

IMPLEMENTASI GRAVITY LOCATION MODELS DAN ALGORITMA SAVINGS DALAM MENENTUKAN JARINGAN DISTRIBUSI

Nugraheni Djamal*, Dadi Cahyadi, Manggala Priyahita Setyoko

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya

Email: nugraheni.dj@unsera.ac.id; dadicahyadi2012@gmail.com; manggala@gmail.com

Artikel masuk : 05-04-2021

Artikel direvisi : 14-06-2021

Artikel diterima : 23-06-2021

*Penulis Korespondensi

Abstrak -- PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pelapisan baja. Perusahaan memiliki pelanggan di sekitar kawasan Jabodetabek dan kota Bandung. Pihak perusahaan merasa jaringan distribusi dalam proses pengiriman produk yang telah diterapkan belum efektif. Hal ini berdampak pada pemakaian jumlah armada dalam pengiriman produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem jaringan distribusi sehingga produk bisa tersedia tepat waktu. Penelitian ini menggunakan gravity location models dan algoritma savings untuk mengetahui lokasi dan koordinat pelanggan baru sekaligus jaringan distribusi ke pelanggan. Hasil penelitian dengan menggunakan gravity location models, Perusahaan dapat menetapkan lokasi paling optimal dalam jaringan distribusi ke pelanggan, yaitu pada bulan Februari karena memiliki jumlah biaya terkecil dalam iterasi 1 dan iterasi 2. Analisa dengan menggunakan metode algoritma savings dapat menghemat biaya pengiriman produk dengan menggabungkan muatan produk untuk dikirimkan. Setiap rute berisi satu sampai tiga pelanggan dengan kapasitas pengiriman maksimal 40 Ton. Implementasi algoritma saving mampu menghemat hingga 45% di bulan Januari dan 17% di bulan Desember jika dibandingkan dengan yang telah diterapkan perusahaan.

Kata kunci: Algoritma Savings; Distribusi; Gravity Location

Abstract -- PT. XYZ is a company engaged in the field of steel coating. The company has customers around the Greater Jakarta area and the city of Bandung. The company feels that the distribution network in the product delivery process that has been implemented has not been effective. This has an impact on the use of the number of fleets in product delivery. This study aims to optimize the distribution network system so that products can be available on time. This study uses gravity location models and savings algorithms to determine the location and coordinates of new customers and distribution networks to customers. The results of the study using gravity location models, the company can determine the most optimal location in the distribution network to customers, namely in February, because it has the smallest amount of costs in iteration one and iteration two. Analysis using the savings algorithm method can save product shipping costs by combining cargo products to ship. Each route contains one to three customers with a maximum shipping capacity of 40 Tons. Implementing the saving algorithm can save up to 45% in January and 17% in December compared to what the company has implemented.

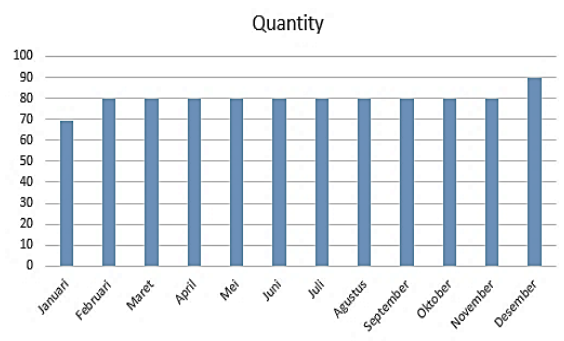
Keywords: Savings Algorithm; Distribution; Gravity Location Models

PENDAHULUAN

Distribusi merupakan salah satu alat untuk mencapai sukses perusahaan terkait dengan distribusi produk sampai ke tangan konsumen (Kasmiruddin & Febrian, 2014). Sumber daya yang terlibat dalam proses distribusi harus mempunyai keterampilan dalam mengelola

distribusi produk (Padmantlyo & Saputra, 2017). Jaringan distribusi seringkali dibatasi jarak maupun kapasitas angkut dalam mengirimkan produk ke konsumen (Supriyadi et al., 2017). Permasalahan ini berdampak pada ketepatan pengiriman, kondisi produk sampai ke konsumen dan penetapan harga produk (Suwarno, 2006).

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pelapisan dan pewarnaan logam *Cold Rolled Coil* (CRC), perusahaan ini menjadi produsen logam berlapis dan berwarna untuk pelanggan dalam negeri. Selama tahun 2017, perusahaan mendapatkan pesanan produk dari 48 pelanggan baru yang berlokasi di daerah Jabodetabek dan kota Bandung, dengan jumlah pesanan produk sebesar 69 Ton pada bulan Januari, 80 Ton pada bulan Februari sampai dengan November dan 90 Ton pada bulan Desember (**Gambar 1**).



Gambar 1. Jumlah Pesanan Tahun 2017

Jumlah keseluruhan pesanan produk pada tahun 2017 sebesar 959 ton. Perusahaan belum membuat jaringan distribusi dan memperhitungkan biaya yang akan dikeluarkan untuk mengirim produk ke pelanggan dengan tepat. Hal ini mengakibatkan pengambilan keputusan rute distribusi yang cenderung seragam (tidak mempertimbangkan jumlah pesanan dan posisi pelanggan) yaitu sebanyak 4 rute dan biaya BBM tiap bulan yang cenderung meningkat (**Tabel 1**).

Tabel 1. Total Biaya BBM Tahun 2017 (Rp)

Bulan	Rute 1	Rute 2	Rute 3	Rute 4	Total
Januari	74.160	55.620	75.705	36.050	241.535
Februari	55.105	42.230	56.650	55.105	209.090
Maret	40.595	75.190	53.560	40.685	310.030
April	45.320	44.290	74.675	140.595	304.880
Mei	76.735	50.470	67.465	58.195	252.865
Juni	55.105	57.680	58.195	62.315	233.295
Juli	62.315	123.600	61.800	65.920	313.635
Agustus	49.955	47.895	48.925	58.195	204.970
September	54.075	80.855	78.795	75.705	289.430
Oktober	76.220	76.220	76.220	75.705	304.365
November	79.310	76.220	86.520	43.260	285.310
Desember	84.460	85.490	89.610	88.065	347.625
Rata-rata					274.753

Gravity Location Models merupakan salah satu model yang berfungsi menentukan suatu lokasi yang menghubungkan sumber pasokan

dengan beberapa lokasi konsumen (**Pujawan & Mahendrawathi, 2010**). Model ini mempertimbangkan jarak, volume permintaan dan biaya yang tidak dapat terpenuhi dengan model lain. Implementasi model ini dengan menentukan lokasi pusat distribusi pada rayon mampu menurunkan jumlah pengiriman sebanyak 26% (**Rosita et al., 2010**). Beberapa penelitian juga mendapatkan koordinat ideal untuk penentuan distribusi center (**Ama et al., 2015; Irwanto & Hasibuan, 2018; Soesilo et al., 2020**), tata letak bahan baku (**Prasetyo et al., 2018**) maupun sentra IKM (**Nurhayaty & Orshella, 2020**).

