

**PERANCANGAN MODEL *SIMULATION AND OPTIMIZATION* UNTUK
MEMINIMASI BIAYA OPERASIONAL BONGKAR MUAT KERETA *OVER NIGHT SERVICES* (ONS) PADA STASIUN GUDANG PT KERETA API LOGISTIK (KALOG)**

***DESIGN SIMULATION AND OPTIMIZATION MODEL TO MINIMIZE
OPERATIONAL COST OF LOADING UNLOADING RAILWAY FREIGHT OVER
NIGHT SERVICES (ONS) IN WAREHOUSE STATION PT KERETA API LOGISTIK***

Aldyan Nurfaizi Haris B.Tau¹, Rio Aurachman², Putu Giri Artha Kusuma³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹aldyannurfaizi@students.telkomuniversity.ac.id, rioaurachman@telkomuniversity.ac.id,

³putugiriak@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT Kereta Api Logistik merupakan perusahaan logistik yang menggunakan kereta api sebagai moda transportasi. Salah satu unit bisnis yang dimiliki oleh PT Kereta Api Logistik adalah Kereta ONS (Over Night Services) yang merupakan kereta khusus angkutan ritel yang memiliki rute Jakarta Gudang (JAKG) – Pasar Turi (SBI) dan sebaliknya. Kelemahan moda transportasi kereta api adalah terdapatnya simpul antar moda dalam hal ini adalah biaya bongkar muat, pada aktivitas operasional bongkar muat biaya tenaga kerja bongkar muat memiliki proporsi yang paling besar diantara komponen lainnya yaitu sebesar Rp. 424.835.197 dari total biaya operasional bongkar muat. Maka dari itu tujuan dari penelitian ini adalah meminimalkan total biaya operasional bongkar muat dengan alokasi jumlah pekerja bongkar muat yang tepat. Dengan menggunakan pendekatan discrete event simulation dan melakukan simulation optimization guna menghasilkan solusi yang layak. Total biaya operasional bongkar muat dapat di minimasi dengan biaya eksisting adalah sebesar Rp. 424.835.197 sementara pada kondisi usulan menghasilkan biaya Rp. 344.094.380 atau terjadi penurunan biaya operasional sebesar 11 %. Pada penelitian ini juga diketahui bahwa tarif yang sesuai berdasarkan aktivitas dan biaya operasional dengan menggunakan activity based costing yang terdapat pada proses bongkar muat adalah Rp. 15.170 untuk stasiun JAKG, Rp. 10.046 untuk stasiun SMT dan Rp. 16.957 untuk stasiun SBI.

Kata kunci : *Discrete Event Simulation, Simulation Optimization, Stasiun Gudang , Bongkar Muat, Minimasi Biaya*

Abstract

PT Kereta Api Logistik is a logistics company that uses railway freight as a mode of transportation. One of the business units owned by PT Kereta Api Logistik is ONS (Over Night Services) is a dedicated railway in retail transportation who have route from Jakarta Gudang (JAKG) to Pasar Turi (SBI). The weakness of the rail transportation mode is that there are transshipments between modes in this case the loading and unloading costs, loading, and unloading labor costs have the greatest proportion among other components, which is Rp. 424.835.197 of the total loading and unloading operational costs. Therefore, the purpose of this study is to minimize the total operational costs of loading and unloading by allocating the appropriate number of loading and unloading workers. By using the discrete event simulation approach and conducting simulation optimization to generate a feasible solution, the total operational costs of loading and unloading can be minimized with the existing costs of Rp. 424,835,197 while the proposed conditions resulted in a cost of Rp. 344,094,380 or an operational cost decrease of 11%. In this study it is also known that the appropriate tariff based on activity and operational costs using activity based costing the tariff are Rp. 15.170 for JAKG station, Rp. 10.046 for the SMT station and Rp. 16.957 for SBI stations.

