

PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI KERUPUK MENGGUNAKAN METODE SAVING MATRIX DAN NEAREST NEIGHBOR

Winda Nur Oktaviana*, Widya Setiafindari

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta

Email: viana.winda18@gmail.com; widyasetia@uty.ac.id

Artikel masuk : 18-06-2019

Artikel direvisi : 24-11-2019

Artikel diterima : 21-12-2019

*Penulis Korespondensi

Abstrak – Rute distribusi mempunyai pengaruh terhadap biaya yang harus dikeluarkan dan efisiensi produk sampai ke konsumen. UD Kerupuk Sala mempunyai permasalahan yang sama dalam menentukan distribusi produk kerupuk yang mencapai 4 kwintal per hari atau 48.000 krecek (kerupuk mentah buah). Penelitian ini bertujuan mencari rute yang efektif dalam distribusi kerupuk dengan menggunakan metode saving matrix dan nearest neighbor. Pengolahan data dalam pencarian solusi penentuan rute menggunakan Microsoft Excel. Optimasi rute distribusi kerupuk memperbaiki dua rute yang telah ada. Jalur distribusi UD kerupuk sala pada rute 1 menghasilkan jarak 66.06 km dengan biaya distribusi per bulan Rp.339.507. Pada rute awalan 2 mendapatkan jarak 59.82 km dengan biaya distribusi Rp.336.906. Perbaikan rute distribusi mampu menghasilkan penghematan sebesar 9% pada rute 1 dan 9,1% pada rute 2. Integrasi saving matrix dan nearest neighbor secara umum mampu membantu penghematan biaya distribusi suatu produk.

Kata kunci: Distribusi; Nearest Neighbor; Rute; Saving Matrix

Abstract -- The distribution route has an influence on costs to be incurred and product efficiency to consumers. UD Kerupuk Sala has the same problem in determining the distribution of cracker products, which reaches four quintals per day or 48,000 krecek (raw fruit crackers). This study aims to find a practical route in the distribution of crackers by using the nearest matrix and neighbor method. Data processing in the search for a route determination solution using Microsoft Excel. The route cracker distribution estimator improves the two existing routes. The UD crackers distribution line on route 1 produces a distance of 66.06 km, with a monthly distribution cost of Rp.339.507. On the prefix two routes, you get a distance of 59.82 km with a distribution fee of Rp.336,906. Improvement of distribution routes can produce savings of 9% on route 1 and 9.1% on route 2. The integration of saving matrix and nearest neighbor, in general, is able to help reduce the cost of distribution of a product.

Keywords: Distribution; Nearest Neighbor; Route; Saving Matrix

PENDAHULUAN

UD Kerupuk Sala, usaha kecil yang memproduksi 4 kuintal kerupuk per hari atau 48.000 buah krecek (kerupuk mentah). Pemasaran dilakukan di sekitar daerah Yogyakarta seperti Sleman, Bantul, dan Gunung Kidul. UD Kerupuk Sala memiliki masalah pada proses distribusi. Rute yang dilalui oleh agen untuk memasarkan kerupuk tergolong jauh dan tidak konsisten, sehingga membuat biaya distribusi tinggi, jalur distribusi yang dilalui kurang efektif, serta

memakan waktu yang cukup lama untuk memasarkan produk ke konsumen.

Salah satu langkah penting dalam menciptakan keunggulan kompetitif adalah kemampuan mengelola jaringan distribusi produk (Pujawan & Mahendrawathi, 2010) yang terdiri dari waktu pengiriman, jarak tempuh, dan kapasitas kendaraan (Hendrawan & Widyanada, 2018). Dalam kondisi ini, optimalisasi pengaturan jalur distribusi mempunyai peranan penting dalam rangka meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi

biaya (Xing, Shu-Zhi, Xing, Hao, & Yan, 2016). Optimalisasi jalur distribusi dapat dilakukan dengan cara meminimalkan jarak tempuh berdasarkan kapasitas kendaraan (Hudori & Madusari, 2017).

Permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP) pertama kali diperkenalkan oleh Dantzig & Ramser (1959) dengan konsep pemenuhan permintaan pelanggan sesuai dengan lokasi yang harus dipasok dari depo yang mempunyai keterbatasan kapasitas kendaraan. Keterbatasan tersebut tidak boleh menjadi hambatan untuk mengirimkan produk tepat waktu ke pelanggan. Keterbatasan daya angkut membuat model VRP berkembang ke dalam banyak metode.