Algoritma Savings adalah salah satu metode pemecahan masalah distribusi untuk mengurangi total jarak perjalanan kendaraan, dan menentukan jumlah kendaraan yang diperlukan (**Clarke & Wright, 1964**). Metode ini mencari solusi rute terpendek dari permasalahan yang melibatkan jumlah rute yang banyak dan dibatasi dengan kapasitas kendaraan. Penerapan metode ini dalam beberapa penelitian mampu mengoptimalkan rute kendaraan dibandingkan dengan yang telah diterapkan perusahaan sebelumnya (**Fuadi & Pujotomo, 2018**).

Penelitian ini mengintegrasikan *Gravity Location Models* dan *Algoritma Savings* sesuai dengan penelitian yang dilakukan **Firdaus & Suryana (2017)** dalam menyelesaikan persoalan lokasi UMKM Melia Cakes dan jaringan distribusinya. Penelitian ini mencoba mengusulkan penggunaan *Gravity Location Models* dan *Algoritma Savings* dalam menentukan jaringan distribusi supaya produk yang telah dipesan oleh pelanggan dapat sampai ke tangan pelanggan dengan tepat. Pemilihan lokasi pelanggan dan perbaikan jalur distribusi diharapkan dapat mempercepat produk sampai ke konsumen dengan biaya yang lebih sedikit.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada perusahaan yang berlokasi di kawasan Cilegon. Data yang digunakan adalah data permintaan dari pelanggan sepanjang tahun 2017 yang berjumlah 48 pemesanan dengan total pemesanan sebanyak 959 Ton. Komponen biaya merupakan data rincian dari data biaya pengiriman produk. Biaya tersebut adalah biaya Bahan Bakar Minyak (BBM) sebesar Rp. 5.150/liter dengan asumsi 1 liter BBM untuk 10 km, biaya retribusi (biaya untuk tol, parker, pungutan, dan lain-lain) sebesar Rp. 250.000, biaya maintenance sebesar Rp 200.000, biaya konsumsi sebanyak Rp. 100.000 dan upah pekerja sebesar Rp. 200.000.

Pengolahan data terdiri dari perhitungan tentang penggunaan *Gravity Location Models*

dapat digunakan untuk menentukan lokasi pelanggan yang mempunyai biaya pengiriman yang paling rendah. *Algoritma Savings* digunakan untuk mengoptimalkan biaya dan rute perjalanan kendaraan. Selain itu *Gravity Location Models* dan *Algoritma Savings* dapat menentukan jaringan distribusi supaya produk yang telah di pesan pelanggan dapat sampai ke tangan pelanggan dengan tepat.

Metode *Gravity Location Models* mempunyai prinsip mencari biaya yang minimum dengan mempertimbangkan pemenuhan supply dan permintaan. Penggunaan metode ini akan membantu manajemen dalam mengambil keputusan terkait dengan penetapan biaya, lokasi dan rute (Purba et al., 2020). Model ini mengasumsikan biaya transportasi naik secara linier sebanding dengan volume yang dipindahkan dan sumber bisa dipetakan lokasinya dengan sudut koordinat yang jelas (Pujawan & Mahendrawathi, 2010). Penentuan lokasi untuk meminimumkan biaya pengiriman adalah:

1. Menghitung jarak j_i untuk semua i berdasarkan koordinat x dan y untuk sumber pasokan i (x_i, y_i) dan kandidat koordinat fasilitas yang dipertimbangkan (x_0, y_0)

$$j_i = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2} \quad (1)$$

2. Menentukan koordinat lokasi x_{on} dan y_{on} dimana C_i adalah biaya transportasi per unit per beban dan V_i adalah beban yang dipindahkan.

$$x_{on} = \frac{\sum_i \frac{C_i V_i x_i}{j_i}}{\sum_i \frac{C_i V_i}{j_i}} \quad (2)$$

$$y_{on} = \frac{\sum_i \frac{C_i V_i y_i}{j_i}}{\sum_i \frac{C_i V_i}{j_i}} \quad (3)$$

3. Ulang langkah satu sampai mendapatkan dua iterasi berurutan menghasilkan koordinat yang hampir sama.

Algoritma savings melakukan penghematan dengan cara mengaitkan node-node yang ada menjadi sebuah rute dengan nilai penghematan terbesar (Octora et al., 2014). Metode ini menggunakan parameter jarak dan waktu untuk mendapatkan rute terbaik berdasarkan besarnya penghematan yang diperoleh. Langkah-langkah penentuan rute dengan *algoritma savings* (Irman et al., 2017) adalah:

1. Membuat matriks jarak berdasarkan jumlah kendaraan beserta kapasitas, jumlah pelanggan dan jarak antar pelanggan dan lokasi perusahaan.
2. Menentukan nilai penghematan (S_{ij}) dimana C_{0i} merupakan jarak dari perusahaan ke node

dan C_{ij} adalah jarak dari node i ke node j . Hasil nilai penghematan dikonversikan ke dalam matriks penghematan

$$S_{ij} = C_{0i} + C_{0j} - C_{ij} \quad (4)$$

3. Menetapkan rute awal yang mempunyai nilai penghematan terbesar (S_{ijmax}). Penentuan rute selanjutnya dengan cara yang sampai sampai semua rute telah terpilih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gravity Location Models

Penentuan lokasi pelanggan adalah berdasar pada data permintaan yang ada, menurut *Google Map* perusahaan memiliki koordinat $Y = -5,99576740$ dan $X = 106,022246$. Data permintaan akan diolah dengan *Google Map* untuk mengetahui jarak, koordinat Y dan koordinat X pelanggan. Setelah memperoleh nilai dari sumbu Y dan X , maka langkah selanjutnya adalah menentukan biaya untuk bahan bakar yang akan digunakan dalam pengiriman.

$$C_i = \frac{\text{jarak lokasi pelanggan}}{\text{jarak tempuh/liter}} \times \text{harga solar/liter} \quad (5)$$

Hasil nilai dari sumbu Y dan X , digunakan untuk menentukan Y_i dan X_i agar dapat dijadikan data awal perhitungan kuantitas permintaan, biaya serta sumbu Y dan X (Tabel 2). Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan analisis data untuk mendapatkan nilai dari Y_i dan X_i melalui analisis data model *gravity* iterasi 1 (Lampiran 1) dan iterasi 2 (Lampiran 2).

