

Penentuan Rute Distribusi Es Batu dengan Perubahan Permintaan untuk Meminimalkan Biaya Transportasi

1st Muhammad Iqbal Faturohman
Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknik Industri
Universitas Pembangunan Nasional
"Veteran" Yogyakarta
iqbalfaturohman06@gmail.com

2nd Mochammad Chaeron
Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknik Industri
Universitas Pembangunan Nasional
"Veteran" Yogyakarta
m.chaeron@upnyk.ac.id

3rd Gunawan Madyono Putro
Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknik Industri
Universitas Pembangunan Nasional
"Veteran" Yogyakarta
gunawan.madyono@upnyk.ac.id

Abstrak—UKM Cahaya Kristal merupakan usaha yang bergerak dalam bidang pembuatan sekaligus pendistribusian es batu. Terdapat beberapa kendala pada saat proses pendistribusian es batu. UKM Cahaya Kristal belum melakukan kajian untuk penentuan rute distribusi. Rute saat ini masih dilakukan berdasarkan pengetahuan sopir yang mengakibatkan sering terlewatnya *outlet-outlet* untuk dikunjungi. Kemudian perubahan permintaan dari konsumen seperti penambahan atau pengurangan permintaan juga sering terjadi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan rute distribusi yang lebih pendek untuk meminimalkan jarak sehingga biaya transportasi menjadi lebih minimal namun juga memperhatikan waktu dan adanya perubahan permintaan. Penelitian ini mengusulkan algoritma *sweep*, dan algoritma *nearest neighbor* untuk memecahkan permasalahan diatas. Algoritma *sweep* digunakan untuk pengklasteran dengan membagi *outlet* menjadi beberapa kelompok. Sedangkan algoritma *nearest neighbor* digunakan untuk melakukan pengurutan rute distribusi yang telah dikelompokkan sebelumnya. Setelah itu dilakukan perbandingan rute usulan dengan rute distribusi UKM Cahaya Kristal saat ini. Hasil pengurutan menggunakan algoritma *nearest neighbor* menghasilkan total jarak sejauh 90,35 km dengan biaya transportasi sebesar Rp98.363,-. Sedangkan rute awal pada UKM Cahaya Kristal menghasilkan jarak sejauh 137,68 km dengan biaya transportasi sebesar Rp149.891,-. Dari hasil tersebut UKM Cahaya Kristal dapat menurunkan biaya sebesar Rp51.528,- atau sebesar 34%.

Kata Kunci— *vehicle routing problem, rute distribusi, sweep, nearest neighbor*

I. PENDAHULUAN

Dalam pendistribusian produk dibutuhkan perencanaan dan penjadwalan yang tepat. Jarak tempuh yang panjang sering menjadi kendala dalam pendistribusian produk. Hal ini berakibat pada bengkaknya biaya transportasi dan menyebabkan terjadinya keterlambatan [1]. Terlambatnya produk di pasaran dapat mengakibatkan ketersediaan produk di pasar menjadi kosong dan dapat mengakibatkan menurunnya tingkat kepercayaan konsumen serta kerugian pada perusahaan. Proses distribusi yang efisien dan ketepatan waktu transportasi mengakibatkan perusahaan dapat bersaing dengan kompetitor dalam memenangkan persaingan pasar. Oleh karena itu,

perencanaan rute kendaraan pada proses pendistribusian penting untuk dilakukan oleh perusahaan [2].

UKM Cahaya Kristal merupakan usaha yang bergerak dalam bidang pembuatan dan pendistribusian es batu. Produk-produk es batu yang diproduksi oleh UKM Cahaya Kristal adalah es batu balok, es batu serut, dan es batu kristal. Es batu merupakan produk yang harus segera dikirim dengan tepat waktu kepada konsumen karena sifat es batu yang dapat mencair. Dalam proses distribusinya, UKM Cahaya Kristal memiliki 3 kendaraan dengan jenis mobil *box* yang dilengkapi oleh pendingin. Saat ini, terdapat dua bagian besar daerah distribusi produk pada proses distribusi UKM Cahaya Kristal yang terdiri dari bagian utara dan bagian selatan dari UKM Cahaya Kristal. Pada bagian utara terdapat 1 mobil *box* dan bagian selatan terdapat 2 mobil *box* yang digunakan untuk proses distribusi.

