

Penentuan Lokasi Fasilitas Intermoda Menggunakan Metode *Center of Gravity* pada Jalur Rel Makassar-Garongkong

Determining Intermodal Facilities Locations Using Center of Gravity Method on Makassar-Garongkong Railway

Hafidzul Azmi*, Siti Malkhamah, Imam Muthohar

Magister Sistem dan Teknik Transportasi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.

*Corresponding author email: hafidzul.azmi@mail.ugm.ac.id



Kata Kunci:

Center of Gravity;
optimasi lokasi;
intermoda; distribusi;
generalized cost

Abstrak

Pembangunan jalur kereta api Makassar-Parepare yang mulai dilakukan pada tahun 2019 merupakan tahap pertama pembangunan jalur kereta api Trans-Sulawesi. Dengan adanya rute ini diharapkan transportasi barang dapat menjadi lebih lancar, efektif, dan efisien. Akan tetapi layanan kereta api tidak *end-to-end* sehingga harus dilakukan *handling* berkali-kali yang menyebabkan *generalized cost* meningkat. Untuk menekan biaya tersebut, lokasi fasilitas intermoda harus optimal. Penentuan lokasi tersebut dilakukan menggunakan metode *Center of Gravity* dalam beberapa skenario dan kemudian hasilnya dibandingkan untuk menemukan *generalized cost* terkecil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi fasilitas intermoda paling optimal terletak pada Stasiun Ma'rang, Pangkajene, Mandalle, dan Tallo. Dengan intermoda pada lokasi-lokasi tersebut, distribusi komoditas beras, rumput laut, dan semen di dalam wilayah sepanjang Makassar-Garongkong yang semula memiliki *generalized cost* Rp160.341.668.857/tahun dapat dioptimalkan menjadi Rp76.243.586.749/tahun.

Keywords:

Center of Gravity,
location optimization,
intermoda, distribution,
generalized cost

Abstract

The construction of Makassar-Parepare railway, which began in 2019, is the first stage of Trans-Sulawesi Railway construction. It was hoped that this route will make goods transportation more seamless. However, train service is not end-to-end so it must be handled many times, which causes the generalized costs to increase. Therefore, the locations of the intermodal facilities must be optimal. The Center of Gravity method was used to determine those locations. The results showed that the most optimal intermodal facilities are at Ma'rang, Pangkajene, Mandalle, and Tallo Stations. With intermodal at those stations, the distributions of rice, seaweeds, and cement along Makassar-Garongkong which have a generalized cost of Rp160,341,668,857/year, can be optimized up to Rp76,243,586,749/year.