Keywords: *Discrete Event Simulation, Simulation Optimization, Warehouse Station, Loading Unloading, Cost Minimizations*

1. Pendahuluan

Dalam pemilihan moda transportasi logistik darat kereta api adalah mode transportasi logistik yang ideal untuk mengangkut produk-produk yang memiliki dimensi yang besar ataupun dalam jumlah yang banyak dengan destinasi / jarak tempuh yang jauh, kereta api sangat ideal untuk pengiriman barang yang berat dan *low value* [1]. PT Kereta

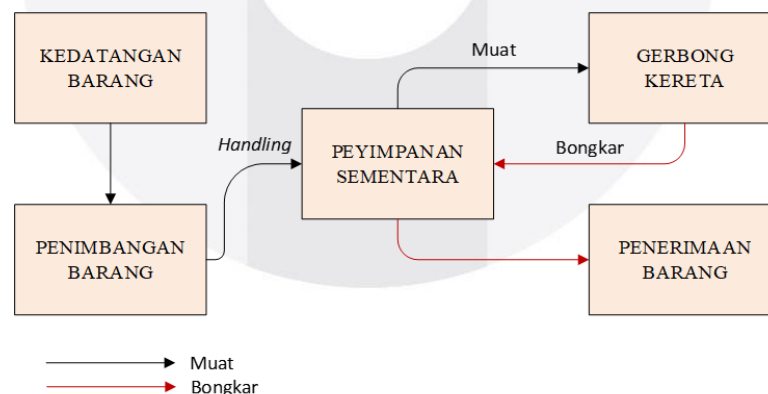
Api Logistik merupakan perusahaan yang bergerak dalam jasa logistik menggunakan moda transportasi kereta api (*railway freight*). PT Kereta Api Logistik memiliki cakupan bisnis antara lain, *labelling, packing, warehousing*, pengelolaan Terminal Peti Kemas (TPK), manajemen logistik, *tracking* dan pengawalan logistik. Salah satu unit bisnis yang dimiliki oleh PT Kereta Api Logistik adalah Kereta ONS (*Over Night Services*) yang merupakan kereta khusus angkutan ritel yang memiliki rute Jakarta Gudang (JAKG) – Pasar Turi (SBI) dan sebaliknya.

Selain regulasi pemerintah, kompetisi, dan isu-isu politik mengenai perkeretaapian, waktu dan biaya yang tidak sesuai (tinggi) terdapatnya simpul antar moda dalam hal ini adalah biaya bongkar muat menjadi salah satu alasan ketidakpuasan pelanggan terhadap angkutan kereta api barang [2]. Biaya pengambilan barang memberikan proporsi yang diestimasi 60 – 65% dari seluruh proses operasi yang ada, kegiatan ini berlangsung berulang-ulang serta melibatkan banyak tenaga manusia didalamnya (operator) untuk melakukan *handling* [3]. Berikut merupakan kontribusi biaya bongkar muat yang terdapat di PT Kereta Api Logistik dimana dari data yang disajikan dibawah diketahui bahwa kontribusi terbesar yang membuat biaya bongkar muat kereta menjadi lebih mahal adalah biaya pekerja bongkar muat (porter) yang berkontribusi sebesar Rp. 424.835.197 dari total biaya.



Gambar 1 Distribusi Biaya Bongkar Muat

Maka fokus isu yang diangkat dalam penelitian ini terkait dengan terdapatnya inefisiensi dalam kegiatan operasional bongkar muat. Untuk memahami proses yang terdapat pada kegiatan bongkar muat maka disajikan bagan proses operasional bongkar muat barang yang terdapat di PT Kereta Api Logistik dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 2 Skema Bongkar Muat

Berdasarkan pemaparan diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah meminimalkan total biaya operasional bongkar muat dengan alokasi jumlah pekerja bongkar muat yang tepat dengan mempertimbangkan *time window* dan mengetahui besaran tarif yang sesuai untuk kegiatan operasinal bongkar muat. Pada penelitian ini dalam penyelesaian masalah atau pencarian solusi digunakan pendekatan *discrete event simulation* dan penggunaan *simulation optimization* guna mendapatkan solusi yang layak.