Berdasarkan analisis hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa lokasi optimal adalah lokasi yang memiliki biaya terendah dari lokasi yang lain. Lokasi tersebut adalah Tailon di kota Tangerang yang memiliki koordinat $X=106,505923$ dan $Y=-6,194732$ sebelum di iterasi, setelah mengalami iterasi 1 atau iterasi dari titik (0,0). Tailon memiliki biaya bahan bakar sebesar Rp.226.259 yang akan ditambahkan dengan biaya lainnya sebesar Rp.750.000 sehingga total biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan sebesar Rp.976.259. Asaba di kota Bekasi yang memiliki koordinat $X=107,132-516$ dan $Y=-6,273926$ sebelum di iterasi, dan setelah mengalami iterasi 2 atau iterasi dari titik (1,26551704313, -0,37947984723). Asaba memiliki biaya bahan bakar sebesar Rp.2.281 yang akan ditambahkan dengan biaya lainnya sebesar Rp.750.000 sehingga total biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan sebesar Rp.752.280. Dalam iterasi 1 bulan Februari memiliki jumlah biaya terkecil dan dapat dijadikan jaringan distribusi yang optimal serta iterasi 2 bulan Februari masih memiliki jumlah biaya terkecil dan dapat dijadikan jaringan distribusi yang optimal.

Tabel 2. Data Awal dan Nilai Koordinat Lokasi

<i>Order Company</i>	<i>Quantity (Ton)</i>	<i>Koordinat Xi</i>	<i>Koordinat Yi</i>	<i>Xi</i>	<i>Yi</i>	<i>Vi</i>	<i>Ci</i>
Gunung Garuda	28	-6,2841	107,1166	1,0944	-0,2884	28	74,16
Cahaya Benteng	17	-6,1227	106,8278	0,8055	-0,1270	17	55,62
Tata Logam	12	-6,3040	107,1159	1,0937	-0,3083	12	75,71
Toilon	12	-6,1947	106,5059	0,4837	-0,1990	12	36,05
Arpindo	8	-6,1133	106,7885	0,7662	-0,1176	8	55,11
Koba Metal	10	-6,2935	106,5154	0,4932	-0,2978	10	42,23
Arya Prima	30	-6,1272	106,8045	0,7824	-0,1315	30	56,65
Garuda Gemilang	32	-6,1589	106,8472	0,8250	-0,1632	32	55,11
Maju Makmur	20	-6,9393	107,7451	1,7228	-0,9436	20	140,60
Adeha Metalindo	20	-6,3263	107,1239	1,1016	-0,3305	20	75,19
Indoutama	15	-6,1023	106,7150	0,6928	-0,1066	15	53,56
Alpine Cool	25	-6,2549	106,5526	0,5303	-0,2591	25	40,69
Graha Metalindo	15	-6,1847	106,6132	0,5910	-0,1890	15	45,32
Airtech Inti	15	-6,1953	106,6206	0,5984	-0,1995	15	44,29
Yang Mandiri	10	-6,4386	106,9376	0,9154	-0,4429	10	74,68
Maju Makmur	40	-6,9423	107,7448	1,7225	-0,9466	40	140,60
Union Metal	30	-6,2838	107,1587	0,7835	-0,2293	30	76,74
Maju Makmur	30	-6,1836	106,7296	0,6667	-0,1001	30	50,47
Jof Metal	10	-6,3062	106,9838	0,8104	-0,1512	10	67,47
Ideal Tata	10	-6,1331	106,8280	0,8626	-0,1427	10	58,20
Robertson	40	-6,2251	106,8057	1,1365	-0,2881	40	55,11
Puri Baja	20	-6,0958	106,6889	0,7074	-0,1879	20	57,68
Fuff Aire	10	-6,1469	106,8326	0,9616	-0,3105	10	58,20
Panca Warna	10	-6,1385	106,8849	0,8058	-0,1374	10	62,32
Aslun Sukses	25	-6,1530	106,8835	0,8613	-0,1573	25	62,32
Sinar Inti	25	-6,8582	107,4889	1,4666	-0,8625	25	123,60
Pandawa Cipta	20	-6,2384	106,9032	0,8809	-0,2426	20	61,80
Mahkota	10	-6,1805	106,9222	0,9000	-0,1848	10	65,92
Tata Logam	10	-6,1906	106,7724	0,7502	-0,1948	10	49,96
Metalindo	20	-6,1633	107,6810	0,6587	-0,1675	20	47,90
Prometama	10	-6,1528	106,6710	0,6487	-0,1571	10	48,93
BRS	40	-6,1321	106,8283	0,8061	-0,1364	40	58,20
Lysaght	20	-6,2195	106,8133	0,7911	-0,2237	20	54,08
Goldion	20	-6,3905	107,1965	1,1742	-0,3948	20	80,86
Cahaya	15	-6,3179	107,1829	1,1607	-0,3222	15	78,80
Byung	25	-6,2775	107,1308	1,1086	-0,2817	25	75,71
Asaba	8	-6,2739	107,1325	1,1103	-0,2782	8	76,22
Techno	10	-6,2743	107,1304	1,1082	-0,2786	10	76,22
Gammaplast	30	-6,2781	107,1355	1,1133	-0,2824	30	76,22
Showa	32	-6,2791	107,1320	1,1098	-0,2834	32	75,71
SK Metalindo	20	-6,2670	107,2086	1,1863	-0,2713	20	79,31
Super Steel	20	-6,1781	106,9373	0,9151	-0,1824	20	76,22
Sinar Arum	10	-6,3813	107,2890	1,2667	-0,3856	10	86,52
Pratama	30	-6,2352	106,6406	0,6184	-0,2394	30	43,26
Tradisi	30	-6,3587	107,2806	1,2583	-0,3629	30	84,46
Daiki	30	-6,3856	107,2679	1,2456	-0,3899	30	85,46
Indo Japan	15	-6,3896	107,3071	1,2849	-0,3939	15	89,61
Mitrametal	15	-6,3725	107,3222	1,3000	-0,3767	15	88,07