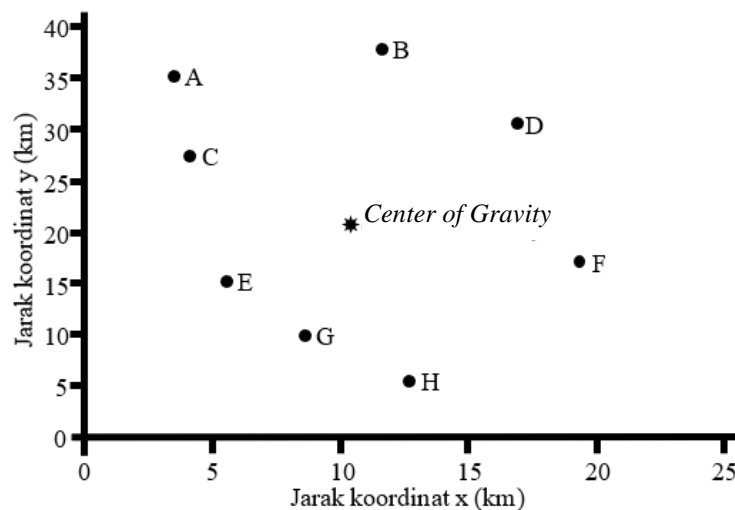
PENDAHULUAN

Indonesia sedang mengembangkan jaringan rel kereta api di luar Pulau Jawa, salah satunya yaitu jalur kereta api Trans Sulawesi. Jalur kereta api Trans-Sulawesi dibangun secara bertahap dengan tahap pertama yaitu rute Makassar-Parepare yang konstruksinya mulai dikerjakan pada tahun 2019. Jalur KA Makassar-Parepare memiliki panjang 142 km yang melewati Kota Makassar, Kabupaten Maros, Kabupaten Pengkep, Kabupaten Barru, dan Kota Parepare. Terdapat 18 stasiun yang ada di rute Makassar-Parepare, 3 diantaranya terintegrasi langsung dengan Makassar *New Port*, Pabrik Semen Tonasa, dan Pelabuhan Garongkong. Dengan adanya rute ini diharapkan transportasi barang dapat menjadi lebih lancar, efektif, dan efisien. Provinsi Sulawesi Selatan memiliki beberapa macam komoditas unggulan yang berpotensi untuk diangkut menggunakan kereta api. Salah satu komoditas unggulannya adalah semen yang turut menyuplai ketersediaan semen nasional. Selain semen, komoditas unggulan lainnya adalah beras yang produksinya mencapai 5-6 juta ton per tahun. Provinsi Sulawesi Selatan banyak menyuplai beras ke wilayah-wilayah Indonesia timur lainnya. Selain itu, komoditas yang berpotensi menjadi komoditas unggulan adalah rumput laut. Sulawesi Selatan memproduksi lebih dari sepertiga

produksi rumput laut nasional serta memproduksi rumput laut jenis karagenan lebih dari 20 persen dari suplai global. Jumlah produksi rumput laut di Sulawesi Selatan juga terus meningkat setiap tahunnya.

Salah satu kelemahan moda kereta api adalah layanannya tidak *end-to-end* sehingga *handling* barang (meliputi kegiatan bongkar dan muat) harus dilakukan berkali-kali. Hal tersebut menyebabkan biaya *handling* berkali lipat. Dengan begitu *generalized cost* penggunaan intermoda dapat menjadi lebih mahal dibandingkan transportasi unimoda truk. Upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalkan *generalized cost* adalah dengan menentukan lokasi fasilitas intermoda menggunakan teori optimasi. Lokasi fasilitas intermoda yang tepat dapat meminimalkan biaya perjalanan moda kereta api dan moda truk sehingga *generalized cost* lebih rendah. Salah satu metode teori optimasi lokasi adalah *Center of Gravity* (CoG).

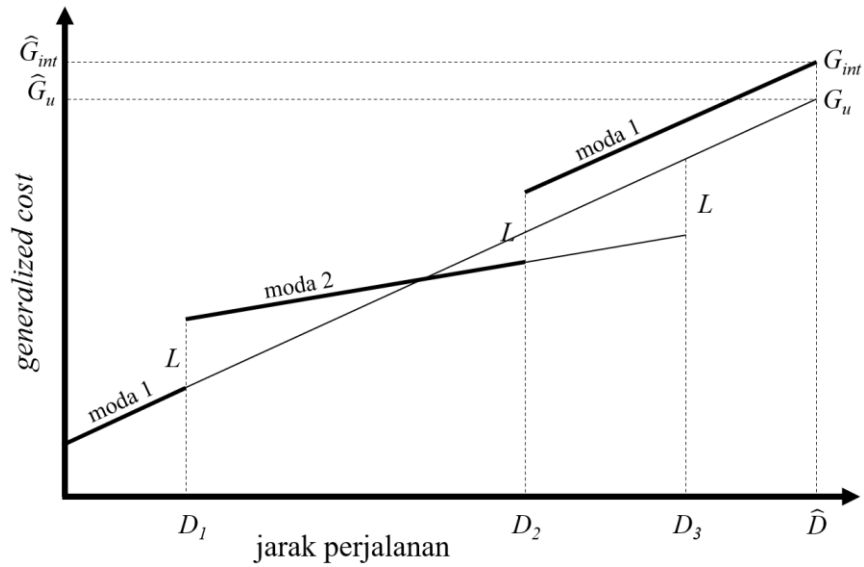
Center of Gravity merupakan metode yang digunakan untuk menentukan lokasi pusat distribusi (*distribution center*) berdasarkan persebaran asal/tujuan dan volume barang (Gambar 1). Metode ini termasuk dalam salah satu *load-distance method* yang dapat meminimalkan jarak perjalanan dengan output koordinat x dan y lokasi optimal *distribution center* (Krajewski et al., 2007)



Gambar 1. Konsep *Center of Gravity*. Modifikasi dari *Expertsmind* (n.d.)