2. Dasar Teori

2.1 Moda Transportasi Barang

Terdapat 7 jenis moda transportasi barang antara lain melalui udara, *package carrier*, truk, kapal, kereta api, pipa, dan antarmoda [1]. Pemilihan moda transportasi dari sisi pengirim dapat didasarkan pada berbagai biaya yang timbul dari rantai pasok, termasuk juga biaya selain yang terkait langsung dengan transportasi, hal tersebut sebagai dampak dari pemilihan moda transportasi tersebut, maka dari itu diluar dari biaya transportasi yang menghauskan perusahaan membayarnya, perusahaan juga harus memperhitungkan biaya persediaan, biaya bongkar-muat, dan biaya fasilitas lainnya misalnya gudang dll [6].

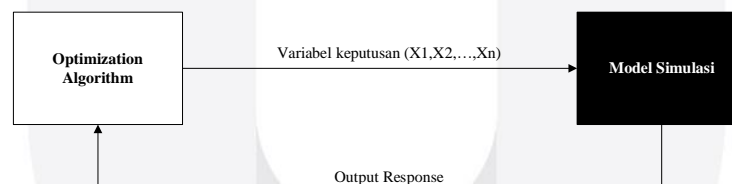
2.2 Simulasi

Simulasi secara konteks dapat didefinisikan sebagai imitasi atau tiruan dari sistem dinamik menggunakan pemodelan dengan metode komputasi dimana tujuannya adalah untuk mengevaluasi dan memperbaiki performa dari suatu sistem [5]. Peran dari simulasi dalam sistem operasi atau riset operasi digunakan untuk meng-eksplorasi sifat dinamis atau kompleksitas dari suatu sistem nyata baik itu sistem teknis ataupun sub sistem [4]. Tahapan yang penting dalam simulasi adalah proses verifikasi dan validasi model simulasi. Verifikasi model merupakan proses pengecekan model simulasi apakah sudah sesuai dengan model konseptual, sementara validasi merupakan tahapan untuk membuktikan apakah model simulasi telah atau dapat merepresentasikan sistem nyata (tidak terdapat perbedaan dengan sistem nyata) [5].

Simulasi pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak Promodel untuk memodelkan sistem nyata. Promodel merupakan perangkat lunak *discrete event simulation* dimana Promodel dapat melakukan pemodelan simulasi untuk semua sistem manufaktur, jasa dan proses bisnis. Utilisasi sumberdaya, kapasitas produksi, identifikasi jumlah kebutuhan tenaga kerja, dan ukuran performasi kinerja lainnya dapat dievaluasi dengan pendekatan simulasi diskrit yang dimodelkan dengan Promodel [5].

2.3 Simulation Optimization

Pada penelitian ini digunakan perangkat lunak SimRunner untuk melakukan *simulation optimization*. SimRunner merupakan perangkat lunak untuk melakukan *simulation optimization*. SimRunner menjalankan algoritma optimasi pada model simulasi yang dapat membantu mengoptimalkan banyak faktor secara simultan dalam hal ini SimRunner menggunakan algoritma *evolutionary*. *Evolutionary algorithm* merupakan klasifikasi pencarian solusi secara langsung (*direct search techniques*), *evolutionary algorithm* memanipulasi populasi dari solusi untuk masalah sedemikian rupa sehingga solusi yang tidak layak menghilang dan solusi yang layak (optimal) terus berkembang dalam proses pencarian dalam menemukan solusi yang optimal [5]. Berikut merupakan skema dalam melakukan simulation optimization [5].



Gambar 3 Skema Simulation Optimization

Dimana nilai dari fungsi tujuan diestimasi berdasarkan nilai rata-rata output model simulasi baik menggunakan replikasi maupun dalam interval waktu tertentu. Secara model matematis dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$\text{Min atau Max } E[f(X_1, X_2, \dots, X_n)] \quad (1)$$

Subject to

$$\text{Lower Bound}(i) \leq X_i \leq \text{Upper Bound}(i) \quad \text{untuk } i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Dimana $E[f(X_1, X_2, \dots, X_n)]$ merupakan nilai ekspektasi dari fungsi tujuan pada model simulasi.