Saving matrix merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengoptimalkan pengiriman dengan batasan kapasitas kendaraan dalam upaya mendapatkan jalur yang efisien dan biaya transportasi yang optimum. Metode *saving matrix* menyelesaikan permasalahan transportasi untuk meminimumkan biaya dalam rute distribusi produk (Supriyadi, Mawardi, & Nalhadi, 2017) dengan cara menggabungkan beberapa jalur pengiriman sesuai dengan kapasitas kendaraan (Indrawati, Eliyati, & Lukowi, 2016; Marfiah & Oktaviani, 2015). Metode *saving matrix* mempunyai keunggulan dalam kemudahan menyelesaikan permasalahan jalur distribusi yang kompleks untuk mendapatkan rute yang optimal (Sianipar, Fu'ani, Sutopo, & Hisjam, 2017).

Metode *nearest neighbor* merupakan metode sederhana dengan konsep tetangga terdekat (*nearest neighbor*) (Amri, Rahman, & Yuniarti, 2014). Penentuan rute dimulai dengan rute yang paling dekat dengan pusat distribusi dan rute selanjutnya sesuai dengan rute terdekat dari customer yang terakhir dikunjungi (Bräysy & Gendreau, 2005). Penentuan jumlah pengiriman produk ke pelanggan yang masuk dalam rute tidak melanggar batasan kapasitas kendaraan yang ada. Proses penentuan jalur kendaraan selanjutnya juga sama, sampai semua pelanggan dikunjungi atau kapasitas kendaraan sudah terpenuhi (Shenoy, 2012).

Berdasarkan permasalahan tersebut, untuk meminimalkan jarak distribusi maka penelitian ini berfokus pada optimasi *vehicle routing problem* dengan metode *saving matrix* dan *nearest neighbor*. Metode ini digunakan untuk menentukan jalur distribusi sehingga dapat meminimalkan jarak, serta untuk menghitung biaya distribusi dengan tetap memaksimalkan kendaraan yang digunakan. Perubahan jalur distribusi diharapkan mampu mengoptimalkan biaya distribusi menjadi lebih efisien dengan cara mengoptimalkan kapasitas kendaraan dan meminimalkan jarak tempuh.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan integrasi metode *saving matrix* dan *nearest neighbor* dalam menentukan jalur distribusi. Penelitian berfokus pada penentuan jalur distribusi daerah Wonosari yang mempunyai rute terjauh dari lokasi UD Kerupuk Sala.

Pengolahan data dengan *saving matrix*, menggabungkan beberapa rute pengiriman ke dalam satu perjalanan sesuai dengan jumlah pengiriman dan kapasitas kendaraan (Kusdarwanto, 2010). Secara umum langkah-langkah optimalisasi jalur pengiriman dengan metode *saving matrix* adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi matriks jarak.

Identifikasi matriks jarak dilakukan dengan cara menentukan koordinat tiap-tiap lokasi pengiriman dengan pusat distribusi. Koordinat tersebut diperlukan untuk menentukan jarak antar daerah pengiriman dan jarak terhadap pusat distribusi. Pengukuran jarak juga bisa menggunakan aplikasi *google map*, *google earth* ataupun perhitungan manual berdasarkan data yang diperoleh (Rand, 2009).

2. Mengidentifikasi Matriks Penghematan (*Saving Matrix*),

Identifikasi matriks penghematan dilakukan dengan menggabungkan jarak tiap daerah pengiriman sehingga mendapatkan biaya penghematan terbesar. Biaya penghematan tersebut digunakan sebagai dasar penggabungan rute pengiriman yang akan dilakukan dengan cara memberikan alokasi terlebih dahulu pada penggabungan yang mempunyai penghematan terbesar. Alokasi penggabungan tersebut akan menghasilkan rute pengiriman dengan biaya yang minimum.

3. Mengalokasikan daerah pengiriman pada kendaraan,

Alokasi daerah pengiriman diperoleh dari penggabungan daerah yang mempunyai penghematan paling besar terlebih dahulu sesuai dengan kapasitas kendaraan. Langkah selanjutnya adalah mencari rute terpendek dari rute-rute yang terpilih melalui penggabungan beberapa rute yang tidak melewati batasan kapasitas kendaraan.

4. Mengurutkan daerah pengiriman dalam rute yang sudah terdefinisi.

Tahap terakhir adalah mengurutkan gabungan rute-rute yang terpilih ke dalam rute yang terpendek. Batasan pada pengurutan rute ini adalah pengiriman hanya untuk sekali pengiriman dan kapasitas kendaraan.