Penelitian optimasi lokasi yang menggunakan metode CoG telah banyak dilakukan. Metode ini sering digunakan untuk menentukan lokasi optimal dari gudang sebuah perusahaan, seperti yang telah dilakukan oleh Rully & Aldenia (2018); Riady & Aspiranti (2019); Firdaus & Putra (2020); Iqbal, Hasan, & Gusmono (2020); Soesilo & Firmansyah (2020); dan Mulyani & Rully (2021)). Anshori, Fudhla, & Hidayat (2017) juga menggunakan CoG untuk menentukan lokasi *crossdock*, yaitu gudang yang digunakan untuk mengumpulkan berbagai jenis barang yang kemudian didistribusikan secara bersama ke lokasi tujuan. Sanjaya, Sembiring, & Willyanto (2019) menentukan lokasi beberapa pusat distribusi menggunakan *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang dikombinasikan dengan metode CoG. Pada penelitian ini, CoG digunakan untuk menentukan lokasi stasiun intermoda dengan perhitungan biaya menggunakan *generalized cost*.

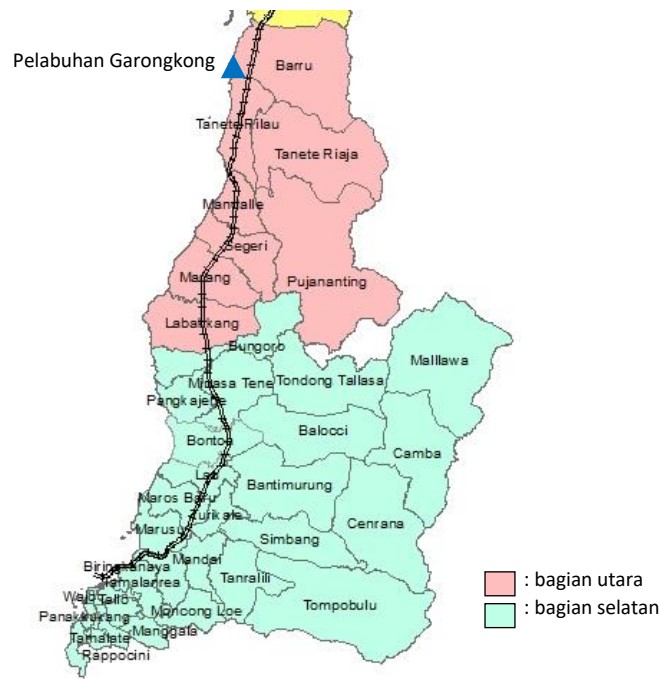
Sistem transportasi yang optimal dapat diketahui apabila *generalized cost* yang dikeluarkan minimal (Sampurno & Muthohar, 2017). Menurut Mahmudah dkk. (2011), *generalized cost* pada transportasi intermoda adalah biaya total dari kombinasi biaya transportasi dan biaya waktu perjalanan dari asal ke tujuan. Semakin rendah biaya perjalanan mengindikasikan bahwa sistem transportasi tersebut semakin efisien. Hanssen, Mathisen, & Jorgensen (2012) membandingkan hubungan *generalized cost* dan jarak pada unimoda (G_u) dengan intermoda (G_{int}) seperti yang disajikan pada Gambar 2. L adalah biaya bongkar muat dan D adalah jarak perjalanan. Transportasi intermoda dapat memiliki *generalized cost* yang lebih murah apabila memiliki biaya *handling* yang sedikit atau perjalanan yang lebih panjang pada moda transportasi yang lebih murah.



Gambar 2. Hubungan *generalized cost* dengan jarak perjalanan. Modifikasi dari Hanssen, Mathisen, & Jorgensen (2012)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada wilayah yang dilalui jalur kereta api dari Kota Makassar hingga Pelabuhan Garongkong, yaitu meliputi Kota Makassar, Kabupaten Maros, Kabupaten Pangkep, dan sebagian Kabupaten Barru dengan Kecamatan Barru adalah wilayah paling utara. Wilayah tersebut kemudian dibagi menjadi 2 bagian seperti yang disajikan pada Gambar 3.



