7,2 m³ dan CDD dengan kapasitas 13,2 m³. Algoritma nearest neighbour digunakan untuk menentukan solusi awal dan selanjutnya digunakan algoritma Harmony Search untuk memecahkan masalah rute kendaraan. Model matematika pada penelitian ini dilakukan penyelesaian menggunakan software MATLAB R2014. Berdasarkan hasil pengolahan data dapat diketahui bahwa model MRK untuk distribusi produk dapat meminimasi total jarak sebesar 402 km atau sebesar 21,3 % dan meminimasi total biaya transportasi sebesar 541.685,7 rupiah atau sebesar 15,34 %. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan faktor kemacetan maupun akses jalan yang dilalui kendaraan.

Kata kunci: Algoritma Harmony Search, Algoritma Nearest Neighbour, Masalah rute kendaraan

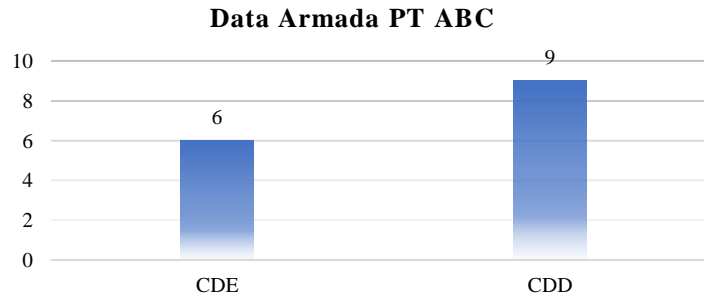
Pendahuluan

Semakin maju dan berkembangnya sektor industri di Indonesia membuat persaingan di bidang industri semakin ketat. Berbagai macam strategi diterapkan para pelaku industri untuk dapat bertahan dan bersaing pada sector ini. Salah satu strategi yang dapat diterapkan adalah mencapai sebuah Manajemen Rantai Pasok yang tepat, salah satunya adalah distribusi dan transportasi [1]. Distribusi adalah saluran atau kegiatan yang digunakan oleh produsen untuk menyalurkan barang dari produsen sampai konsumen atau konsumen industri. Distribusi sangat erat kaitannya dengan transportasi, karena dua proses tersebut merupakan proses pemindahan produk dari daerah asal menuju suatu tujuan. Transportasi merupakan serangkaian kegiatan memindahkan atau mengangkut barang dari produsen sampai kepada konsumen dengan menggunakan salah satu atau lebih moda transportasi, yang dapat meliputi moda transportasi darat, laut atau sungai, maupun udara [2].

Perencanaan transportasi yang tidak tepat akan menghasilkan rute transportasi yang tidak efektif karena pada beberapa kasus akan mengarahkan ke rute yang lebih panjang jaraknya sehingga waktu yang telah direncanakan akan tidak sesuai dengan rencana [3]. Pada umumnya rute didesain dengan memperhitungkan kepentingan antara pengguna dan operator, sehingga didapatkan rute optimal yang diharapkan memenuhi tujuan dan kepentingan pihak terkait. Penentuan rute merupakan salah satu aktivitas penting dalam proses pendistribusian, proses penentuan rute yaitu pergerakan antara dua zona (dari tahap sebaran pergerakan) untuk moda tertentu (dari pemilihan moda) dibebankan ke rute tertentu yang terdiri dari ruas jaringan tertentu [4]. Penentuan rute menjadi salah satu dari banyak permasalahan yang ada dalam aktivitas pendistribusian [5].

Masalah rute kendaraan (MRK) memegang peranan penting dalam kegiatan transportasi dan distribusi dalam manajemen logistik [6]. MRK terkait dengan penentuan rute-rute kendaraan yang meminimumkan total jarak dengan memperhatikan pembatas-pembatas berikut: (1) tiap rute berawal dan berakhir di depot, (2) tiap kendaraan hanya melayani satu rute, (3) tiap pelanggan dilayani oleh satu rute, (4) seluruh pelanggan harus dilayani, dan (5) total muatan untuk tiap rute tidak melebihi kapasitas kendaraan.

PT. ABC merupakan perusahaan third party logistics yang menyediakan layanan pada bidang logistic. Salah satu layanan yang dimiliki PT. ABC adalah transportasi dan distribusi. Dimana layanan tersebut adalah melakukan proses transportasi dan distribusi bahan baku (raw material) dari distribution center ke lokasi pelanggan yang terletak khususnya wilayah Jabodetabek. Gambar.1 menunjukkan data jumlah kendaraan yang dimiliki oleh PT. ABC.