Proses pengurutan rute pengiriman menggunakan metode *nearest neighbor*. *Nearest Neighbor* merupakan algoritma pemecahan masalah distribusi dengan konsep mendahulukan

jarak terdekat dari titik awal ataupun titik terakhir yang dikunjungi dengan mengikuti batasan yang telah ditetapkan. (Cahyaningsih, Sari, & Hernawati, 2015). Metode ini mempunyai konsep yang sederhana dan mudah diimplementasikan, tetapi tidak menjamin keakuratan rute yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

UD Kerupuk Sala menggunakan kendaraan roda dua dalam proses pengiriman produk-produknya. Kendaraan tersebut mempunyai kapasitas pembawaan barang terbatas dan rata-rata kecepatan dalam pengiriman. Kendaraan hanya mampu mengangkut 12 kg atau 1440 kerupuk sekali perjalanan. Pengiriman kerupuk dilakukan setiap 3 hari ke setiap warung.

Di daerah Wonosari, UD Kerupuk Sala mempunyai 20 pelanggan tetap dengan kisaran permintaan sekitar 2705 buah (Tabel 1).

Kecepatan rata-rata kendaraan adalah 50 km/jam dengan kebutuhan bahan bakar 15 km/liter. Selama ini rute daerah Wonosari terbagi kedalam dua rute dengan jarak antar pelanggan seperti pada Tabel 1.

Setelah matrix jarak diketahui (tabel 1) maka langkah selanjutnya adalah melakukan penghematan biaya dengan menggabungkan beberapa rute menjadi satu rangkaian. Jika pengiriman dilakukan sendiri-sendiri maka: $X \rightarrow T1 \rightarrow X$ dimana jarak yang ditempuh = $27.43 + 27.43 = 54.86$ dan $X \rightarrow T2 \rightarrow X$ dengan jarak yang ditempuh $27.59 + 27.59 = 54.98$ sehingga total jarak yang ditempuh $54.86 + 54.98 = 109.84$ Pengiriman jika dilakukan bersamaan antara konsumen 1 dan 2 maka $X \rightarrow T1 \rightarrow T2 \rightarrow X$ dimana jarak yang ditempuh = $27.43 + 0.19 + 27.59 = 55.21$, Sehingga diperoleh jarak penghematan $54.98 - 44.78 = 9.80$ (Tabel 2).

Tabel 1. Matrik Jarak dan Jumlah Pesanan

	0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	
0	0.00																					
T1	27.43	0.00																				
T2	27.59	0.19	0.00																			
T3	26.48	0.98	1.14	0.00																		
T4	28.64	1.33	1.14	2.16	0.00																	
T5	26.91	0.51	0.69	0.49	1.79	0.00																
T6	26.71	0.72	0.89	0.29	1.97	0.21	0.00															
T7	26.46	0.98	1.14	0.10	2.20	0.47	0.06	0.00														
T8	25.77	1.73	1.89	0.75	2.87	1.23	1.02	0.76	0.00													
T9	26.96	0.46	0.64	0.53	1.74	0.05	0.25	0.52	1.28	0.00												
T10	26.58	0.89	0.89	0.09	2.07	0.41	0.22	0.14	0.84	0.45	0.00											
T11	29.85	2.45	2.28	3.42	1.48	2.96	3.16	3.42	4.17	3.31	3.33	0.00										
T12	30.26	2.85	2.68	3.81	1.78	3.36	3.56	1.53	4.55	3.31	3.72	0.43	0.00									
T13	30.18	2.76	2.59	3.72	1.68	3.27	3.48	3.73	4.46	3.23	3.63	0.39	0.11	0.00								
T14	31.73	4.46	4.31	5.45	3.54	4.97	5.18	5.44	6.19	4.92	5.35	2.07	1.77	1.88	0.00							
T15	32.79	5.72	5.58	6.70	4.89	6.22	6.42	6.69	7.45	6.17	6.61	3.41	3.14	3.25	1.37	0.00						
T16	30.91	3.53	3.37	4.50	2.51	4.04	4.25	4.51	5.25	3.99	4.41	1.08	0.73	0.84	1.05	2.43	0.00					
T17	31.38	4.06	3.90	5.04	3.10	4.57	4.78	5.04	5.79	4.52	4.95	1.64	1.33	1.44	0.44	1.82	0.61	0.00				
T18	30.06	2.64	2.46	3.59	1.52	3.15	3.35	3.60	4.33	3.10	3.50	0.38	0.28	0.17	2.05	3.42	1.00	1.61	0.00			
T19	30.04	2.62	2.44	3.57	1.51	3.13	3.33	3.58	4.31	3.08	3.48	0.36	0.29	0.17	2.06	3.42	1.01	1.61	0.03	0.00		
T20	30.03	2.61	2.44	3.56	1.50	3.12	2.97	3.58	4.30	3.08	3.47	0.37	0.30	0.19	2.07	3.44	1.02	1.63	0.03	0.02	0.00	
Pesanan (buah)	70	80	90	210	90	80	210	80	180	120	180	70	120	210	140	90	120	140	95	300		