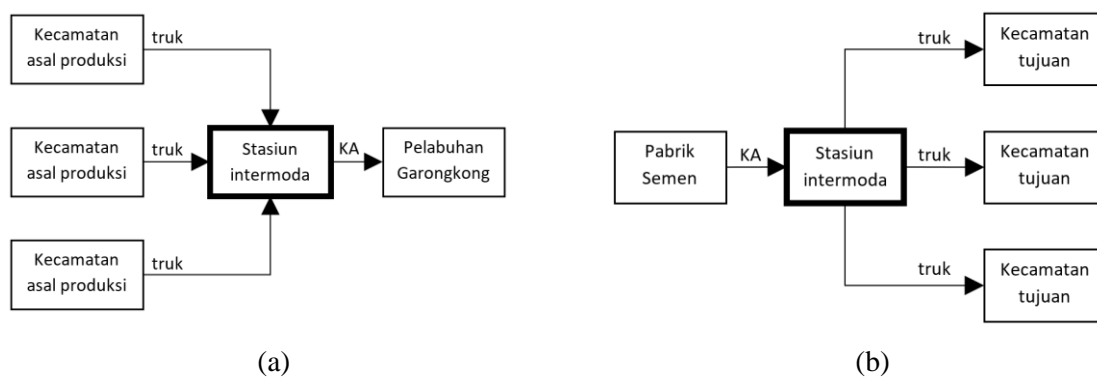
Gambar 3. Pembagian wilayah penelitian (Sumber peta dasar: Badan Informasi Geospasial, 2021)

Data primer dan sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data lokasi stasiun, data lokasi kecamatan sebagai lokasi bangkitan/tarikan, data komoditas, dan data biaya transportasi. Jenis dan sumber data secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis dan sumber data penelitian

Data	Sumber Data	Jenis Data
Lokasi stasiun	Survei menggunakan GPS (<i>Global Positioning System</i>)	data primer
Lokasi kecamatan	Hasil wawancara dengan Balai Pengelola Kereta Api (BPKA) Sulsel <i>Google Earth</i> (2022), (Badan Informasi Geospasial, 2021)	data primer data sekunder
Komoditas beras	Badan Pusat Statistik Sulawesi Selatan (2022) Badan Pusat Statistik Barru (2022) Badan Pusat Statistik Pangkep (2019) Badan Pusat Statistik Maros (2015)	data sekunder
Komoditas rumput laut	Dinas Kelautan dan Perikanan Sulawesi Selatan (2022)	data sekunder
Komoditas semen Tonasa	Qadrie & Muthohar (2015)	data sekunder
Komoditas semen Bosowa	Hasil wawancara dengan PT Semen Bosowa	data primer
Biaya perjalanan truk	Hasil wawancara dengan perusahaan beras, perusahaan rumput laut, dan PT Semen Bosowa Qadrie & Muthohar (2015)	data primer data sekunder
Biaya perjalanan kereta api	Sampurno & Muthohar (2017) Qadrie & Muthohar (2015)	data sekunder
Biaya bongkar muat	KAI Logistik (2015) Sampurno & Muthohar (2017) Qadrie & Muthohar (2015)	data sekunder

Bangkitan beras dan rumput laut serta tarikan semen diasumsikan berasal/menuju kecamatan-kecamatan yang ada dengan skema seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Skema intermoda komoditas beras dan rumput laut (a), serta komoditas semen (b)

Analisis data dilakukan dengan menggunakan *Center of Gravity* dengan beberapa skenario, yaitu apabila lokasi intermoda tiap komoditas dianalisis masing-masing dan apabila dianalisis bersama menjadi satu perhitungan. Kemudian *generalized cost* tiap skenario dihitung untuk saling dibandingkan. Lokasi fasilitas intermoda paling optimal merupakan lokasi yang memiliki *generalized cost* paling minimal.

Persamaan yang digunakan dalam analisis CoG adalah Persamaan (1) yang dirumuskan oleh Ballou (2004) sebagai berikut:

$$x^* = \frac{\sum_i l_i x_i R_i / d_i}{\sum_i l_i R_i / d_i}, y^* = \frac{\sum_i l_i y_i R_i / d_i}{\sum_i l_i R_i / d_i} \quad (1)$$

dengan x^* dan y^* = koordinat lokasi optimal, l_i = volume barang, R_i = biaya transportasi, d_i = jarak lokasi, dan x_i dan y_i = koordinat lokasi bangkitan/tarikan. Satuan tiap variabel harus sama antara satuan pada penyebut dan satuan pada pembilang.