2.4 Activity Based Costing

Salah satu metode terbaik dalam rangka menyempurnakan sistem penetapan biaya berdasarkan aktivitas adalah dengan menggunakan activity based costing yang dimana metode tersebut dapat mengidentifikasi aktivitas individu sebagai objek biaya, aktivitas tersebut antara lain dapat berupa peristiwa, tugas, atau unit kerja dengan tujuan yang ditentukan misalnya, merancang produk, menyiapkan mesin, mengoperasikan mesin, dan mendistribusikan produk [7]. Berikut ini merupakan gambaran dari proses activity based costing menurut [7].

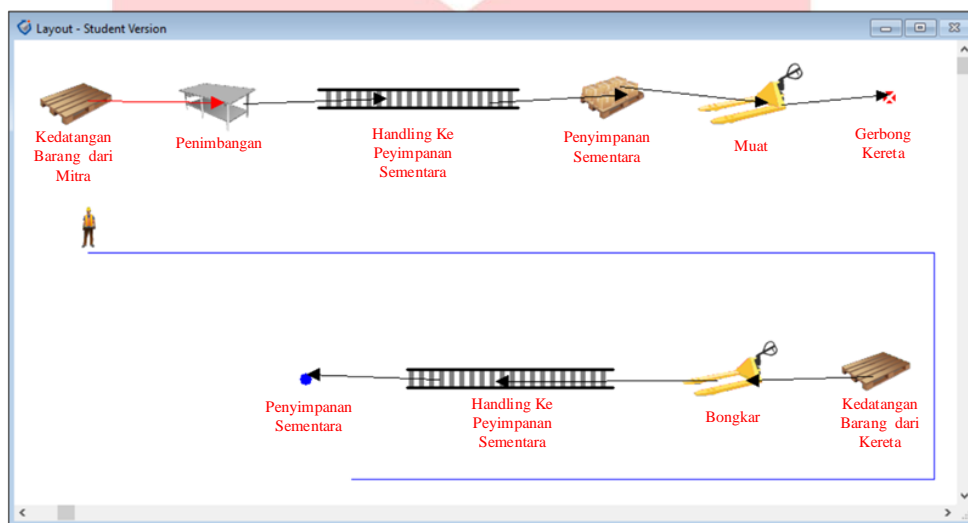


Gambar 4 Skema ABC

3. Pembahasan

3.1 Model Simulasi & Simulation Optimization

Dimana simulasi dibangun berdasarkan kondisi sistem nyata yang terdapat dilapangan. Model simulasi akan dijalankan sesuai dengan time window setiap stasiun sehingga setiap stasiun akan memiliki jumlah pekerja yang berbeda-beda pula sesuai dengan kebutuhan. Model simulasi memiliki jumlah location sebanyak 6 untuk aktivitas muat dan 4 untuk aktivitas bongkar serta terdapat 2 entity yaitu barang yang berasal dari mitra dan barang yang berasal dari kedatangan kereta sementara untuk resource kedua aktivitas tersebut menggunakan resource yang sama yaitu porter bongkar muat.



Gambar 5 Simulasi Keseluruhan

Selanjutnya adalah melakukan proses verifikasi dan validasi dari model simulasi secara syntax seluruh operasi menunjukkan bahwa ‘compile successfully’ yang menandakan tidak terdapat kesalahan penulisan syntax. Kemudian simulasi dijalankan selama 8 jam yang kemudian memperlihatkan window ‘simulation complete’ hal tersebut menandakan tidak terjadi bug atau error. selama simulasi proses berjalan sesuai dengan model konseptual, entitas barang dari mitra (coklat) diproses di model muat dan barang dari kereta (hijau) diproses di model bongkar. Sementara resource terlihat dinamis untuk mengerjakan aktivitas bongkar muat. Dikarenakan model tidak terdapat syntax error dan sudah sesuai dengan model konseptual simulasi maka model simulasi ter-verifikasi. Kemudian dilakukan validasi dengan menggunakan *paired-t* untuk membandingkan antara model simulasi yang telah dibuat dengan sistem nyata, langkah awal dalam validasi adalah menghitung uji kecukupan replikasi sebagai berikut.