UKM Cahaya Kristal belum melakukan kajian dalam penentuan rute distribusi baik pada rute bagian utara ataupun selatan. Penentuan rute distribusi dilakukan dengan menggunakan pengetahuan dari sopir saja tanpa mempertimbangkan jarak *outlet* ke *outlet* lainnya. Hal ini menyebabkan sering terlewatnya *outlet-outlet* untuk dikunjungi sehingga mengakibatkan pengiriman es batu menjadi bolak-balik. Hal ini dapat berakibat pada jarak pengiriman yang ditempuh cukup panjang serta mengakibatkan biaya distribusi yang lebih besar. Kemudian, terdapat proses distribusi yang melewati batas waktu yang telah ditentukan, sehingga mengakibatkan menurunnya kualitas es batu serta muncul keluhan dari konsumen. Perubahan permintaan juga sering terjadi. Penambahan dan pengurangan permintaan dapat menimbulkan masalah di lapangan. Penambahan permintaan menimbulkan masalah pada penentuan kapasitas kendaraan. Penambahan permintaan akan berakibat bertambahnya keuntungan yang diperoleh oleh perusahaan. Oleh karena itu, perencanaan rute distribusi dengan mempertimbangkan hal-hal tersebut dapat berpengaruh pada rute kendaraan yang lebih optimal dan biaya yang lebih rendah.

Permasalahan rute distribusi dapat diselesaikan dengan pendekatan manajemen transportasi dan distribusi. Dilihat dari



permasalahan di atas, permasalahan ini termasuk dalam *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan memperhatikan permintaan yang berubah, jarak tempuh, dan waktu tempuh. VRP merupakan sebuah pencarian atas cara penggunaan yang efisien dari sejumlah kendaraan yang melakukan perjalanan untuk mengunjungi sejumlah tempat untuk mengantar dan/atau menjemput orang/barang [3]. VRP erat kaitannya dengan permasalahan *travelling salesman problem* (TSP) yang merupakan permasalahan bagaimana mendatangi pelanggan dengan menggunakan kendaraan yang ada [3]. Berkaitan dengan kapasitas, permasalahan ini dapat diselesaikan dengan model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP). Adanya batasan waktu, penelitian juga merupakan model dari *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW). Rute yang lebih pendek dapat dilakukan pemecahan masalah menggunakan algoritma *sweep* dan algoritma *nearest neighbor*. Oleh sebab itu, penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk UKM Cahaya Kristal sehingga dapat menjadi evaluasi dalam perbaikan rute distribusi yang berakibat pada keuntungan yang didapat oleh UKM Cahaya Kristal.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di UKM Cahaya Kristal yang beralamat di Prujakan Gg Sirsat RT 02 RW 32 Sinduharjo, Ngaglik, Sleman, Yogyakarta. Kemudian es batu yang distribusikan hanya es batu kristal. Perencanaan rute pada penelitian ini hanya pada rute selatan UKM karena menggunakan 2 kendaraan pada 2 rute. Penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan jarak tempuh dan biaya transportasi. Berikut metode yang digunakan pada penelitian ini.

A. Algoritma Sweep

Algoritma *sweep* melakukan pengklasteran melalui penggabungan titik-titik dalam satu klaster dengan menempatkan depot sebagai titik pusat koordinat dan dikelilingi titik yang tersebar secara acak sesuai letak geografis [4]. Berikut adalah langkah-langkah algoritma *sweep* [4]:

- 1) Menggambar masing-masing *outlet* dalam koordinat kartesius dan menetapkan titik depot sebagai pusat koordinat.
- 2) Menentukan semua koordinat polar pada masing-masing titik yang berhubungan dengan pusat koordinat (depot). Langkah untuk mengubah koordinat kartesius (x,y) menjadi koordinat polar (r,θ) adalah sebagai berikut :

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (1)$$

$$\theta = \arctan \frac{y}{x} \quad (2)$$

- 3) Melakukan pengelompokan (klaster) dimulai dari titik yang memiliki sudut polar terkecil dan seterusnya berurutan sampai titik yang memiliki sudut polar terbesar dengan memperhatikan kapasitas kendaraan.
- 4) Memastikan semua titik masuk dalam klaster saat ini. Pengelompokan dihentikan ketika dalam satu klaster akan melebihi kapasitas maksimal kendaraan