Persamaan yang digunakan dalam analisis *generalized cost* adalah Persamaan (2) yang dirumuskan oleh Hanssen *et al* (2012) sebagai berikut:

$$G_{int} = (G_t(D_1)) + (L + G_r(D_2 - D_1)) + (L + G_t(\hat{D} - D_2)) \quad (2)$$

dengan G_{int} = *generalized cost* intermoda, G_t = *generalized cost* truk, G_r = *generalized cost* kereta, D = jarak perjalanan, dan L = biaya bongkar muat. Jarak perjalanan moda truk dihitung menggunakan *rectilinear distance* (Mwemezi & Huang, 2011) dan jarak perjalanan kereta menggunakan panjang lintasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan didapatkan hasil CoG pada tiap skenario seperti yang disajikan pada Tabel 2. Terdapat 3 kandidat stasiun di bagian utara dan 4 kandidat stasiun di bagian selatan yang akan dijadikan lokasi fasilitas intermoda.

Tabel 2. Hasil analisis *Center of Gravity*

Hasil CoG		Beras	Rumput Laut	Semen Tonasa	Semen Bosowa	Gabungan Semen	Gabungan Beras & Rumput Laut	Gabungan seluruh komoditas
Bagian Utara	y_u	-4,5231	-4,6824	-4,6425	-4,6059	-4,6176	-4,6815	-4,6809
	x_u	119,6620	119,5816	119,6064	119,6291	119,6176	119,5821	119,5824
	stasiun terdekat	Tanete Rilau	Ma'rang	Ma'rang	Mandalle	Mandalle	Ma'rang	Ma'rang
Bagian Selatan	y_s	-5,0058	-4,8263	-5,1265	-5,0171	-5,1053	-4,8297	-4,8663
	x_s	119,6615	119,5645	119,4478	119,5636	119,4703	119,5663	119,5535
	stasiun terdekat	Maros	Pangkajane	Tallo	Maros	Parangloe	Pangkajane	Pangkajane

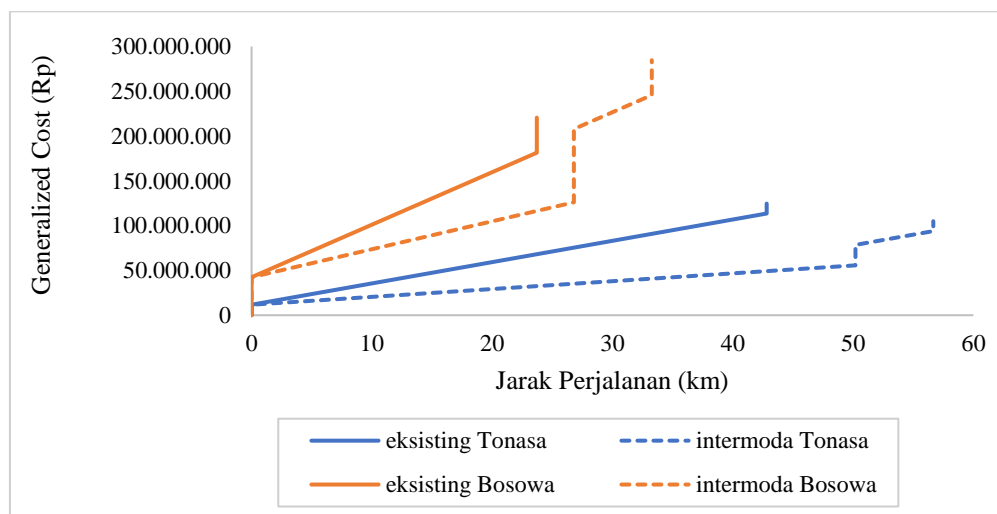
Kecamatan-kecamatan yang lebih dekat apabila langsung (*direct*) ke stasiun garongkong atau pabrik semen dibandingkan ke stasiun-stasiun hasil CoG dianggap tidak akan menggunakan intermoda. Setelah itu, *generalized cost* tiap skenario dihitung untuk dibandingkan. Perlu ditetapkan tarif dari biaya-biaya yang akan dikeluarkan terlebih dahulu. Tarif yang akan digunakan dalam analisis dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari hasil *generalized cost* tiap perjalanan diketahui terdapat perjalanan-perjalanan transportasi intermoda yang lebih mahal dibandingkan dengan perjalanan eksisting unimoda truk meskipun jarak menuju stasiun intermoda lebih dekat. Hal tersebut disebabkan akibat terjadinya *double handling* pada transportasi intermoda. Salah satu contohnya adalah transportasi intermoda komoditas semen Bosowa menuju Kecamatan Marusu, Maros dengan menggunakan Stasiun Parangloe sebagai stasiun intermoda (Gambar 5). *Generalized cost* pada perjalanan