$$hw = e$$

$$e = \frac{(t_{9,0.025})s}{\sqrt{n}}$$

$$e = \frac{(2,262)0,737865}{\sqrt{10}}$$

$$e = 0,5278$$

Setelah mendapatkan nilai halfwidth maka selanjutnya adalah menghitung nilai n’ dengan tingkat kepercayaan sebesar 95 %. yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai n.

$$n' = \left(\frac{(Z_{\alpha/2})s}{e} \right)^2$$

$$n' = \left(\frac{(1,96)0,737865}{0,5278} \right)^2$$

$$n' = 7,508046$$

Karena nilai $n > n'$ yaitu $10 > 7,508046$ maka jumlah replikasi sebanyak 10 kali dapat dikatakan telah mencukupi. Selanjutnya adalah membandingkan model simulasi dengan sistem nyata menggunakan uji paired t. Berikut merupakan hipotesis untuk melakukan uji paired-t, dengan menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95 %.

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

Selanjutnya adalah menghitung *confidence interval* yang perhitungannya dapat dilihat pada tahapan dan persamaan berikut ini.

Tabel 1 Perhitungan Validasi

Replikasi	Total Bongkar Muat		Selisih (1-2)
	Simulasi (1)	Sistem Riil (2)	
1	252	252	0
2	252	252	0
3	252	252	0
4	251	252	-1
5	253	252	1
6	253	252	1
7	251	252	-1
8	252	252	0
9	252	252	0
10	253	252	1
$\bar{x} (1-2)$			0,1
s			0,737864787
hw			0,5278

$$\bar{x}(1-2) - hw \leq \mu(1-2) \leq \bar{x}(1-2) + hw$$

$$0,1 - 0,5278 \leq \mu(1-2) \leq 0,1 + 0,5278$$

$$-0,4278 \leq \mu(1-2) \leq 0,6278$$

Karena didapatkan *confidence interval* $-0,4278 \leq \mu(1-2) \leq 0,6278$ maka H_0 diterima yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan antara sistem nyata μ_1 dengan hasil dari simulasi μ_2 . Dengan tidak terdapatnya perbedaan yang signifikan maka dapat disimpulkan bahwa model simulasi valid setelah melalui uji paired-t.

Pada penelitian ini *simulation optimization* akan digunakan untuk menentukan jumlah pekerja bongkar muat yang optimal untuk setiap stasiun. Eksperimen akan dilakukan sebanyak 25 kali dengan mempertimbangkan *total exits* dari kedua entitas dan utilisasi dari pekerja bongkar muat. Berikut ini merupakan tahapan dan hasil dari *simulation optimization* dengan menggunakan SimRunner untuk setiap stasiun. Berikut ini merupakan formulasi untuk melakukan *simulation optimization*.

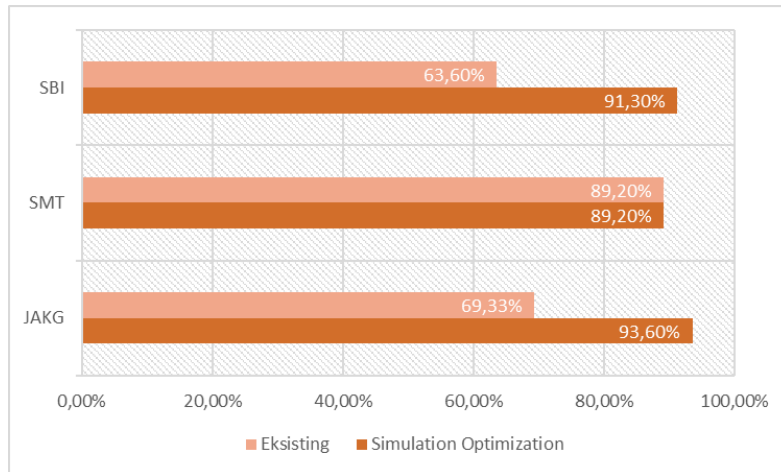
$$F = \text{Maximize } \{ [Porter : \% Utilization] + [BarangDariMitraLoad: Total Exits] + [BarangDariKereta: Total Exits] \}$$