B. Algoritma Nearest neighbor

Algoritma *nearest neighbor* adalah suatu metode pencarian dengan konsep penambahan titik terdekat terhadap titik sebelumnya sampai semua titik dalam satu lintasan habis [5]. Berikut merupakan langkah-langkah dengan menggunakan algoritma *nearest neighbor* [5]:

- 1) Tahap inisialisasi
 - Menentukan satu titik yang akan menjadi titik awal perjalanan dimana dalam penelitian ini sudah ditentukan bahwa titik awal perjalanan dimulai dari awal dari depot perusahaan.
 - Menentukan $C = \{1, 2, 3, 4, \dots, n\}$ sebagai himpunan titik yang dikunjungi
 - Menentukan urutan rute perjalanan saat ini (sementara) (R).
- 2) Memilih titik yang selanjutnya akan dikunjungi
Jika n_1 adalah titik yang berada diurutan terakhir dari rute R maka akan ditemukan titik berikutnya, n_2 yang memiliki jarak paling minimum dengan n_1 dimana n_2 merupakan anggota dari C
- 3) Menambahkan titik yang terpilih pada langkah 1 pada urutan rute berikutnya. Menambahkan titik n_2 di urutan akhir dari rute sementara dan mengeluarkan yang terpilih tersebut dari daftar titik yang belum dikunjungi.
- 4) Jika semua titik yang harus dikunjungi telah dimasukkan dalam rute atau $C = \emptyset$, maka tidak ada lagi titik yang ada di C. Selanjutnya menutup rute dengan menambahkan titik inisialisasi atau titik awal perjalanan diakhir rute. Dengan kata lain, rute ditutup dengan kembali lagi ke titik asal. Jika sebaliknya, kembali melakukan langkah 2.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Rute Awal

Terdapat 2 rute awal dan 2 kendaraan yang digunakan. Berikut merupakan data terkait rute distribusi. Data rute awal I dan II dapat dilihat pada Tabel I berikut.

TABEL I. RUTE AWAL UKM CAHAYA KRISTAL

Rute Awal	Urutan Rute
Rute I	A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q-R-S-T-U-V-W-X-Y-Z-AA-AB-AC-AD-AE-AF
Rute II	AG-AH-AI-AJ-AK-AL-AM-AN-AO-AP-AQ-AR-AS-AT-AU-AV-AW-AX-AY-AZ-BA-BB-BC-BD-BE-BF-BG-BH-BI-BJ-BK-BL

Dalam penentuan jarak dan waktu tempuh digunakan bantuan aplikasi GPS Google Maps. Waktu pelayanan tiap outlet belum dihitung secara akurat yaitu dengan asumsi selama 3 menit. Terkait batas waktu, pelanggan dari UKM Cahaya Kristal tidak memberikan batas waktu kecuali *outlet* dengan node Y dan BJ yaitu pada pukul 05.30 WIB sampai 10.00 WIB. Batasan waktu selain node tersebut selama 05.30 WIB sampai 12.00 WIB didasari oleh kualitas es batu yang akan menurun apabila tidak terdistribusikan selama 7 jam setelah keluar dari pabrik meskipun mobil *box* sudah dilengkapi pendingin. Kemudian dari urutan rute pada Tabel I diatas dihasilkan jarak



tempuh, waktu tempuh, dan total kapasitas yang dapat dilihat pada Tabel II.

TABEL II. RINGKASAN RUTE AWAL

Rute Awal	Jarak Tempuh	Waktu Tempuh	Kapasitas
Rute I	68,79 km	329 menit	120 bungkus
Rute II	68,89 km	271 menit	107 bungkus

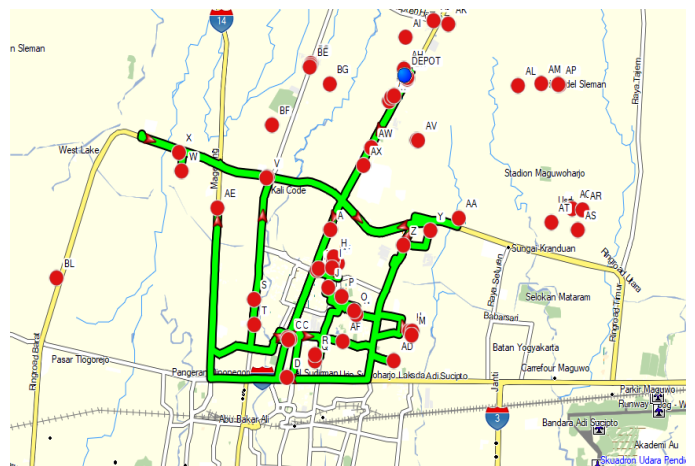
Kemudian data terkait *outlet* dapat dilihat pada Tabel III berikut.