Algoritma Savings

Algoritma savings digunakan untuk menentukan rute pengiriman untuk mengoptimalkan biaya yang dikeluarkan. Kapasitas maksimal kendaraan yang digunakan sebesar 40 ton. Penentuan rute bulan Januari sesuai dengan data permintaan empat konsumen dengan rincian Gunung Garuda sebanyak 28 Ton, Cahaya Benteng sebanyak 17 Ton, Tata Logam sebesar 12 ton dan Toilon sebanyak 12 Ton. Langkah awal

adalah menentukan matriks jarak antara perusahaan dengan konsumen (Tabel 3).

Pembentukan kelompok rute dilakukan dengan cara memilih nilai penghematan terbesar dalam matrik penghematan yaitu 261,4 antara *customer 3* dan *customer 1* dan menggabungkan keduanya menjadi 1 rute, kemudian mencoret semua baris pada kolom 3 dan mencoret semua kolom pada baris 1. Rute yang terbentuk adalah $rute\ 1 = 3 - 1$. Untuk rute ini barang yang akan

dikirimkan adalah $12 + 28 = 40$ ton dan sudah mencukupi kapasitas dari kendaraan pengangkut (Tabel 4)

Tabel 3. Matriks Jarak Asal dan Tujuan

	Pabrik	1	2	3	4
Pabrik	0				
Cikarang	144	0			
Tangerang	108	77,3	0		
Bekasi	147	29,6	51,5	0	
Tangerang	70	77,3	48,5	54,2	0

Tabel 4. Iterasi 1

Dari	Ke	1	2	3	4
1	0				
2	174,7	0			
3	201,4	203,5	0		
4	136,7	129,5	162,8	0	

Langkah selanjutnya adalah dengan memilih nilai penghematan terbesar dalam matrik penghematan yaitu 129,5 antara konsumen 4 dan konsumen 2. Konsumen 4 dan konsumen 2 digabung ke dalam rute 2 karena rute 1 sudah mencukupi kapasitas angkut dari kendaraan, kemudian mencoret semua kolom pada baris 4 dan mencoret semua baris 3 pada kolom 2 Rute yang terbentuk adalah rute 2 = 4 – 2 (Tabel 5). Untuk rute ini barang yang akan dikirim adalah $12 + 17 = 29$ ton dan belum melampaui kapasitas maksimal.

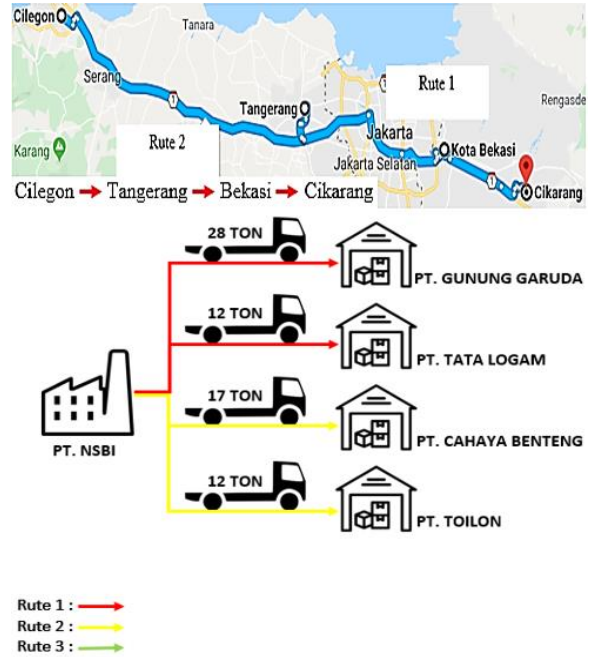
Tabel 5. Iterasi 2

Dari	Ke	1	2	3	4
1	0				
2	174,7	0			
3	201,4	203,5	0		
4	136,7	129,5	162,8	0	

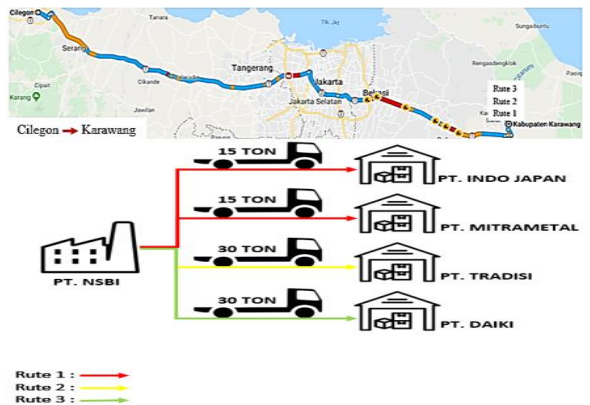
Berdasarkan iterasi 1 dan 2 diperoleh dua rute untuk pengiriman bulan Januari yaitu rute satu dengan jalur Pabrik - Gunung Garuda - Tata Logam – Pabrik dengan kapasitas sebesar 40 Ton dan rute dua dengan jalur Pabrik - Cahaya Benteng - Toilon – Pabrik dengan kapasitas sebesar 29 Ton (Gambar 2). Jika diasumsikan biaya transportasi adalah biaya bahan bakar solar kendaraan yaitu Rp. 5.150/1 liter dan 1 liter = 10 km. maka rute pertama menempuh jarak 323,6 km dengan biaya sebesar Rp. 166.654 dan rute dua menempuh jarak 226,5 km dengan biaya sebanyak Rp. 116.647.

Dengan langkah yang sama maka dapat diperoleh rute pada bulan Desember terbagi menjadi 3 rute yaitu rute pertama dengan menggabungkan konsumen Indo Japan dan

Mitrametal dengan kapasitas angkut 30 Ton. Rute 2 dan rute 3 masing-masing mengirim produk ke satu konsumen dengan jumlah 30 Ton (Gambar 3). Rute satu menempuh jarak sebesar 348,1 km dengan jumlah biaya sebanyak Rp. 179.271. Rute 2 menempuh jarak 328 km dengan biaya sebesar Rp. 168.920. Rute 3 melakukan perjalanan selama 332 km dengan biaya sebesar Rp. 170.980.