tersebut lebih mahal 64,2 juta rupiah, sedangkan *generalized cost* pada komoditas semen Tonasa lebih rendah 19,7 juta rupiah dibandingkan eksisting. Hal tersebut terjadi akibat tonase pada semen Bosowa yang mencapai 6,5 ribu ton/thn sedangkan pada semen Tonasa hanya 1,8 ribu ton/thn sehingga biaya *handling* pada semen Bosowa jauh lebih besar. Dalam kasus tersebut, maka transportasi komoditas semen Bosowa dianggap tidak menggunakan fasilitas intermoda sedangkan pada komoditas semen Tonasa dianggap menggunakan fasilitas intermoda.

Tabel 3. Besaran tarif yang digunakan dalam penelitian

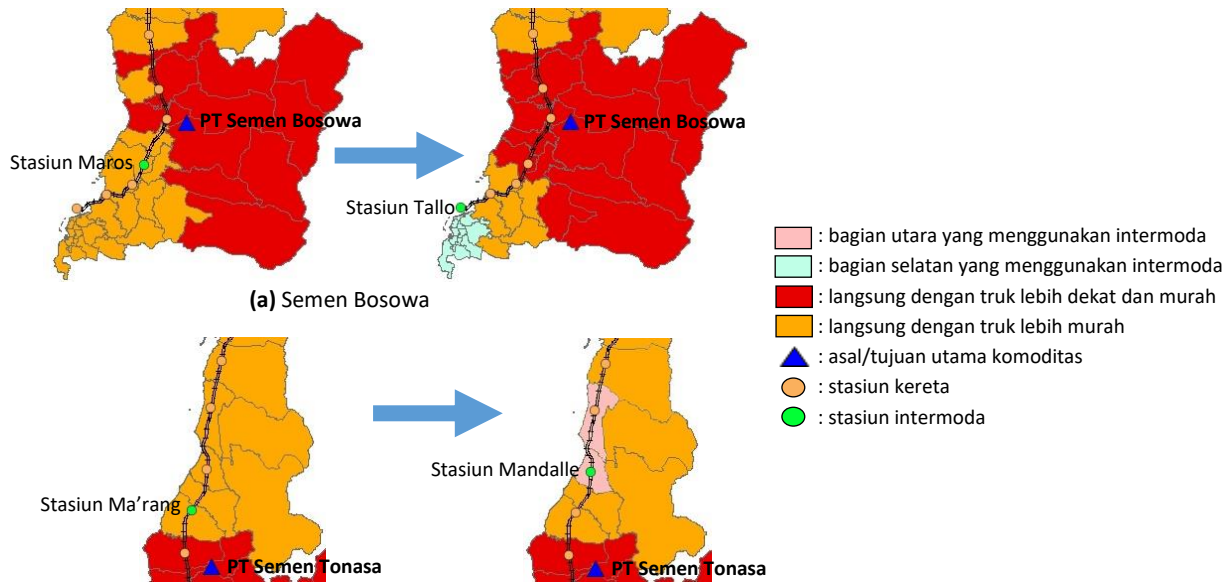
Tarif	Beras	Rumput Laut	Semen Tonasa	Semen Bosowa	Keterangan
Truk (Rp/ton/km)	1.304	5.882	792-1.667	900	Data wawancara langsung dan Qadrie & Muthohar (2015)
Gerbong kontainer (Rp/ton/km)		250	-	-	Asumsi berdasar KAI Logistik (2015)
Gerbong semen (Rp/ton/km)		-	-	480	Asumsi berdasar Qadrie & Muthohar (2015) dan Sampurno & Muthohar (2017)
Bongkar barang (Rp/ton)			6.000		Asumsi berdasar Qadrie & Muthohar (2015) dan Sampurno & Muthohar (2017)
Muat barang (Rp/ton)			6.500		Asumsi berdasar Qadrie & Muthohar (2015) dan Sampurno (2017) Sampurno & Muthohar (2017)



Gambar 5. Hubungan biaya dan jarak pada komoditas semen dengan intermoda Stasiun Parangloe