TABEL III. DAFTAR *OUTLET*

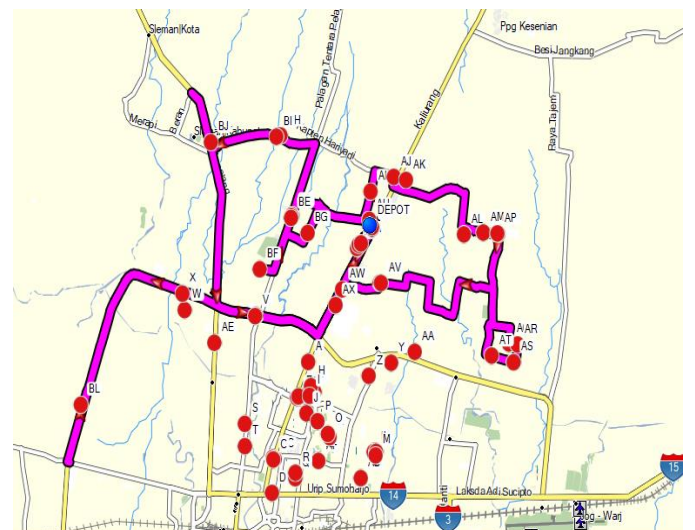
Outlet	Node	Latitude	Longitude	Permintaan
Depot	0	-7,7351	110,394072	0
Parsley Jakal	A	-7,75942	110,381352	4
Lotek MAN I	B	-7,77651	110,374001	2
Angkringan MAN I	C	-7,77678	110,374152	1
Soto Dalbe	D	-7,78271	110,373875	6
Gudeg Bu Hj Amad	E	-7,76555	110,379338	2
Sami Asih I	F	-7,76475	110,382654	3
Sate Padang JM	G	-7,76436	110,381812	2
Sami Asih II	H	-7,76372	110,381936	2
Napitea	I	-7,76543	110,381651	2
Kantin Pertanian	J	-7,76855	110,380994	2
Resto PKL Mrican	K	-7,77543	110,394889	3
Ayam Geprek Bu Rum	L	-7,77542	110,395394	3
Ayam Geprek Bu Made	M	-7,77605	110,395293	3
Warung Makan Mbah John	N	-7,7728	110,385797	1
Sami Asih III	O	-7,77223	110,385428	2
Ayam Geprek Bu Rum UGM	P	-7,76995	110,38329	6
Ikan Bakar Bu Bambang	Q	-7,78011	110,378695	8
Mie Ayam Berkah Rasa 3R	R	-7,77915	110,378719	2
APS AM Sangaji	S	-7,77043	110,368266	3
Warmindo Vit 5 AM Sangaji	T	-7,7744	110,368283	3
Kupat Tahu Es Dawet Monjali	U	-7,75116	110,370597	5
Soto Pak Soleh Monjali	V	-7,75125	110,370393	2
Bell Blend Thai Tea	W	-7,75017	110,355825	2
Kantin UTY	X	-7,74726	110,355376	2
Chatime Hartono	Y	-7,75956	110,398508	12
APS gejayan	Z	-7,76188	110,393876	3
Parsley JIH	AA	-7,75761	110,40339	4
Ayam Taliwang Papin	AB	-7,76578	110,379057	2
Chatime Mirota	AC	-7,77669	110,374449	12
Olifant	AD	-7,7801	110,392226	2
Fremilt JCM	AE	-7,75601	110,361969	12
Sate Samirono	AF	-7,77703	110,383474	2
OKE IKI	AG	-7,73572	110,394412	5
Soto Pak Jamal	AH	-7,73413	110,393974	1
Niki Eco	AI	-7,72908	110,394258	2
Ayam Geprek Putri Ari	AJ	-7,72648	110,399056	3
Waroeng Belik Kopi	AK	-7,72702	110,401588	2
Warmindo Tetep Demen	AL	-7,73172	110,413543	2
Warmindo Hikmah 4	AM	-7,73639	110,417547	2
Angkringan JS	AN	-7,73653	110,420414	2
Bakmi Jawa Wijaya	AO	-7,73662	110,420671	2
Warmindo Geulis	AP	-7,73654	110,42046	2
Warmindo Hegarmanah	AQ	-7,75612	110,422836	2
Warmindo Ibadah 1	AR	-7,7563	110,424609	2
Sari Rasa	AS	-7,75947	110,423808	3
Nasi Ramesan Mbak Kus	AT	-7,75828	110,419276	2