Gambar 1. Data Jumlah Kendaraan

PT. ABC pada kondisi aktual memiliki 15 kendaraan yang dibagi menjadi dua jenis yaitu *CDE (Colt diesel Engkle)* dan *CDD (Colt Diesel Double)*. Jenis kendaraan CDE memiliki kapasitas 5500 kg dengan volume sebesar 13,21 m³ dan jenis kendaraan CDD memiliki kapasitas 2500 kg dengan volume sebesar 7,2 m³. Kendaraan tersebut bertugas untuk mendistribusikan baik *raw material* maupun *finish good* di wilayah Jabodetabek. Perbedaan kapasitas dan volume tersebut yang mempengaruhi jumlah produk yang didistribusikan ke pelanggan. Aktifitas transportasi pada PT. ABC mempunyai beberapa permasalahan diantaranya adalah keterlambatan yang disebabkan oleh perencanaan rute yang kurang baik. Keterlambatan yang terjadi tidak mempunyai pola atau aturan tertentu karena tidak adanya perencanaan armada yang baik dalam proses transportasi. Perencanaan awal dan estimasi waktu transportasi pada awal perencanaan sudah memenuhi batas pelayanan yang diberikan oleh pelanggan akan berantakan dikarenakan waktu tempuh menjadi lebih panjang dan memberikan efek menambah waktu kedatangan pada pelanggan satu dan pelanggan lainnya. Tabel.1 menunjukkan data keterlambatan/kegagalan pengiriman di PT. ABC.

Tabel 1. Data Keterlambatan / Kegagalan Pengiriman

Bulan	Jumlah Keberangkatan	Jumlah Keterlambatan	Pencapaian
Juni	160	15	91%
Juli	174	12	93%
Agustus	193	12	94%
September	188	13	93%
Oktober	154	10	94%
November	176	15	91%
		Rata-rata	93%

Berdasarkan hasil observasi maka didapat data jumlah keberangkatan serta jumlah keterlambatan dari kendaraan PT. ABC, sehingga dapat dilakukan perhitungan tingkat pelayanan pada PT. ABC. Saat ini PT. ABC telah memasang sistem *GPS*. Sistem tersebut dapat memantau lokasi kendaraan dan kecepatan rata-rata. Namun, prakteknya masih sering terjadi keterlambatan dalam proses distribusi ke lokasi pelanggan. Penyebabnya adalah jalan atau rute yang dilewati oleh kendaraan merupakan rute berdasarkan sering atau biasa dilewati bukan merupakan perencanaan yang matang, sehingga seringkali melewati jalan yang jaraknya lebih panjang yang berdampak pada terjadinya keterlambatan proses distribusi. Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan, diperlukan perencanaan rute optimal yang memperhatikan kapasitas, jarak tempuh dan waktu jendela dan faktor emisi gas buang kendaraan. Selain itu, diperlukan perencanaan rute yang memperhatikan kondisi jalan dan jalur yang dilalui karena tidak semua kendaraan dapat melewati jalan tertentu. Berbagai macam peraturan kota dan kapabilitas jalan mempengaruhi ketersediaan jalan yang dapat dilalui oleh kendaraan. Penelitian ini akan mengembangkan suatu model permasalahan MRK menggunakan *time window*. Model pada kasus *time dependent green vehicle routing problem* yang dikembangkan akan memperhatikan karakteristik penggunaan kendaraan kendaraan yang heterogen sehingga dapat diketahui rute mana yang dapat ditempuh dikarenakan kondisi jalan yang bervariasi.

Metode Penelitian

Objek yang dikaji pada penelitian ini adalah belum adanya penentuan rute dan urutan kunjungan secara matematis dalam pengiriman barang dari gudang ke konsumen. Setiap keterlambatan pada pengiriman tersebut tentu akan berdampak pada penurunan tingkat pelayanan customer dan dapat menambah beban biaya transportasi, karena untuk barang yang tidak bisa dikirim dalam satu hari tertentu maka akan kembali lagi ke gudang, dan dikirim pada hari berikutnya. Gambar.2 menunjukkan kerangka dalam melaksanakan penelitian.