Gambar 2. Peta Rute Bulan Januari



Gambar 3. Peta Rute Bulan Desember

Analisa dengan menggunakan metode *algorithm clark and wright savings* menunjukkan biaya yang dikeluarkan lebih kecil dibandingkan dengan yang diterapkan perusahaan. Optimalisasi rute pada bulan Desember mampu menghemat biaya sebesar 17% dan 45% di bulan Januari (Tabel 6). Penghematan ini menunjukkan metode *algorithm clark and wright savings* mampu mengoptimalkan kapasitas kendaraan untuk mendapatkan rute terbaik (Kasmiruddin & Febrian, 2014; Kurniawan et al., 2013).

Tabel 6. Perbandingan Total Biaya Transportasi

Keterangan	Bulan Januari		Bulan Desember		
	Rute 1	Rute 2	Rute 1	Rute 2	Rute 3
Metode Algoritma Clarke and Wright Saving	Pabrik - Gunung Garuda - Tata Logam - Pabrik	Pabrik - Cahaya Benteng - Toilon - Pabrik	Pabrik - Indo Japan - Mitrametal - Pabrik	Pabrik - Tradisi - Pabrik	Pabrik - Daiki - Pabrik
Jarak Tempuh	323,6 km	226,5 km	348,1 km	328 km	332 km
Biaya BBM	166.654	116.647	179.271	168.920	170.980
Biaya Data	1.783.301			2.769.171	
Perusahaan	3.241.535			3.347.625	
Penghematan	45%			17%	

KESIMPULAN

Penetapan lokasi yang paling optimal dengan menggunakan *Gravity Location Models* dalam jaringan distribusi ke pelanggan, yaitu pada bulan Februari karena memiliki jumlah biaya terkecil dalam iterasi 1 dan iterasi 2. Dalam bulan Februari tersebut meliputi 4 perusahaan yaitu PT. Arpindo, PT. Koba Metal, PT. Arya Prima dan PT. Garuda Gemilang yang berkoordinat -6,12272 sampai dengan -6,304024 dan 106,505923 sampai dengan 107,116635. Metode Algoritma Savings dapat menghemat biaya pengiriman produk dengan cara menggabungkan muatan produk sehingga mampu menghemat biaya dan jarak. Dalam 1 rute dapat berisi 1 sampai dengan 3 pelanggan selama dalam pengiriman tidak melebihi batas maksimal 40 ton. Penelitian lanjutan dapat menerapkan metode heuristic lainnya untuk mendapatkan rute yang lebih ideal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ama, A. U. T., Sedyono, E., & Setiawan, A. (2015). Rekayasa Algoritma Gravity Location Models Untuk Penentuan Lokasi Lumbung Pangan Masyarakat Kabupaten Minahasa Tenggara. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 1(3), 194–202. <https://journal.maranatha.edu/index.php/jutisi/article/view/588>
- Clarke, G., & Wright, J. W. (1964). Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. *Operations Research*, 12(4), 568–581. <https://doi.org/10.1287/opre.12.4.568>
- Firdaus, A., & Suryana, H. (2017). Model Gravity dan Algoritma Savings Dalam Penentuan Lokasi dan Jaringan Distribusi. *Journal Industrial Servicess*, 3(1), 255–260. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jiss/article/view/2094>
- Fuadi, A. S., & Pujotomo, D. (2018). Penyelesaian Vehicle Routing Problem Menggunakan Metode Clarke and Wright Saving Heuristic (Studi Kasus: PT. Coca Cola Amatil Indonesia-Wilayah Banyuwangi). *IENACO (Industrial Engineering National Conference)* 6, 164–172. <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/xmlui/handle/11617/9774>
- Irman, A., Ekawati, R., & Febriana, N. (2017). Optimalisasi Rute Distribusi Air Minum Quelle Dengan Algoritma Clarke & Wright Saving Dan Model Vehicle Routing Problem. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*, 1–7. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/view/839>
- Irwanto, B., & Hasibuan, S. (2018). Determination of Pharmaceutical Industrial Distribution Center Location Using Center of Gravity Method: Case Study At PT JKT. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 10(3), 228–239. <https://doi.org/10.22441/oe.v10.3.2018.003>
- Kasmiruddin, K., & Febrian, D. (2014). Analisis Pelaksanaan Distribusi Penjualan Produk Percetakan Buku (Kasus Kantor Perwakilan PT. Penerbit Erlanga di Pekanbaru). *Jurnal Online Mahasiswa*, 1(2), 255–260. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFSIP/article/view/3103>
- Kurniawan, I. S., Susanty, S., & Adiarto, H. (2013). Usulan Rute Pendistribusian Air Mineral Dalam Kemasan Menggunakan Metode Nearest Neighbour dan Clarke & Wright Savings (Studi Kasus di PT. X Bandung). *Reka Integra*, 1(4), 125–136. <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekaintegra/article/view/316>
- Nurhayaty, M., & Orshella, D. D. (2020). Penentuan Lokasi Sentra IKM Galendo untuk Meningkatkan Perekonomian Masyarakat Kabupaten Ciamis. *Jurnal Media Teknik Dan Sistem Industri*, 4(1), 25–29. <https://doi.org/10.35194/jmtsi.v4i1.745>
- Octora, L., Imran, A., & Susanty, S. (2014). Pembentukan Rute Distribusi Menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings dan Algoritma Sequential Insertion. *Reka Integra*, 2(2), 1–11. <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekaintegra/article/view/404>
- Padmantlyo, S., & Saputra, A. (2017). Peranan manajemen rantai pasokan terhadap kualitas produk dan efisiensi distribusi. *Seminar Nasional Dan The 4th Call For Syariah Paper (SANCALL)*, 191–197. <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/handle/11617/9228?show=full>
- Prasetyo, A. A., Setiafindari, W., & Alfandiarto, A. (2018). Perancangan Tata Letak Bahan Baku Dengan Metode Gravity Location