Thai Tea	AU	-7,74532	110,396162	8
Warmindo Agnes Nurul	AV	-7,74537	110,396397	2
Warung Makan Ilham	AW	-7,7465	110,388374	3
Warung Makan Tante Titus	AX	-7,74929	110,38703	3
Warmindo Azzahra	AY	-7,73915	110,391435	2
Soto Ceker Pak Yono	AZ	-7,73857	110,391787	3
Sakwontene	BA	-7,73832	110,393179	3
Joglo Asri	BB	-7,73567	110,39455	10
Warung Makan Kokita	BC	-7,73323	110,377987	2
Nasi Goreng Balik Maning	BD	-7,73349	110,377924	2
Warung Palagan	BE	-7,73378	110,37782	5
Angkringan Omah Hydro	BF	-7,74292	110,371343	3
Mie Ayam Bakso Parma 5	BG	-7,73647	110,381258	2
Angkringan Flamboyan	BH	-7,71911	110,375649	2
Angkringan GitoGati	BI	-7,71934	110,374794	2
Sleman City Hall	BJ	-7,72031	110,36125	12
APS Jakal	BK	-7,73543	110,994551	3

Peta rute awal I dan II dapat dilihat pada Gambar 1 untuk rute awal I dan Gambar 2 untuk rute awal II.



Gambar. 1. Rute awal I



Gambar. 2. Rute awal II

B. Penentuan Kapasitas Mobil Box

UKM Cahaya Kristal belum melakukan kajian dalam menentukan kapasitas maksimal dari mobil *box*. Pada saat pendistribusian hanya membawa es batu sesuai dengan

permintaan saja. Penentuan kapasitas mobil *box* ini dilakukan untuk mengantisipasi adanya perubahan permintaan. Hal ini dilakukan dengan pengurangan kapasitas untuk mengantisipasi adanya penambahan permintaan. Pengurangan didasari oleh penetapan dari pemilik UKM agar tidak melebihi 20% dari kapasitas mobil awal. Dilakukan perhitungan kapasitas aktual dengan mempertimbangkan daya tampung dan volume *box* mobil.

- 1) Kapasitas maksimal berdasarkan volume *box*.
Ukuran dari mobil *box* itu sendiri adalah 237 cm × 155 cm × 128,5 cm. Sedangkan ukuran dari satu bungkus es batu adalah 55 cm × 35 cm × 15 cm. Maka kapasitas aktual berdasarkan volume *box* adalah sebagai berikut:
Vol. mobil *box* = 237 cm × 155 cm × 128,5 cm
= 4.720.447,5 cm³
Vol. bungkus = 55 cm × 35 cm × 15 cm
= 28.875 cm³
Kapasitas aktual = vol. mobil *box* / volume bungkus
= 4.720.447,5 cm³ / 28.875 cm³
= 163,4
= 164 bungkus
- 2) Kapasitas berdasarkan daya tampung berat maksimal *box*
Daya tampung maksimal *box* = 980 kg
Berat es batu kristal satu bungkus = 7 kg
Kapasitas aktual mobil *box* = 980 kg / 7 kg
= 140 bungkus

Sehingga, berdasarkan perhitungan di atas, kapasitas mobil *box* ditentukan berdasarkan daya tampung berat maksimal yaitu 140 bungkus.