Tabel 2. Matrix Penghematan Jarak (Km)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	
T1	0.00																				
T2	54.83	0.00																			
T3	52.93	52.94	0.00																		
T4	54.74	55.09	52.96	0.00																	
T5	53.83	53.81	52.90	53.76	0.00																
T6	53.42	53.41	52.90	53.39	53.42	0.00															
T7	52.92	52.91	52.85	52.91	52.91	53.12	0.00														
T8	51.47	51.47	52.25	51.54	51.45	51.46	51.72	0.00													
T9	53.92	53.91	53.88	53.86	53.82	53.42	52.91	51.45	0.00												
T10	53.11	53.27	52.97	53.14	53.49	53.07	52.90	51.50	53.08	0.00											
T11	54.83	54.83	52.91	57.00	53.79	53.39	52.89	51.45	53.49	53.09	0.00										
T12	54.84	55.17	52.94	51.48	53.81	53.41	55.19	51.48	53.91	53.12	59.67	0.00									
T13	54.85	54.86	52.94	57.14	53.81	53.42	52.91	51.49	53.91	53.13	58.25	60.33	0.00								
T14	54.70	55.01	52.77	56.83	53.67	53.27	52.76	51.31	53.77	53.01	59.51	60.22	60.03	0.00							
T15	54.50	54.48	52.57	53.96	53.48	53.08	52.57	51.11	53.58	52.75	59.91	59.72	63.15	0.00							
T16	54.81	58.18	52.89	57.04	53.78	53.38	52.87	51.43	53.88	53.08	59.67	60.44	60.25	61.59	61.27	0.00					
T17	58.81	54.75	52.83	52.61	53.72	53.32	52.81	52.20	53.82	53.05	59.59	60.31	60.12	62.67	62.36	61.69	0.00				
T18	57.49	54.87	52.95	57.17	53.82	53.42	53.17	51.50	53.92	53.15	59.11	60.04	60.07	59.74	59.43	50.88	59.84	0.00			
T19	54.85	55.19	52.95	57.17	53.82	53.42	52.92	51.50	53.91	53.15	59.52	60.01	60.04	59.71	59.40	59.94	59.81	60.07	0.00		
T20	57.46	54.87	52.95	57.17	53.82	53.78	52.92	51.50	53.41	53.14	59.51	59.99	60.02	59.70	59.38	59.92	59.79	60.07	60.05	0.00	

Langkah berikutnya adalah mengalokasikan rute dengan batasan berupa kapasitas kendaraan. Langkah awal adalah dengan mencari penghematan terbesar dengan kapasitas maksimal 1440 kerupuk. Penghematan tertinggi sebesar $63,15 = T(15,14)$ dengan menggabungkan rute untuk toko 15 dan toko 14 dalam satu rute. Penghematan tertinggi berikutnya sebesar $62,67 = T(14,17)$ dengan menggabungkan rute untuk toko 14 dan toko 17. Penggabungan rute selanjutnya adalah $61,69 = T(17,16)$ dengan cara menambahkan toko 16 ke rute yang sudah layak tadi. Penghematan berikutnya sebesar $60,44 = T(16,12)$, $60,33 = T(12,13)$, $60,07 = T(13,18)$, $60,07 = T(18, 19)$, $60,07 = T(19,20)$, dan $59,21 = T(20,11)$. Dalam sehari hanya dapat menjual 1440 buah kerupuk. Penggabungan rute selanjutnya menunjukkan sudah lebih dari kapasitas penjualan yaitu $1445 > 1440$, sehingga toko 11 tidak termasuk dalam rute 1. Dapat disimpulkan bahwa pada rute 1 terdapat toko {14, 15, 17, 16, 12, 13,18, 19, 20}. Berdasarkan langkah yang sama untuk pencarian rute 1 maka diperoleh rute kedua melayani 11 pelanggan yaitu T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11} dengan kapasitas pengiriman sebanyak 1390 buah.