Subject to,

$$\text{Lower Bound}(i) \leq \text{Porter} \leq \text{Upper Bound}(i) \quad \text{untuk } i = 1, 2, \dots, n$$

3.2 Perbandingan Simulasi & Eksisting

Pada bagian ini akan diperlihatkan utilisasi jika menggunakan jumlah pekerja bongkar muat berdasarkan hasil usulan (*simulation optimization*) dengan jumlah eksisting. Terlihat pada gambar di bawah diketahui bahwa untuk Stasiun Surabaya Pasar Turi (SBI) mengalami peningkatan utilisasi pekerja bongkar muat sebanyak 27,7 % dengan adanya pengurangan jumlah pekerja bongkar muat sebanyak 5 porter. Sementara untuk Stasiun Semarang Tawang (SMT) utilisasi tidak terdapat perbedaan dimana berada pada angka 89,2 % hal ini dikarenakan jumlah pekerja antara eksisting dengan usulan sama. Kemudian untuk Stasiun Jakarta Gudang (JAKG) memperlihatkan adanya peningkatan utilisasi pekerja bongkar muat sebesar 24,27 % dengan melakukan pengurangan porter sebanyak 11 porter.



Gambar 6 Perbandingan Utilisasi

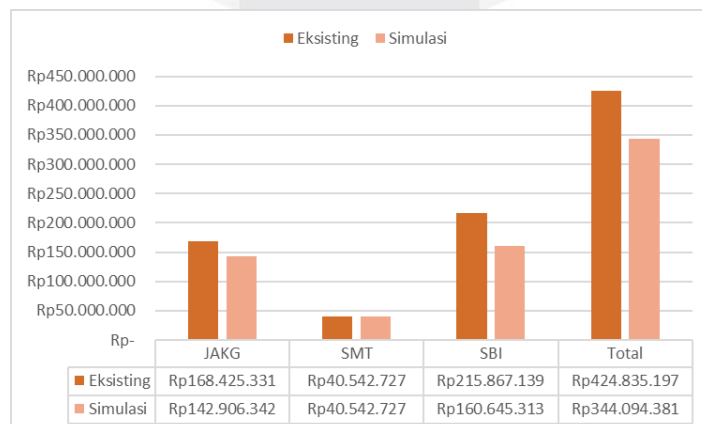
Pada model simulasi akan menghasilkan waktu dalam sistem untuk proses bongkar muat dengan jumlah pekerja yang diusulkan berdasarkan hasil dari *simulation optimization*, waktu tersebut akan dibandingkan dengan waktu eksisting berdasarkan jumlah eksisting pekerja bongkar muat yang digunakan. Pada analisis ini akan menggunakan analisis statistik berupa *paired-t test* yang bertujuan untuk membandingkan dua buah sistem. Dimana untuk Stasiun Semarang Tawang (SMT) tidak dilakukan *paired-t test* dikarenakan jumlah pekerja hasil *simulation optimization* sama dengan kondisi eksisting sehingga menghasilkan waktu yang sama pula. Untuk Stasiun Jakarta Gudang (JAKG) pada kondisi eksisting menggunakan 33 pekerja sementara jumlah pekerja usulan adalah sebanyak 28 pekerja. Kemudian untuk Stasiun Surabaya Pasar Turi (SBI) pada kondisi eksisting menggunakan 43 pekerja sementara kondisi usulan menggunakan 32 pekerja. Berikut merupakan analisis waktu dengan membandingkan dua buah kondisi yang berbeda dengan menggunakan *paired-t test* untuk JAKG dan SBI.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan *paired-t test* dengan tingkat kepercayaan 95% untuk stasiun JAKG mendapatkan *estimate interval* sebesar $-4,61 \leq \mu(1-2) \leq 1,49$ diketahui bahwa interval melalui titik 0 sehingga $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ diterima. H_0 diterima menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara waktu kondisi eksisting dengan usulan, namun berdasarkan interval diketahui juga bahwa walaupun tidak terdapat perbedaan yang signifikan karena melalui titik 0, namun kondisi eksisting (μ_1) dapat menyelesaikan kegiatan operasional bongkar muat lebih cepat sebesar 4,61 menit atau lebih lambat selama 1,49 menit dibandingkan dengan kondisi usulan.