Dari hasil perhitungan *generalized cost* diketahui bahwa tidak terdapat satu pun kecamatan yang memiliki *generalized cost* intermoda lebih rendah dibandingkan *generalized cost* eksisting pada komoditas semen Tonasa pada intermoda Stasiun Ma'rang dan komoditas semen Bosowa pada intermoda Stasiun Maros. Oleh karena itu, diasumsikan tidak ada kecamatan yang menggunakan transportasi intermoda. Hal tersebut dapat terjadi akibat adanya biaya *double handling* yang tidak dapat diikutkan dalam perhitungan CoG dan beberapa

kecamatan secara geografis jauh dengan jalur rel kereta api. Kemudian dilakukan analisis ulang dengan menghilangkan kecamatan-kecamatan di sekitar pabrik semen dalam perhitungan. Didapatkan hasil stasiun intermoda pada komoditas semen Tonasa di Stasiun Mandalle dengan penambahan 2 kecamatan pengguna intermoda dan stasiun intermoda pada komoditas semen Bosowa di Stasiun Tallo dengan penambahan 11 kecamatan pengguna intermoda. Hasil pergantian lokasi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perubahan kecamatan pengguna intermoda setelah pergantian lokasi stasiun intermoda (Sumber peta dasar: Badan Informasi Geospasial, 2021)

Generalized cost tiap komoditas pada tiap skenario kemudian dibandingkan pada Tabel 4 dan Tabel 5. Stasiun yang dijadikan sebagai fasilitas intermoda adalah stasiun yang memiliki *generalized cost* paling rendah.

Tabel 4. Perbandingan *generalized cost* bagian utara

Komoditas	<i>Generalized Cost Intermoda (Rp)</i>			<i>Generalized Cost Eksisting (Rp)</i>
	Ma'rang	Mandalle	Tanete Rilau	
Beras	2.101.471.241	-	2.494.714.626	2.503.453.456
Rumput Laut	20.812.150.010	-	-	59.219.227.356
Semen Tonasa	2.015.885.858	1.941.224.672	-	2.015.885.858
Semen Bosowa	3.782.479.554	3.729.165.119	-	3.782.479.554
Total GC minimal		28.584.011.042		67.521.046.225

Tabel 5. Perbandingan *generalized cost* bagian selatan

Komoditas	<i>Generalized Cost Intermoda (Rp)</i>				<i>Generalized Cost Eksisting (Rp)</i>
	Pangkajene	Parangloe	Maros	Tallo	
Beras	7.233.573	-	7.308.650.385	-	11.295.826.385
Rumput Laut	12.383.974.407	-	-	-	48.616.767.192
Semen Tonasa	24.117.179.534	20.002.095.975	-	19.590.459.762	24.117.179.534
Semen Bosowa	8.790.849.521	8.655.908.269	8.790.849.521	8.451.567.777	8.790.849.521
Total GC minimal		47.659.575.706			92.820.622.632

Total *generalized cost* dalam setahun penggunaan intermoda pada bagian utara dan selatan mencapai Rp76.243.586.749, lebih rendah sekitar 84,1 milyar rupiah (52%) dibandingkan dengan kondisi eksisting yang mencapai Rp160.341.668.857 seperti yang disajikan dalam Tabel 6. Dari 84,1 milyar rupiah tersebut, komoditas rumput laut berperan dalam 74 milyar rupiah (89%) akibat perbedaan biaya tarif truk per ton.km dengan tarif gerbong kereta per ton.km yang cukup tinggi.

Tabel 6. Total *generalized cost* intermoda dan eksisting

Komoditas	<i>Generalized Cost</i> Intermoda (Rp)	<i>Generalized Cost</i> Eksisting (Rp)
Bagian Utara	28.584.011.042	67.521.046.225
Bagian Selatan	47.659.575.706	92.820.622.632
Total GC	76.243.586.749	160.341.668.857

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, stasiun yang optimal untuk dijadikan stasiun intermoda adalah Stasiun Ma'rang dan Stasiun Pangkajene untuk komoditas beras dan rumput laut serta Stasiun Mandalle dan Stasiun Tallo untuk komoditas semen. Penggunaan keempat stasiun tersebut sebagai stasiun intermoda dapat menurunkan *generalized cost* yang semula pada kondisi eksisting adalah Rp160.341.668.857/tahun menjadi Rp76.243.586.749/tahun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *Australia Indonesia Center* dalam *The Partnership of Australia Indonesia Research* yang telah memberikan bantuan dalam bentuk arahan, pendanaan, data, dan masukan selama penelitian.