- Model (Glm) Di Pt Pertani (Persero) Cabang DI Yogyakarta. *Jurnal Disprotek*, 9(1), 1–6. <https://ejournal.unisnu.ac.id/JDPT/article/view/652>
- Pujawan, I. N., & Mahendrawathi, E. R. (2010). *Supply chain management*. Surabaya: Guna Widya. <https://www.onesearch.id/Record/IOS7356.slims-3179>
- Purba, J. S., Mawadati, A., & Simanjutak, R. A. (2020). Penentuan Lokasi Fasilitas Gudang dengan Metode Gravity Location Models. *Journal of Industrial and Engineering System*, 1(2), 121–126. <https://doi.org/10.31599/jies.v1i2.354>
- Rosita, M., Pujawan, I. N., & Arvitrida, N. I. (2010). *Simulasi Sistem Logistik Perkotaan Untuk Memenuhi Pasokan Barang ke Retail Modern di Surabaya dengan Penambahan Pusat Distribusi* (pp. 1–11). Surabaya. <http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-3100011042326/15991>
- Soesilo, RahmanFirmansyah, Yahdi, & Sartono. (2020). Penentuan Lokasi External Warehouse Dengan Menggunakan Metode Center of Gravity (Studi Kasus di PT. RPZ Surabaya). *Jurnal Manajemen Industri Dan Logistik*, 4(1), 58–66. <https://doi.org/10.30988/jmil.v4i1.372>
- Supriyadi, S., Mawardi, K., & Nalhadi, A. (2017). Minimasi Biaya Dalam Penentuan Rute Distribusi Produk Minuman Menggunakan Metode Savings Matrix. *Seminar Nasional Institut Supply Chain Dan Logistik Indonesia (ISLI) Universitas Hasanuddin Makassar*, 1–7. <https://ejournal.lppmunsera.org/index.php/senasset/article/view/475>
- Suwarno, H. L. (2006). Sembilan Fungsi Saluran Distribusi: Kunci Pelaksanaan Kegiatan Distribusi Yang Efektif. *Jurnal Manajemen Maranatha*, 6(1), 79–87. <https://journal.maranatha.edu/index.php/jm/article/view/227>

Lampiran 1. Gravity Iterasi 1

X_i	Y_i	V_i	C_i	$V_i C_i X_i / J_i$	$V_i C_i Y_i / J_i$	$V_i C_i / J_i$	$C_i V_i J_i$	J_i
1,0944	-0,2884	28	74.160	2.007,947,2563	-529,071,8346	1.834,748,8040	2.350,059,6818	1,13175
0,8055	-0,1270	17	55.620	934.005,9091	-147,237,4051	1.159,513,9869	771,052,2699	0,81546
1,0937	-0,3083	12	75.705	874.386,1468	-246,471,9819	799,496,5093	1.032,274,1400	1,13629
0,4837	-0,1990	12	36.050	400,066,1734	-164,589,8442	827,117,8953	226,258,8696	0,52302
3,4773	-0,9226	69	241.535	4.216,405,4857	-1.087,371,0658	4.620,877,1954	4.379,644,9613	3,60653
0,7662	-0,1176	8	55.105	435,739,1047	-66,868,0657	568,668,8636	314,745,2898	0,77521
0,4932	-0,2978	10	42.230	361,516,2906	-218,273,3644	733,034,0985	243,286,4861	0,57610
0,7824	-0,1315	30	56.650	1.675,993,4221	-281,684,7513	2.142,219,6884	1.348,274,5330	0,79334
0,8250	-0,1631	32	55.105	1.729,860,6800	-342,082,6176	2.096,775,4088	1.482,962,1125	0,84099
2,8668	-0,7100	80	209.090	4.203,109,4974	-908,909,3899	5.540,698,0593	3.146,268,4214	2,98564
1,7228	-0,9436	20	140.595	2.466,232,0970	-1.350,733,4503	1.431,495,5672	5.523,441,2116	1,96431
1,1016	-0,3305	20	75.190	1.729,571,7618	-432,166,5455	1.307,499,6308	1.729,571,7618	1,15013
0,6928	-0,1066	15	53.560	794,062,4327	-122,132,7676	1.146,226,8900	563,109,7697	0,70091
0,5303	-0,2591	25	40.685	913,860,6031	-446,544,5820	1.723,198,8563	600,362,0893	0,59025
4,0475	-1,6398	80	310.030	5.903,726,8946	-2.351,577,3453	5.608,420,9438	8.416,484,8323	4,40561
0,5910	-0,1890	15	45.320	647,501,0841	-207,051,6507	1.095,609,9265	421,799,7928	0,62048
0,5984	-0,1995	15	44.290	630,230,2534	-210,168,3856	1.053,269,7147	419,038,8429	0,63075
0,9154	-0,4429	10	74.675	672,208,1031	-325,225,8117	734,371,1524	759,337,5103	1,01686
1,7225	-0,9466	40	140.595	4.928,668,2970	-2.708,386,0984	2.861,306,0236	11.053,388,2706	1,96547
3,8272	-1,7779	80	304.880	6.878,607,7376	-3.540,831,9464	5.744,556,8172	12.653,564,4165	4,23355