C. Pengklasteran Rute

Algoritma *sweep* digunakan untuk melakukan pengklasteran. Pengklasteran dilakukan dengan penggabungan titik-titik dalam satu kluster dengan menempatkan depot sebagai titik pusat koordinat dan dikelilingi titik yang tersebar secara acak sesuai letak geografis. Pembentukan tiap kluster berhenti ketika tiap kluster telah mencapai batas maksimal kapasitas mobil *box*. Hasil kluster dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL IV. RINGKASAN HASIL KLUSTER

Kluster	Outlet	Permintaan (bungkus)	Sisa Kapasitas (bungkus)
I	BK, AN, AP, AM, AO, BE, AL, BD, BC, BJ, AR, AQ, BI, AS, BH, AT, BB, AG, AA, AV, AU, Y, AH, L, M, K, Z, AI, AD, N, O, AF, P	118	22
II	Q, R, F, J, I, G, H, D, AC, C, E, B, AB, AX, AW, A, BA, AJ, AY, T, AZ, S, AK, U, V, AE, BL, W, BF, X, BG	113	27

Kapasitas aktual saat ini adalah sebesar 140 bungkus. Pengurangan kapasitas 20% menyebabkan batas maksimal pengurangan tiap mobil *box* sebesar 28 bungkus. Sehingga dari tabel IV, dengan total permintaan 118 bungkus pada kluster I menyisakan 22 bungkus untuk mengantisipasi penambahan permintaan. Begitu juga kluster II yang masih menyisakan 27

bungkus yang berarti tidak ada yang melebihi batas pengurangan kapasitas yang ditetapkan UKM Cahaya Kristal.

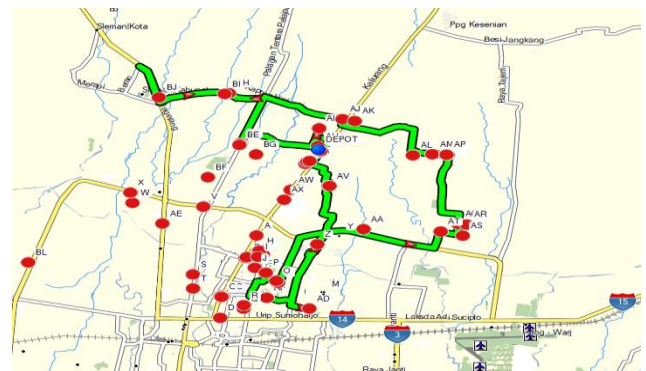
D. Pengurutan rute

Pengurutan rute dilakukan menggunakan algoritma *nearest neighbor* berdasarkan hasil kluster pada tabel IV. Pengurutan dilakukan dengan menambahkan titik terdekat terhadap titik sebelumnya sampai semua titik dalam satu kluster habis. Hasil dari pengurutan rute dapat dilihat pada Tabel V.

TABEL V. RINGKASAN HASIL KLUSTER

Kluster	Outlet	Jarak Tempuh	Waktu Tempuh
I	0-AH-AG-BB-BK-AI-AU-AV-Z-O-N-P-AF-AD-K-M-L-Y-AA-AT-AS-AQ-AR-AN-AO-AP-AM-AL-BH-BI-BJ-BC-BD-BE-0	48,6 km	251 menit
II	0-BA-AY-AZ-AW-AX-A-H-G-F-I-AB-E-J-AC-B-C-D-Q-R-T-S-U-V-X-W-AE-BL-BF-BG-AK-AJ-0	41,8 km	211 menit

Berikut merupakan peta rute usulan menggunakan algoritma *sweep* dan *nearest neighbor* yang dapat dilihat pada Gambar. 3 untuk rute kluster I dan Gambar. 4 untuk rute kluster II.



Gambar. 3. Rute usulan kluster I



Gambar. 4. Rute usulan kluster II

E. Hasil

Algoritma *sweep* dan algoritma *nearest neighbor* pada penelitian ini menghasilkan total jarak sebesar 90,35 km dengan total waktu tempuh selama 463 menit. Perbandingan jarak tempuh dan waktu tempuh antara *rute* awal dengan *rute* usulan dapat dilihat pada Tabel VI.

TABEL VI. PERBANDINGAN JARAK DAN WAKTU TEMPUH

Perbandingan	Klaster	Jarak Tempuh (km)	Total Jarak (km)	Waktu Tempuh (menit)	Total Waktu (menit)
Rute awal	I	68,79	137,68	329	600
	II	68,89		271	
Rute usulan	I	48,6	90,35	251	463
	II	41,8		211	

Berdasarkan Tabel VI, penelitian ini dapat menurunkan baik jarak tempuh ataupun waktu tempuh. Jarak tempuh dapat berkurang sebesar 47,33 km. Sedangkan waktu tempuh dapat diminimasi sebesar 137 menit.