Gambar 2. Kerangka Penelitian

Penelitian diawali dengan pengumpulan data awal yaitu data permintaan pengiriman (*demand*) beserta lokasi pelanggannya untuk mengetahui waktu tempuh kendaraan dalam melakukan pengiriman. Waktu tempuh didapatkan dengan memperhatikan lokasi pelanggan beserta permintaan dan dengan memperhatikan kecepatan rata-rata laju kendaraan di jalan. Data lokasi pelanggan selanjutnya dapat diolah menjadi matriks jarak untuk perhitungan solusi awal. Pada perencanaan rute dibutuhkan data waktu pelayanan di lokasi pelanggan, data kendaraan, serta data biaya transportasi untuk dilakukan analisis.

Selanjutnya data tersebut digunakan sebagai masukan untuk dilakukan pembentukan model matematis yang sesuai pada permasalahan yang terdiri dari fungsi tujuan dengan memperhatikan pembatas yang ada. Data tersebut kemudian dianalisis dengan metode *heuristik* melalui Algoritma *nearest neighbour* untuk menentukan solusi awal permasalahan. Setelah itu, data tersebut kemudian dilakukan optimalisasi menggunakan algoritma *harmony search*. Dari hasil iterasi menggunakan algoritma tersebut akan didapat hasil rute pendistribusian yang optimal dengan waktu pengiriman yang lebih sedikit serta biaya distribusi yang optimal. Biaya transportasi dihitung berdasarkan beberapa aspek seperti biaya bahan bakar, biaya sopir, biaya retribusi dan tol. Setelah didapat hasil rute pendistribusian yang optimal dari hasil iterasi algoritma *harmony search*.

Algoritma *harmony search* merupakan algoritma metaheuristik yang digunakan untuk permasalahan optimasi kombinatorial yang dapat menghasilkan solusi yang lebih baik dari solusi sebelumnya yang digunakan untuk menentukan rute paling efisien dan dari rute tersebut akan dihasilkan rute dengan waktu pengiriman dan waktu tunggu yang paling optimal. Pada tahap selanjutnya dilakukan analisis terhadap hasil urutan rute kendaraan untuk mendapatkan biaya transportasi yang meliputi biaya tetap, biaya variabel dan biaya tentatif. Pada tahap kesimpulan dan saran berisi ringkasan hasil penelitian dari hasil perhitungan dan analisis, serta berisi saran untuk penelitian selanjutnya.

Hasil dan Pembahasan

Penentuan solusi awal pada penelitian ini menggunakan algoritma *nearest neighbor*. Berikut merupakan langkah dalam menentukan solusi awal, sebagaimana penelitian terdahulu yang pernah dilakukan [7], [8]. Langkah ke-1, menentukan lokasi dan permintaan pelanggan berdasarkan jarak terdekat pelanggan dengan lokasi terakhir kendaraan. Langkah ke-2, memperbaharui ketersediaan kapasitas kendaraan, waktu perjalanan, waktu pelayanan, sisa waktu jendela, serta jarak tempuh kendaraan. Langkah ke-3, menentukan kriteria pelanggan berdasarkan sisa kapasitas kendaraan dan waktu jendela pelanggan. Pada langkah ini permintaan pelanggan tidak diperbolehkan melebihi kapasitas kendaraan. Perlunya 3 pembatas untuk menanggulangi kelebihan kapasitas kendaraan. Persamaan 1. merupakan pembatas pertama. Persamaan 1. menjelaskan mengenai waktu keberangkatan kendaraan di pelanggan i ditambah waktu tempuh kendaraan dari titik i ke j tidak lebih dari waktu kedatangan kendaraan di pelanggan i . Persamaan 1. merupakan pembatas kedua. Persamaan 2. menjelaskan mengenai waktu kedatangan kendaraan harus pada rentang waktu jendela pelanggan. Persamaan 3. merupakan pembatas ketiga. Persamaan 3. menjelaskan jika

pelanggan terdekat tidak memenuhi kedua pembatas tersebut, maka pilih pelanggan terdekat kedua lalu dilakukan pengecekan ulang pembatas. Langkah ke-4, selanjutnya dilakukan pengecekan ketersediaan pelanggan terdekat yang belum dilakukan pelayanan. Selanjutnya dapat dilakukan kembali langkah pertama hingga semua pelanggan terlayani dan semua kendaraan digunakan. Kendaraan yang digunakan harus kembali pada titik akhir yaitu gudang.