0,7835	-0,2293	30	76.735	2.209,354,2822	-646,674,4610	2.819,953,0834	1.879,263,2522	0,81634
0,6667	-0,1001	30	50.470	1.497,323,1039	-224,771,7349	2.245,875,7309	1.020,759,4207	0,67417
0,8104	-0,1512	10	67.465	663,210,1513	-123,713,0461	818,392,0683	556,154,7478	0,82436
0,8626	-0,1427	10	58.195	574,143,0988	-95,002,6557	665,564,3527	508,840,0560	0,87437
3,1232	-0,6233	80	252.865	4.944,030,6362	-1.090,161,8978	6.549,785,1739	3.965,017,4766	3,18924
1,1365	-0,2880	40	55.105	2.136,639,6300	-514,542,9172	1.880,063,5915	2.584,219,8433	1,17241
0,7074	-0,1879	20	57.680	1.114,934,8410	-296,164,2454	1.574,104,6326	844,355,7188	0,73193
0,9616	-0,3105	10	58.195	553,798,5199	-178,809,9602	575,940,5545	588,022,1489	1,01043
0,8058	-0,1374	10	62.315	614,288,6957	-104,715,4302	762,326,3801	509,382,7692	0,81743
3,6112	-0,9238	80	233.295	4.419,661,6866	-1.121,232,5530	4.794,435,1581	4.525,980,4802	3,73220
0,8613	-0,1573	25	62.315	1.535,536,1106	-279,834,9248	1.779,339,3792	1.363,975,0482	0,87554
1,4666	-0,8625	25	123.600	2.663,560,8955	-1.566,363,7548	1.816,124,4543	5.257,404,0163	1,70143
0,8809	-0,2426	20	61.800	1.191,629,4319	-328,200,0868	1.352,716,2997	1.129,354,3224	0,91372
0,9000	-0,1848	10	65.920	645,731,9168	-132,570,4779	717,508,6079	605,629,8632	0,91873
4,1088	-1,4471	80	313.635	6.036,467,3547	-2.306,969,2443	5.665,688,7410	8.356,363,2501	4,40941
0,7502	-0,1948	10	49.955	483,511,5460	-125,565,8689	644,529,0931	387,182,2160	0,77506
0,6587	-0,1675	20	47.895	928,354,4990	-236,072,7308	1.409,305,3001	651,081,3590	0,67970
0,6487	-0,1571	10	48.925	475,512,8910	-115,121,9052	732,975,7561	326,566,8209	0,66748
0,8061	-0,1364	40	58.195	2.295,189,9171	-388,273,2081	2.847,287,5065	1.903,092,9710	0,81755
2,8638	-0,6558	80	204.970	4.182,568,8530	-865,033,7130	5.634,097,6558	3.267,923,3668	2,93979
0,7911	-0,2237	20	54.075	1.037,168,1793	-293,346,4945	1.311,110,2422	892,100,6124	0,82487
1,1742	-0,3948	20	80.855	1.532,782,3829	-515,354,8068	1.305,359,9599	2.003,2880	1,23882
1,1607	-0,3222	15	78.795	1.138,857,9443	-316,147,5737	981,203,1312	1.423,707,9572	1,20457
1,1086	-0,2817	25	75.705	1.834,324,1080	-466,137,8093	1.654,649,0743	2.164,827,2411	1,14382
4,2345	-1,2225	80	289.430	5.543,132,6144	-1.590,986,6841	5.252,533,4076	6.480,924,1680	4,41208
1,1103	-0,2782	8	76.220	591,476,7961	-148,197,3592	532,727,5967	697,931,2878	1,14460
1,1082	-0,2786	10	76.220	739,195,9353	-185,844,5835	667,049,2252	870,923,4912	1,14855
1,1133	-0,2824	30	76.220	2.216,423,7481	-562,143,5124	1.990,854,0156	2.626,279,7367	1,48552
1,1098	-0,2834	32	75.705	2.347,252,3896	-599,335,6094	2.115,110,5467	2.774,699,8675	1,14536
4,4415	-1,1225	80	304.365	5.894,348,8691	-1.495,512,0643	5.305,741,4114	6.969,834,9729	4,58116
1,1863	-0,2713	20	79.310	1.546,291,8725	-353,570,1981	1.303,426,9380	1.930,319,5036	1,21695
0,9151	-0,1824	20	76.220	1.494,986,5846	-298,010,8582	1.633,750,8465	1.422,358,4018	0,93307
1,2667	-0,3855	10	86.520	827,710,1579	-251,866,9847	653,429,4226	1.145,603,5099	1,32409
0,6184	-0,2394	30	43.260	1.210,240,2838	-468,618,4965	1.957,111,0428	860,597,4843	0,66312
3,9865	-1,0787	80	285.310	5.079,228,8988	-1.372,066,5374	5.547,718,2498	5.358,878,8997	4,13722
1,2583	-0,3629	30	84.460	2.434,594,5349	-702,062,5974	1.934,797,6150	3.318,250,1313	1,30959
1,2456	-0,3899	30	85.460	2.446,745,8190	-765,836,3621	1.964,287,3760	3.346,287,5751	1,30521
1,2849	-0,3939	15	89.610	1.285,118,8689	-393,965,3734	1.000,191,3566	1.806,393,5573	1,34389
1,3000	-0,3767	15	88.065	1.268,774,6953	-367,676,1117	975,977,5318	1.787,925,3299	1,35349
5,0888	-1,5234	90	347.595	7.435,233,9180	-2.229,540,4446	5.875,253,8793	10.258,856,5935	5,31218