Kemudian dilakukan perhitungan biaya transportasi. Biaya yang digunakan pada penelitian ini sebagai tolak ukur hasil penelitian adalah biaya maksimal per kilometer dari klaster yang diterapkan oleh UKM Cahaya Kristal, yaitu biaya untuk melayani rute klaster II. Biaya untuk melayani rute ini sebesar Rp75.000 dengan jarak tempuh pelayanan tiap *outlet* sepanjang 68,89 km. Maka, biaya per satu kilometer pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Biaya per 1 km} &= \text{Biaya total} / \text{jarak tempuh} \\ &= \text{Rp}75.000,- / 68,89 \text{ km} \\ &= \text{Rp}1.089,-/\text{km} \end{aligned}$$

Maka, perhitungan biaya transportasi rute awal per klaster adalah sebagai berikut.

1) Klaster I

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Jarak tempuh klaster I} \times \text{Biaya/km} \\ &= 68,79 \text{ km} \times \text{Rp}1089,-/\text{km} \\ &= \text{Rp}74.892,- \end{aligned}$$

2) Klaster II

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Jarak tempuh klaster II} \times \text{Biaya/km} \\ &= 68,89 \text{ km} \times \text{Rp}1089,-/\text{km} \\ &= \text{Rp}75.000,- \end{aligned}$$

Kemudian, perhitungan biaya transportasi rute usulan per klaster adalah sebagai berikut.

1) Klaster I

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Jarak tempuh klaster I} \times \text{Biaya/km} \\ &= 48,58 \text{ km} \times \text{Rp}1089,-/\text{km} \\ &= \text{Rp}52.889,- \end{aligned}$$

2) Klaster II

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Jarak tempuh klaster II} \times \text{Biaya/km} \\ &= 41,77 \text{ km} \times \text{Rp}1089,-/\text{km} \\ &= \text{Rp}45.475,- \end{aligned}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan diatas dilakukan perbandingan biaya transportasi rute awal dan usulan. Rute usulan dapat menekan biaya transport sebesar Rp51.527,. Perbandingan biaya transportasi dapat dilihat pada Tabel VII berikut.

TABEL VII. PERBANDINGAN BIAYA TRANSPORTASI

Perbandingan	Klaster	Biaya (Rp)	Biaya Total (Rp)	Selisih Biaya (Rp)
Rute perusahaan	I	Rp74.891	Rp149.891	Rp51.527
	II	Rp75.000		
Rute hasil penelitian	I	Rp52.889	Rp98.364	
	II	Rp45.475		

F. Analisis Hasil

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rute yang lebih pendek pada pendistribusian es batu kristal pada UKM Cahaya Kristal. Pada tahap awal dilakukan penentuan kapasitas aktual berdasarkan dua batasan yaitu *volume* maksimal dan berat maksimal dari *box*. Hal ini dilakukan karena UKM Cahaya Kristal belum melakukan kajian dalam menentukan kapasitas maksimal mobil *box*. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan kapasitas aktual yaitu 140 bungkus. Hal ini dikarenakan apabila menggunakan kapasitas berdasarkan *volume* maksimal *box* yaitu sebesar 163 bungkus, akan melebihi kapasitas yang ditentukan berdasarkan batasan pada daya tampung maksimal dari *box*. Hal ini dilakukan dengan pengurangan kapasitas untuk mengantisipasi adanya penambahan permintaan. Pengurangan didasari oleh penetapan dari pemilik UKM agar tidak melebihi 20% dari kapasitas mobil awal. Pada klaster I terdapat 118 bungkus permintaan sehingga terdapat sisa kapasitas sebanyak 22 bungkus. Pada klaster II terdapat 113 bungkus permintaan sehingga terdapat sisa 27 bungkus untuk klaster II. Sisa kapasitas ini akan diisi untuk mengantisipasi adanya penambahan permintaan.