$$\sum_{h=1}^H \sum_{i=1}^M q_{ih} \sum_{j=1}^M x_{ij}^k \leq \sum_{h=1}^H \sum_{k=1}^K Q_{kh} \quad (1)$$

$$P_i + t_{ij} + S(1 - x_{ij}^{kp}) \leq a_j \quad (2)$$

$$O_{ti} \leq S_{ik} \leq c_{ti} \quad (3)$$

Permasalahan yang terjadi pada kondisi saat ini dirumuskan menjadi model matematis dengan tujuan meminimasi biaya transportasi dengan cara meminimasi jarak pengiriman sehingga dapat meminimasi keterlambatan di PT. ABC. Rumusan model matematis pada MRK di penelitian ini ditunjukkan mulai Persamaan 4 -14.. Persamaan 1. menunjukkan fungsi tujuan. Persamaan 1. menjelaskan bahwa tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimumkan biaya transportasi yang timbul karena jarak tempuh yang dilalui dalam aktivitas pengiriman barang ke lokasi konsumen sehingga terjadi keterlambatan yang melewati batas jendela waktu tutup konsumen di mana c_{ij} merupakan biaya variabel yang muncul pada perjalanan dari i menuju j dengan r_j yang merupakan biaya tentatif pada lokasi pengiriman dan x_{ij}^k merupakan rute dari i ke j dengan menggunakan kendaraan k . Lalu akan ditambah dengan biaya tetap f_k yang dikeluarkan dalam aktivitas transportasi dengan y_k sebagai variabel keputusan [9]. Fungsi kendala ditunjukkan pada Persamaan 5-14. Persamaan 5. memastikan hanya ada satu rute yang terpilih dan juga setiap rute yang ada berawal dari depot, dinotasikan dengan $i = 0, 1, 2, \dots, M$. dimana 0 merupakan gudang dan M merupakan himpunan tujuan atau lokasi customer. Persamaan 6. menunjukkan hanya ada satu rute yang terpilih dan setiap rute i ke j akan diakhiri dengan depot yang berarti kendaraan akan kembali ke depot setelah mendistribusikan barang, dinotasikan dengan $j = 0, 1, 2, \dots, M$. dimana 0 merupakan depot dan M merupakan himpunan tujuan atau lokasi pelanggan. Persamaan 7. menjelaskan bahwa dalam rute yang terbentuk, setiap pelanggan dikunjungi sekali saja dan kendaraan akan meninggalkan pelanggan tersebut untuk menuju ke pelanggan berikutnya. Persamaan 8. menjamin bahwa permintaan dari setiap pelanggan untuk setiap satu rute tidak akan melebihi kapasitas kendaraan angkut yang digunakan. Persamaan 9. menjelaskan bahwa waktu kedatangan di kendaraan- j adalah hasil dari waktu keberangkatan dari pelanggan- i ditambah dengan waktu tempuh dari rute i ke j . Persamaan 10. menjelaskan bahwa waktu kedatangan di pelanggan i harus berada di selang waktu jendela, sehingga waktu pelayanan dilakukan pada rentang waktu jendela tersebut.

Penelitian ini memiliki karakteristik produk majemuk. Setiap pelanggan dapat memiliki permintaan terhadap suatu produk dengan jumlah dan jenis tertentu. Namun, dalam penelitian ini, setiap produk tersebut dihitung dalam bentuk volume yaitu m^3 . Persamaan 11. menunjukkan bahwa total volume produk yang diminta oleh suatu pelanggan j merupakan penjumlahan dari hasil kali antara jumlah suatu jenis produk dikalikan dengan volume produk tersebut. Persamaan 12. menyatakan bahwa jam keberangkatan dari suatu titik i merupakan hasil dari penjumlahan jam kedatangan di titik tersebut dengan waktu pelayanan yang terjadi di titik tersebut. Persamaan 13. dan Persamaan 14. menunjukkan bahwa nilai dari setiap variabel keputusan ialah 0 atau 1. Bernilai 1 apabila terdapat rute dari titik i ke j yang terpilih, dan sebaliknya apabila tidak.