Lampiran 2. Gravity Iterasi 2

X_i	Y_i	V_i	C_i	$V_i C_i X_i / J_i$	$V_i C_i Y_i / J_i$	$V_i C_i / J_i$	$C_i V_i J_i$	J_i
1,0944	-0,2884	28	74.160	11.991.780,1382	-3.159.682,1106	10.957.345,6648	393.504,8982	0,1895
0,8055	-0,1270	17	55.620	5.003.090,9602	-788.691,0812	6.211.046,2998	143.944,4899	0,1522
1,0937	-0,3083	12	75.705	5.086.241,5577	-1.433.709,8564	4.650.613,9028	177.460,3501	0,1953
0,4837	-0,1990	12	36.050	486.252,5273	-196.026,2583	1.005.304,1064	186.155,3721	0,4303
3,4773	-0,9226	69	241.535	22.567.293,1831	-5.578.109,3065	22.824.309,9735	901.065,1104	0,9674
0,7662	-0,1176	8	55.105	7.174.530,6193	-1.100.995,9385	9.363.245,4143	20.755,6138	0,0471
0,4932	-0,2978	10	42.230	700.782,1389	-423.112,5377	1.420.951,7433	125.505,5218	0,2972
0,7824	-0,1315	30	56.650	32.986.415,8990	-5.544.037,4886	42.162.545,9013	68.503,9337	0,0403
0,8250	-0,1631	32	55.105	21.900.381,1069	-4.330.834,1432	26.545.594,7285	117.135,7629	0,0664
2,8668	-0,7100	80	209.090	62.762.109,7640	-11.398.980,1032	79.492.337,7874	331.900,8322	0,4510
1,7228	-0,9436	20	140.595	5.693.351,5186	-3.118.198,1411	3.304.639,2800	2.392.630,7655	0,8509
1,1016	-0,3305	20	75.190	16.341.463,1585	-183.866,3657	14.834.029,1194	152.447,7552	0,1014
0,6928	-0,1066	15	53.560	1.167.313,9112	-179.541,6490	1.685.014,3500	383.054,0434	0,4768
0,5303	-0,2591	25	40.685	987.336,2640	-482.447,3862	1.861.746,4362	555.684,3002	0,5463
4,0475	-1,6398	80	310.030	24.189.464,8521	-8.683.263,9872	21.685.429,1855	3.483.816,8641	1,9754
0,5910	-0,1890	15	45.320	548.119,5817	-175.272,3925	927.450,5778	498.277,8070	0,7330
0,5984	-0,1995	15	44.290	551.358,5972	-183.866,3657	921.455,7842	478.982,2041	0,7210
0,9154	-0,4429	10	74.675	322.629,0017	-156.693,4455	352.464,4090	1.582.104,5993	2,1187
1,7225	-0,9466	40	140.595	15.406.539,4506	-8.466.152,4691	8.944.165,3357	3.536.062,3661	0,6288
3,8272	-1,7779	80	304.880	16.828.646,6311	-8.981.325,2299	11.145.526,1065	6.095.426,9765	4,2014
0,7835	-0,2293	30	76.735	13.268.665,3310	-3.883.717,0988	16.935.723,7184	312.914,5403	0,1359
0,6667	-0,1001	30	50.470	9.290.526,1661	-1.394.654,0189	13.935.113,3961	164.512,3900	0,1087
0,8104	-0,1512	10	67.465	9.490.770,1749	-1.770.377,1360	11.711.477,0255	38.863,8104	0,0576
0,8626	-0,1427	10	58.195	4.548.155,7748	-752.576,9762	5.272.362,1701	64.234,1690	0,1104
3,1232	-0,6233	80	252.865	36.598.117,4465	-7.801.325,2299	47.854.676,3100	580.524,9097	0,4126
1,1365	-0,2880	40	55.105	487.952,3036	-2.868.038,4179	9.956.910,9614	487.952,3036	0,2214
0,7074	-0,1879	20	57.680	3.721.166,0249	-988.467,0272	5.260.349,5692	252.985,6510	0,2193
0,9616	-0,3105	10	58.195	6.484.720,8440	-2.093.780,7422	6.743.993,6810	50.217,3962	0,0863
0,8058	-0,1374	10	62.315	3.327.441,5563	-567.216,2035	4.129.323,0600	94.038,6395	0,1509
3,6112	-0,9238	80	233.295	14.021.280,7287	-6.517.502,3907	26.090.577,2716	885.193,9902	0,6779
0,8613	-0,1573	25	62.315	4.158.054,4596	-759.244,0068	4.827.677,4620	502.720,9325	0,3227
1,4666	-0,8625	25	123.600	7.468.146,5700	-4.391.787,9244	5.092.069,7207	1.875.092,1578	0,6068
0,8809	-0,2426	20	61.800	4.403.782,6467	-1.212.895,3919	4.999.037,7499	305.598,0123	0,2472
0,9000	-0,1848	10	65.920	2.139.993,9852	-439.330,5833	2.377.866,2093	182.745,6222	0,2772
4,1088	-1,4471	80	313.635	18.169.977,6613	-5.924.596,7398	17.296.651,1419	2.866.156,1419	1,4540
0,7502	-0,1948	10	49.955	1.075.508,9459	-279.304,9985	1.433.671,6698	174.063,7049	0,3484
0,6587	-0,1675	20	47.895	1.901.972,7415	-483.655,6504	2.887.324,0430	317.793,3603	0,3318
0,6487	-0,1571	10	48.925	978.412,7792	-236.874,2160	1.508.166,9925	158.712,9036	0,3244
0,8061	-0,1364	40	58.195	6.321.514,3895	-1.096.399,3790	7.842.126,1826	690.967,3109	0,2968
0,2864	-0,6558	80	204.970	10.277.408,8560	-2.069.234,2440	13.617.288,8879	1.341.537,2797	1,3014
0,7911	-0,2237	20	54.075	1.451.903,4263	-410.646,1939	1.835.380,4829	637.275,0832	0,5893
1,1742	-0,3948	20	80.855	2.682.875,0887	-902.041,0128	2.284.810,7843	1144.520,3375	0,7078
1,1607	-0,3222	15	78.795	2.164.033,5854	-600.736,8793	1.864.461,2707	749.249,5165	0,6339
1,1086	-0,2817	25	75.705	3.468.169,2340	-881.329,9689	3.128.456,4091	1.144.982,9954	0,6050
4,2345	-1,2225	80	289.430	9.766.981,3344	-2.794.754,0549	9.113.108,9113	3.676.027,9326	2,5358
1,1103	-0,2782	8	76.220	180.982.270,2530	-45.345.979,2419	163.005.971,6950	2.280,9426	0,0037
1,1082	-0,2786	10	76.220	197.099.092,3130	-49.553.571,6135	177.861.904,4510	3.266,2916	0,0043
1,1133	-0,2824	30	76.220	1.627.742,7245	-412.838,4806	1.462.084,1986	3.576.086,4970	1,5639
1,1098	-0,2834	32	75.705	1.412.411.035,0000	-360.537.923,9350	1.272.724.437,6700	4.611,2079	0,0019
4,4415	-1,1225	80	304.365	1.792.120.140,8900	-455.950.313,2700	1.588.054.398,0100	3.586.244,8671	1,5739
1,1863	-0,2713	20	79.310	6.922.498,3276	-1.582.876,5243	5.835.231,3421	431.179,2100	0,2718
0,9151	-0,1824	20	76.220	23.847.882,5571	-4.753.840,6159	26.061.436,7488	89.166,0495	0,0585
1,2667	-0,3855	10	86.520	2.904.071,1002	-883.899,1601	2.292.608,2333	326.516,6827	0,3774
0,6184	-0,2394	30	43.260	2.699.627,3849	-1.045.325,7451	4.355.381,9910	385.805,0015	0,2973
3,9865	-1,0787	80	285.310	36.374.079,3698	-8.265.942,0454	38.544.658,3151	1.232.666,9424	1,0050
1,2583	-0,3629	30	84.460	4.294.767,5536	-1.238.479,5992	3.413.096,4728	1.881.031,6354	0,7424
1,2456	-0,3899	30	85.460	4.149.475,4197	-1.298.794,1512	3.331.266,4184	1.973.114,6286	0,7696
1,2849	-0,3939	15	89.610	2.232.534,7037	-684.404,6800	1.737.552,8194	1.039.818,3021	0,7736
1,3000	-0,3767	15	88.065	2.268.548,6336	-657.398,9407	1.745.032,0412	999.967,2840	0,7570
5,0888	-1,5234	90	347.595	12.945.326,3106	-3.879.077,3712	10.226.947,7516	5.893.961,8688	3,0426