Pengurutan lokasi menggunakan metode nearest neighbor dengan rute pertama adalah rute terdekat dengan pusat distribusi. Pada metode nearest neighbor mendapatkan 2 rute distribusi dengan mencari jarak terpendek dari UD kerupuk sala yang ada di wilayah Wonosari. Rute pertama dengan jarak 66.57 dapat mendistribusikan kerupuk sebanyak 1265 buah kerupuk, dapat dikatakan layak karena jumlah yang dapat didistribusikan kurang dari kapasitas angkut yaitu >1440 buah kerupuk. Rute yang dilalui yaitu 0 - T20 - T19 - T18 - T13 - T12 - T16 - T17 - T14 - T15 - X - 0. Rute 1 yang dilalui yaitu UD kerupuk sala - Ikan bakar tambakromo - Bakso muncul - Bakso

mbah tris - Nasi Timbel - gado-gado bu rahno - Pecel lele - Bakso wonogiri - Sate kambing pak toyo - Bakso mie ayam - UD kerupuk sala. Rute kedua dengan jarak 59.82 dapat mendistribusikan kerupuk sebanyak 1390 buah kerupuk, dapat dikatakan layak karena jumlah yang didistribusikan kurang dari kapasitas angkut yaitu >1440 buah kerupuk. Rute yang dilalui yaitu 0 - T11 - T4 - T2 - T1 - T9 - T3 - T8 - T7- T6 - T5 - T10 - X - 0. Rute 2 yang dilalui yaitu UD kerupuk sala - Warung makan bu neni - Ayam goreng kondang rasa - Soto pak lenthok - RM watoe abang - Soto sapi mbak vita - Mie jawa - RM bu hari - Warung makan (KH Agus Salim) - Sate kambing (KH Agus Salim) - Soto kwali (Karangmojo - Wonosari) - UD kerupuk sala.

Perbaikan rute ini sesuai dengan rute awal yaitu 2 rute. Hal yang membedakan dengan rute sebelumnya adalah rute yang dilewati. Rute baru mampu mengurangi biaya bahan bakar (Tabel 3 yang diperoleh dari pengurangan jarak tempuh yang dilakukan. Pengurangan jarak tempuh menghasilkan penghematan jalur 1 sebesar 9% dan pada rute 2 hasil penghematan sebesar 9.1% (Tabel 4). Penggunaan metode *saving matrix* dan *nearest neighbor* secara umum mampu memberikan rute yang efektif dalam pengiriman suatu produk dengan pengurangan waktu tempuh dalam suatu rute distribusi. Hasil ini menunjukkan integrasi kedua metode tersebut dapat menghemat biaya pengiriman produk menjadi lebih efisien dibandingkan dengan rute awal yang dimiliki oleh suatu usaha/perusahaan (Adriantantri, Irawan, & Indriani, 2015; Fitri, 2018). Penghematan waktu dan biaya pengiriman memberikan solusi yang ideal bagi perusahaan untuk melakukan pengiriman yang efektif dan efisien dalam rangka mendapatkan biaya distribusi pengiriman yang ideal.

Tabel 3. Rute Pengiriman Usulan

Rute	Rute yang sama dalam 1 bulan	Jumlah kerupuk yang dijual satu kali	Jumlah kerupuk yang dijual dalam satu bulan	Jarak tiap rute	Jarak tiap rute dalam satu bulan	Biaya bahan bakar
Rute (1) 0-20-19-18-13-12-16-17-14-15-X-0	10 kali	1265	12.650	66.57	665.7	Rp.339.507
Rute (2) 0-11-4-2-1-9-3-8-7-6-5-10-X-0	10 kali	1390	13.900	59.82	598.2	Rp.305.082

Tabel 4. Penghematan

Rute	Kondisi	Biaya	Penghematan	
			Rupiah	Persentase
1	Sebelum	Rp 357.306	Rp.17.799	9%
	Sesudah	Rp.339.507		
2	Sebelum	Rp.336.906	Rp.31.824.	9.1%
	Sesudah	Rp305.082		