$$\min \sum_{k=1}^T \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^M (c_{ij} + r_j) x_{ij}^k + \sum_{k=1}^T f_k y_k \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^T \sum_{i=0}^M x_{ij}^k = 1 \quad \forall i = 1, 2, 3 \dots M \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^T \sum_{j=0}^M x_{ij}^k = 1 \quad \forall i = 1, 2, 3 \dots M \quad (6)$$

$$\sum_{i,l=0}^M x_{il}^k - \sum_{j,l=0}^M x_{lj}^k \quad \forall k = 1, 2 \dots T \quad \forall l = 2, \dots M \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^M q_i \sum_{k=1}^T \sum_{j=1}^M x_{ij}^k \leq \sum_{k=1}^T Q_k y_k \quad (8)$$

$$p_i + t_{ij} + S(1 - x_{ij}^k) \leq a_j \quad (9)$$

$$o_{ti} \leq a_i \leq c_{ti} - s_{ik} \quad (10)$$

$$\sum_{p=1}^P B_p \cdot H_{pj} = M_j \quad (11)$$

$$B_i = a_i + S_i \quad (12)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\}, \forall i, j = 0, 1, \dots, M, \forall k = 1, \dots, T \quad (13)$$

$$y_k \in \{0, 1\}, \forall k = 1, \dots, T \quad (14)$$

Keterangan

i	=	indeks notasi, $i = 0, 1, 2, 3, 4, \dots, n$ adalah customer / dc yang memulai kegiatan distribusi		
j	=	indeks notasi, $j = 0, 1, 2, 3, 4, \dots, n$ adalah customer / dc yang memulai kegiatan distribusi		
k	=	indeks notasi, $k = 1, 2, 3, 4, \dots, n$ adalah jenis kendaraan yang digunakan		
X_{ij}^k	=	variabel keputusan rute yang dipilih	d_{ij}	= jarak dari titik i ke j (m)
f_k	=	biaya tetap setiap jenis kendaraan (Rp)	c_{ij}^k	= biaya jalan dari customer i ke j
r_j	=	biaya tentatif di customer atau lokasi tujuan	y_k	= variabel keputusan setiap penggunaan jenis kendaraan
S_{ik}	=	waktu pelayanan di titik i menggunakan kendaraan k (menit)	t_{ij}	= waktu tempuh kendaraan dari titik i ke j (menit)
o_{ti}	=	batas awal time window di titik i (menit)	c_{ti}	= batas akhir time window di titik i (menit)
q	=	permintaan dari konsumen (m^3)	Q_k	= kapasitas angkut kendaraan (m^3)
S	=	bilangan riil yang bernilai sangat besar	a	= kedatangan kendaraan di customer
p_i	=	keberangkatan kendaraan dari customer i	B_p	= volume produk p
H_{pj}	=	kuantitas produk p yang akan dikirim ke pelanggan	M_j	= total volume yang diminta pelanggan j

Perhitungan solusi awal menggunakan algoritma *nearest neighbour* dilakukan dengan bantuan *software* MATLAB. Hasil perhitungan solusi awal pada PT. ABC yang ditunjukkan pada Tabel 3. Sebagaimana dapat terlihat bahwa total jarak rute pada kondisi awal sebesar adalah 1887 kilometer dan jarak total pada rute solusi awal adalah 1830 kilometer. Terdapat selisih sebesar 57 kilometer pada rute awal yang dapat memenuhi seluruh permintaan pelanggan. Perubahan ini dapat terjadi karena, terdapat perencanaan rute yang lebih baik sehingga dengan jarak yang lebih minimal dapat melakukan pelayanan kepada seluruh pelanggan. Selain itu berkurangnya jarak usulan juga dapat berdampak pada penurunan total biaya transportasi. Keluaran dari hasil perhitungan solusi awal selanjutnya menjadi masukan untuk perhitungan solusi usulan menggunakan algoritma *harmony search*.

Setelah didapatkan urutan solusi awal menggunakan algoritma *nearest neighbour* selanjutnya digunakan algoritma *harmony search* untuk menemukan solusi yang terbaik karena pada solusi awal penentuan solusi dapat terjebak dalam solusi yang tidak menyeluruh atau sebagian (*local optimum*). Hasil perhitungan algoritma *harmony search* dapat dilihat pada Tabel 4. *Output* hasil pengolahan data dengan algoritma *harmony search* pada tabel adalah urutan *customer* baru pada masing-masing rute dengan total jarak tempuh yang lebih optimal daripada total jarak tempuh solusi awal. Setelah iterasi selesai dilakukan, dihasilkan urutan rute terbaik dengan jumlah kendaraan yang digunakan adalah seluruh kendaraan yaitu 15 unit dengan total jarak tempuh sebesar 1485 km dan waktu tempuh keseluruhan 2031 menit serta seluruh permintaan konsumen terantarkan tanpa melalui batasan jendela waktu tutup lokasi. Perubahan mulai terjadi saat iterasi pertama yang selanjutnya terus menurun dan berakhir pada iterasi ke terakhir. Pada proses awal pengolahan *harmony search* dibutuhkan data-data populasi dari solusi awal dari perhitungan algoritma *nearest neighbor*. Selanjutnya dimasukkan ke dalam matriks *harmony memory* yang tersusun berdasarkan fungsi objektif dan dihitung nilai *fitness* masing-masing kromosom dan diurutkan dari yang terbesar. Setelah itu matriks di *harmony memory* akan mengalami beberapa tahapan [10] yaitu;