REFERENSI

- Anshori, M., Fudhla, A. F., & Hidayat, A. (2017). Penentuan lokasi fasilitas crossdock pada kota metropolis dengan pendekatan center of gravity. *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 1(2), 83. <https://doi.org/10.51804/tesj.v1i2.111.83-88>
- Badan Informasi Geospasial. (2021). *No Title*. <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/download/perwilayah>
- Badan Pusat Statistik Barru. (2022). *Kabupaten Barru dalam angka 2022*.
- Badan Pusat Statistik Maros. (2015). *Statistik tanaman padi Kabupaten Maros*.
- Badan Pusat Statistik Pangkep. (2019). *Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan dalam angka 2019*.
- Badan Pusat Statistik Sulawesi Selatan. (2022). *Sulawesi dalam angka 2022*.
- Ballou, R. H. (2004). *Business logistics/supply chain management: Planning, organizing and controlling the supply chain* (5th Edition). Pearson/Prentice Hall Inc.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Sulawesi Selatan. (2022). *Data produksi komoditas unggulan perikanan budidaya 2021*.

- Expertsmind. (n.d.). *Center of gravity method assignment help*. Retrieved March 14, 2022, from <http://www.expertsmind.com/learning/center-of-gravity-method-assignment-help-7342872992.aspx>
- Firdaus, M. R., & Putra, P. A. (2020). Penggunaan metode pusat gravitasi dalam penentuan lokasi gudang terhadap jarak meminimalkan pengiriman transportasi pada Pt. Xyz. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 6(3), 190–193. <https://doi.org/10.33197/jitter.vol6.iss3.2020.428>
- Hanssen, T.-E. S., Mathisen, T. A., & Jørgensen, F. (2012). Generalized transport costs in intermodal freight transport. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 54, 189–200. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.738>
- Iqbal, M. R., Hasan, I., & Gusmono, A. S. (2020). Penentuan letak gudang untuk meminimalkan biaya transportasi dengan pendekatan center of gravity. *Jurnal Manajemen Industri dan Logistik*, 4(1), 67–74.
- KAI Logistik. (2015). *Kereta pelabuhan pangkas biaya logistik*. <http://kalogistics.co.id/news/detail/543>
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2007). *Operations management: Processes and value chains* (8th Edition). Pearson/Prentice Hall Inc.
- Mahmudah, N., Parikesit, D., Malkhamah, S., & Priyanto, S. (2011). Pengembangan metodologi perencanaan transportasi barang regional. *Jurnal Transportasi*, 11(3), 173–182. <https://doi.org/10.26593/jtrans.v11i3.455.%25p>
- Mulyani, D., & Rully, T. (2021). *Penentuan lokasi gudang untuk meminimalkan biaya transportasi pada Pt. Argatama Multi Agung*. 5(2), 1–13.
- Mwemezi, J., & Huang, Y. (2011). Optimal facility location on spherical surfaces: Algorithm and application. *New York Science Journal*, 4, 21–28.
- Qadrie, R. Al, & Muthohar, I. (2015). *Analisis pola distribusi semen pasca pembukaan jalur kereta api Trans Sulawesi studi kasus: Trase Makassar-Parepare*. UGM.
- Riady, R., & Aspiranti, T. (2019). Penentuan lokasi alternatif kantor dan pabrik PT Sublimindo dengan menggunakan metode center of gravity dan factor rating. *Prosiding Manajemen*, 5(2), 869–874.
- Rully, T., & Aldenia, D. C. (2018). Penggunaan metode center of gravity dalam penentuan lokasi gudang terhadap meminimalkan biaya transportasi pada Pt Elangperdana Tyre Industry. *JIMFE (Jurnal Ilmiah Manajemen Fakultas Ekonomi)*, 6(1), 64–69. <https://doi.org/10.34203/jimfe.v6i1.494>
- Sampurno, S., & Muthohar, I. (2017). *Analisis rantai distribusi semen di koridor selatan Jawa (Studi kasus : Pt. Holcim Indonesia Tbk, Plant Cilacap)*. November, 4–5.
- Sanjaya, A., Sembiring, A. C., & Willyanto, W. (2019). Determination of the optimal distribution centre location with gravity location model. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/2/022041>
- Soesilo, R., & Firmansyah, Yahdi, S. (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>