Pembentukan rute menggunakan algoritma *sweep* dan *nearest neighbor*. Penggunaan algoritma *sweep* dikarenakan penggunaan metode yang sederhana bahkan untuk menyelesaikan permasalahan besar. Algoritma *sweep* dapat dengan akurat pada cara pembuatan rutenya [6]. Pengklasteran yang dilakukan menggunakan algoritma *sweep* yang melakukan pengelompokan dengan mempertimbangkan sudut polar serta pengurutan rute dengan mengutamakan pelayanan *outlet* terdekat dapat memberikan total jarak tempuh yang lebih pendek. Pada pengurutan rute mempertimbangkan kedekatan jarak *outlet* dan tetap mempertimbangkan waktu operasi yang ditetapkan oleh UKM Cahaya Kristal. Sehingga dengan keakuratan pada pembentukan klaster algoritma *sweep*, tiap *outlet-outlet* pada klaster terbentuk diurutkan dengan melakukan penambahan titik terdekat terhadap titik sebelumnya. Rute usulan yang terbentuk didapatkan jarak tempuh pelayanan sejauh 90,35 km dengan waktu tempuh selama 462 menit. Hal ini menghasilkan rute dengan jarak dan waktu tempuh yang lebih pendek dari rute awal. Hasil pembentukan rute baru menghasilkan total biaya transportasi sebesar Rp149.981,- yang lebih rendah dari rute awal yaitu sebesar Rp98.364,-. Rute usulan dapat menurunkan biaya transportasi sebesar Rp51.527,- atau 34%. Namun, rute yang dihasilkan hanya ditujukan sebagai usulan atau rekomendasi untuk UKM Cahaya Kristal.



IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan dua klaster rute distribusi es batu dengan total jarak yang dihasilkan sebesar 90,35 km dan total waktu tempuh sebesar 462 menit menggunakan algoritma *nearest neighbor* dan algoritma *sweep*. Biaya transportasi yang rute usulan sebesar Rp98.364,- per harinya. Rute hasil penelitian ini mampu menurunkan biaya transportasi sebesar 34% atau Rp51.527,- per harinya. Kemudian sisa kapasitas dari tiap-tiap klaster tersebut adalah 22 bungkus untuk klaster I, dan 27 bungkus untuk klaster II, dimana sisa kapasitas ini akan dialokasikan untuk mengantisipasi adanya penambahan permintaan.

Dalam penelitian ini, waktu pelayanan tiap *outlet* belum diteliti lebih mendalam dan masih berdasarkan asumsi. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengembangan dengan mempertimbangkan parameter-parameter sistem pengiriman yang diterapkan, seperti keterlibatan lama waktu pelayanan secara mendalam pada masing-masing *outlet*. Sehingga melalui pengembangan-pengembangan tersebut diharapkan mampu menyesuaikan kondisi nyata seperti yang dialami oleh UKM Cahaya Kristal. Dalam mengantisipasi perubahan permintaan hanya dilakukan dengan mengurangi kapasitas maksimal mobil *box*. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan kajian lebih mendalam terkait mengantisipasi adanya perubahan permintaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ikfan, N., dan Masudin, I, 2013, Penentuan Rute Transportasi Terpendek untuk Meminimalkan Biaya Menggunakan Metode Saving Matriks, *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Vol. 12, No. 2, Hal. 165-178.
- [2] Erlina, P, 2009, Mengoptimalkan Biaya Transportasi Untuk Penentuan Jalur Distribusi, *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, Vol. 9, No. 2, Hal. 143-150.
- [3] Fisher, M. L, 1995, Optimal solution of vehicle routing problems using minimum K-Trees, *Opns Res*, Vol. 42, Hal. 626-646.
- [4] Boonkleaw, A, S. Suthikannarunai, dan R. Srinon, 2009, Strategic Planning and Vehicle Routing Algorithm for Newspaper Delivery Problem: Case Study of Morning Newspaper, Bangkok, Thailand, *Proceeding of the World Congress on Engineering and Computer Science*, Sanfranciso, USA. Vol. 2.
- [5] Hutasoit, C. S., Susanty, S., dan Imran, A, 2014, Penentuan Rute Distribusi Es Balok Menggunakan Algoritma Nearest Neighbour dan Local Search (Studi Kasus di PT. X), *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, Vol. 02, No. 02, Hal. 268-276.
- [6] Ballou, R.H, 2005, *Business Logistics/Supply Chain Management Fifth Edition*, Pearson Education International: Ohio.