KESIMPULAN

Penelitian ini mampu memperbaiki rute pengiriman kerupuk UD Kerupuk Sala menjadi lebih cepat sehingga mampu mengurangi biaya bahan bakar kendaraan untuk area pengiriman daerah Wonosari. Rute pengiriman tetap terbagi menjadi dua rute dengan kapasitas pengiriman sebanyak 1265 buah dengan jarak tempuh 70, 06 KM pada rute pertama dengan 9 pelanggan. Rute 2 melayani 11 pelanggan dengan menempuh jarak 66,06 KM dan kapasitas pengiriman 1390 buah kerupuk. Pengurangan waktu tempuh berdampak pada penghematan biaya bahan bakar kendaraan sebesar 9% dan 9.1% pada rute kedua. Integrasi metode ini mampu memberikan solusi yang efektif dalam merencanakan rute pengiriman produksi. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan algoritma lainnya seperti *heterogeneous fleet vehicle routing problem with time windows* atau *hybrid discrete particle swarm optimization algorithm* untuk mendapatkan hasil yang lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriantantri, E., Irawan, J. D., & Indriani, S. (2015). Implementasi Metode Saving Matriks Pada Program Komputer Untuk Penentuan Pendistribusian Produk. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 5(1), 10–14.
- Amri, M., Rahman, A., & Yuniarti, R. (2014). Penyelesaian Vehicle Routing Problem dengan Menggunakan Metode Nearest Neighbor (Studi Kasus: MTP Nganjuk Distributor PT. Coca Cola). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Sistem Industri*, 2(1), p36-45.
- Bräysy, O., & Gendreau, M. (2005). Vehicle routing problem with time windows, Part I: Route construction and local search algorithms. *Transportation Science*, 39(1), 104–118.
- Cahyaningsih, W. K., Sari, E. R., & Hernawati, K. (2015). Penyelesaian Capacitated vehicle Routing Problem (Cvrp) Menggunakan Algoritma Sweep Untuk Optimasi Rute Distribusi Surat Kabar Kedaulatan Rakyat. In *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika UNY* (pp. 1–8).
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 6(1), 80–91. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.1.80>
- Fitri, S. R. F. (2018). Optimasi Jalur Distribusi Produk Dengan Menggunakan Metode Saving Matrix untuk Penghematan Biaya Operasional. *Jurnal Valtech*, 1(1), 103–109.
- Hendrawan, E., & Widyadana, I. G. A. (2018). Optimasi Rute Pengiriman dengan Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v2i1.518>
- Hudori, M., & Madusari, S. (2017). Penentuan Rute Angkutan Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit Yang Optimal dengan Metode Saving Matrix. *Jurnal Citra Widya Edukasi*, 9(1), 25–39.
- Indrawati, I., Eliyati, N., & Lukowi, A. (2016). Penentuan Rute Optimal pada Pengangkutan Sampah di Kota Palembang dengan Menggunakan Metode Saving Matrix. *Jurnal Penelitian Sains*, 18(3), 105–110.
- Kusdarwanto, H. (2010). Optimasi rute penerbangan untuk penjadwalan kalibrasi terhadap alat bantu navigasi udara dengan metode algoritma saving-ants. Depok: Program Pascasarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Marfuah, U., & Oktaviani, A. (2015). Analisis Perencanaan Sistem Transportasi dan Penyediaan Komponen Lokal dengan Metode Saving Matrix untuk Wilayah Cikarang di PT. XYZ. *Prosiding Semnastek*.
- Pujawan, I. N., & Mahendrawathi, E. R. (2010). *Supply chain management*. Surabaya: Guna Widya.
- Rand, G. (2009). The life and times of the Savings Method for Vehicle Routing Problems. *ORiON*, 25(2), 126–136. <https://doi.org/10.5784/25-2-78>
- Shenoy, U. V. (2012). Enhanced nearest neighbors algorithm for design of water networks. *Chemical Engineering Science*, 84, 197–206. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2012.08.014>

- Sianipar, M., Fu'ani, D., Sutopo, W., & Hisjam, M. (2017). Penentuan rute kendaraan menggunakan metode clark and wright saving heuristic. *PERFORMA Media Ilmiah Teknik Industri*, 16(2), 143–151.
- Supriyadi, S., Mawardi, K., & Nalhadi, A. (2017). Minimasi Biaya Dalam Penentuan Rute Distribusi Produk Minuman Menggunakan Metode Savings Matrix. In *Seminar Nasional Institut Supply Chain dan Logistik Indonesia (ISLI) Universitas Hasanuddin Makassar* (pp. 1–8).
- Xing, W., Shu-Zhi, Z., Xing, W., Hao, C., & Yan, L. (2016). An improved savings method for vehicle routing problem. In *2016 2nd International Conference on Control Science and Systems Engineering (ICCSSE)* (pp. 1–4). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/CCSSE.2016.7784340>