1. *Random selection*. Pada tahapan ini proses pencarian solusi secara acak dilakukan oleh algoritma *harmony search* dengan melakukan inisiasi *harmony memory*.
2. *Memory Consideration*. Pada tahapan ini variabel x^1 didapat dari HM dengan range $(x_1 - x_1^{hms})$. Nilai variabel lainnya yaitu x_2, \dots, x_n juga didapatkan dengan cara yang serupa. Selanjutnya, pemilihan vektor baru dibutuhkan

suatu parameter HMCR ($0 < \text{HMCR} < 1$). Probabilitas sebesar nilai HMCR digunakan untuk memilih nilai vektor yang terdapat di dalam HM. Probabilitas sebesar $(1 - \text{HMCR})$ digunakan untuk memilih nilai vektor secara acak yang berasal dari semua kemungkinan solusi (x_i). Disebut juga dengan aturan *random selection*.

3. *Pitch Adjustment*. Pada tahapan ini parameter HMCR dan PAR digunakan untuk mencapai solusi global dan lokal. Setelah suatu *harmony* baru dihasilkan dari *HM consideration*, *pitch adjustment* akan mengevaluasi hasil tersebut dengan probabilitas dari *Pitch Adjusting Rate (PAR)*. Proses *pitch adjustment* bergantung pada hasil dari *memory consideration* dari pemilihan acak. Setelah kromosom di *harmony memory* mengalami 3 tahapan,, selanjutnya hasilnya akan diperbaharui di *harmony memory* apabila nilai fitnessnya lebih baik daripada kromosom yang ada di *harmony memory* sebelumnya. Apabila lebih buruk maka tidak akan dimasukkan ke *harmony memory* baru. Setelah itu dilakukan secara kontinyu sampai ke iterasi maksimal yang telah ditetapkan. Apabila hasilnya sama di beberapa iterasi maka hasil tersebut merupakan hasil yang paling optimal sesuai dengan fungsi objektif.

Tabel 3. Hasil Pengolahan *Nearest Neighbor*

Jenis Kendaraan	Rute	Jarak (km)	Waktu (menit)
CDE1	G → P18 ₍₁₎ → P23 ₍₂₎ → G	108	133
CDE2	G → P6 ₍₁₎ → P17 ₍₂₎ → G	93	130
CDE3	G → P35 ₍₁₎ → G	112	115
CDE4	G → P20 ₍₁₎ → P21 ₍₂₎ → G	68	87
CDE5	G → P30 ₍₁₎ → P10 ₍₂₎ → G	120	167
CDE6	G → P9 ₍₁₎ → P8 ₍₂₎ → G	58	98
CDD1	G → P38 ₍₁₎ → P36 ₍₂₎ → P4 ₍₃₎ → G	91	155
CDD2	G → P37 ₍₁₎ → P24 ₍₂₎ → P7 ₍₃₎ → G	84	129
CDD3	G → P28 ₍₁₎ → P26 ₍₂₎ → P2 ₍₃₎ → G	100	125
CDD4	G → P32 ₍₁₎ → P12 ₍₂₎ → P11 ₍₃₎ → G	96	125
CDD5	G → P1 ₍₁₎ → P31 ₍₂₎ → P3 ₍₃₎ → G	224	251
CDD6	G → P39 ₍₁₎ → P25 ₍₂₎ → G	158	208
CDD7	G → P5 ₍₁₎ → P34 ₍₂₎ → P16 ₍₃₎ → G	186	337
CDD8	G → P27 ₍₁₎ → P33 ₍₂₎ → P19 ₍₃₎ → G	114	143
CDD9	G → P14 ₍₁₎ → P13 ₍₂₎ → G	218	129
Jumlah		1830	2332

Tabel 4. Hasil Pengolahan *Harmony Search*

Jenis Kendaraan	Rute	Jarak (km)	Waktu (menit)
CDE1	G → P18 ₍₁₎ → P23 ₍₂₎ → G	108	133
CDE2	G → P6 ₍₁₎ → P17 ₍₂₎ → G	93	130
CDE3	G → P35 ₍₁₎ → G	112	115
CDE4	G → P20 ₍₁₎ → P21 ₍₂₎ → G	68	87
CDE5	G → P30 ₍₁₎ → P10 ₍₂₎ → G	120	167
CDE6	G → P9 ₍₁₎ → P8 ₍₂₎ → G	58	98
CDD1	G → P38 ₍₁₎ → P36 ₍₂₎ → P4 ₍₃₎ → G	91	155
CDD2	G → P37 ₍₁₎ → P24 ₍₂₎ → P7 ₍₃₎ → G	84	129
CDD3	G → P28 ₍₁₎ → P26 ₍₂₎ → P2 ₍₃₎ → G	100	125
CDD4	G → P32 ₍₁₎ → P12 ₍₂₎ → P11 ₍₃₎ → G	96	125
CDD5	G → P1 ₍₁₎ → P31 ₍₂₎ → P3 ₍₃₎ → G	224	251
CDD6	G → P39 ₍₁₎ → P25 ₍₂₎ → G	158	208
CDD7	G → P5 ₍₁₎ → P34 ₍₂₎ → P16 ₍₃₎ → G	186	337
CDD8	G → P27 ₍₁₎ → P33 ₍₂₎ → P19 ₍₃₎ → G	114	143
CDD9	G → P14 ₍₁₎ → P13 ₍₂₎ → G	218	129
Jumlah		1830	2332

Simpulan

Rute Usulan hasil dari algoritma *harmony search* dapat menghasilkan rute dengan jarak tempuh lebih singkat. Berdasarkan rute usulan ini dapat menghasilkan total penurunan jarak sebesar 402 km atau sebesar 21,3 % dari jarak pada kondisi sebelumnya per horizon satu hari. Perubahan ini dapat terjadi karena, terdapat perencanaan rute yang lebih baik sehingga dengan jarak yang lebih minimal dapat melakukan pelayanan kepada seluruh pelanggan. Selain itu berkurangnya jarak usulan juga dapat berdampak pada penurunan total biaya transportasi. Total biaya yang dihasilkan oleh algoritma *harmony search* sebesar Rp 2.990.588 dan terjadi penurunan biaya sebesar Rp 541.685,7 atau sebesar 15,34 % jika dibandingkan dengan total biaya pada kondisi awal yaitu sebesar Rp 3.532.274. Penurunan total biaya usulan tersebut disebabkan oleh perbedaan biaya variabel yang terjadi termasuk biaya emisi, hal ini bisa terjadi karena terjadi perbedaan jarak tempuh rute awal dan rute usulan.

Daftar Pustaka

- [1] I. N. Pujawan, *Supply Chain Management*. Surabaya: Gunawidya, 2005.
- [2] H. A. Salim, *Manajemen Transportasi*. Jakarta: Rajawali Pers, 1993.
- [3] M. H. Hugos and C. Thomas, *Supply Chain Management in the Retail Industry*. Pennsylvania: John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- [4] P. Massimo, "Vehicle Routing Problems." Universita de Genova, Genoa, 2001.
- [5] V. E. Outram and E. Thompson, "Driver's Perceived Cost in Route Choice," in *Proceedings PTRC Annual Meeting*, 1978, pp. 226–257.
- [6] G. B. Dantzig and J. H. Ramser, "The Truck Dispatching Problem," *Manag. Sci.*, vol. 6, no. 1, pp. 80–91, 1959.
- [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] Suprayogi and Y. Priyandari, "Alogaritma Sequential Insertion untuk Memecahkan Vehicle Routing Problem dengan Multiple Trips, Time Window dan Simultaneous Pickup Delivery," *Performa*, vol. 7, no. 1, pp. 88–96, 2008.
- [9] P. Toth and D. Vigo, *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: SIAM, 2002.
- [10] Z. W. Geem, K. S. Lee, and Y. Park, "Application of Harmony Search to Vehicle Routing," *Am. J. Appl. Sci.*, vol. 2, no. 12, pp. 1552–1557, 2005.