Sementara itu untuk stasiun SBI mendapatkan *estimate interval* sebesar $-3,80 \leq \mu(1-2) \leq -0,99$ diketahui bahwa interval tidak melalui titik 0 sehingga $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ diterima. Dengan H_1 diterima diketahui bahwa terdapat perbedaan antara waktu dalam sistem kondisi eksisting (μ_1) dengan kondisi usulan (μ_2). Dimana berdasarkan interval $-3,80 \leq \mu(1-2) \leq -0,99$ diketahui bahwa kondisi eksisting (μ_1) memiliki waktu dalam sistem yang lebih cepat sebesar 0,99-3,8 menit dibandingkan dengan kondisi usulan.

3.3 Perbandingan Biaya

Berdasarkan perhitungan biaya pekerja bongkar muat dengan horizon perencanaan selama satu bulan terlihat perbedaan total biaya pekerja bongkar muat dimana pada kondisi eksisting biayanya adalah sebesar Rp. 424.835.197 sementara pada kondisi usulan menghasilkan biaya Rp. 344.094.381. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan usulan berdasarkan *simulation optimization* dapat meminimasi biaya pekerja bongkar muat sebanyak 11 % penghematan.



Gambar 7 Perbandingan Biaya Total

3.3 Analisa Tarif

Pada subbab ini akan dianalisa mengenai tarif operasional yang sesuai berdasarkan perhitungan dengan menggunakan activity based costing. Berikut ini disajikan perbedaan antara tarif bongkar muat eksisting dari PT Kereta Api Logistik dengan usulan besaran tarif.

Tabel 2 Perbandingan Tarif

Stasiun	Tarif Eksisting	Tarif Usulan
JAKG	Rp. 38.134	Rp. 15.170
SMT	Rp. 24.244	Rp. 10.046
SBI	Rp. 37.734	Rp. 16.957

Berdasarkan tabel diatas terlihat bahwa ketiga stasiun memiliki penurunan tarif dengan rata-rata penurunan tarif sebesar 40%. Tarif usulan muncul berdasarkan hasil perhitungan menggunakan activity based costing, dimana waktu penyelesaian yang merupakan cost driver dari perhitungan tarif didapatkan berdasarkan hasil simulasi dan simulation optimization. Sehingga tarif usulan dapat dikatakan merepresentasikan dari sistem nyata aktivitas bongkar muat yang telah dimodelkan dalam model simulasi.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil melakukan pengolahan data serta melakukan analisis terhadap hasil penelitian pada proses operasional bongkar muat di PT Kereta Api Logistik maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Dengan melakukan simulation optimization dapat meminimasi total biaya operasional bongkar muat pada PT Kereta Api Logistik dengan biaya eksisting adalah sebesar Rp. 424.835.197 sementara pada kondisi usulan menghasilkan biaya Rp. 344.094.380 atau terjadi penurunan biaya operasional sebesar 11 %.
2. Berdasarkan perhitungan tarif menggunakan activity based costing diketahui bahwa tarif yang sesuai berdasarkan aktivitas dan biaya operasional yang terdapat pada proses bongkar muat adalah Rp. 15.170 untuk stasiun JAKG, Rp. 10.046 untuk stasiun SMT dan Rp. 16.957 untuk stasiun SBI.

Referensi

- [1] Chopra, S., & Meindl, P. (2007). Supply Chain Management. Strategy, Planning & Operation. In *Das Summa Summarum des Management*. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9320-5_2
- [2] Konings, R., Priemus, H., & Nijkamp, P. (2008). The future of intermodal freight transport: Operations, design and policy. *The Future of Intermodal Freight Transport: Operations, Design and Policy*, 1–343. <https://doi.org/10.4337/9781848441392>
- [3] Henn, S., Doerner, K. F., & Strauss, C. (2003). *Problem in Manual Order Picking Systems*. 3(1).
- [4] Daellenbach, H. G., & McNickle, D. C. (2005). *Management Science : Decision Making Through Systems Thinking*.
- [5] Harrell, C., Ghosh, B., & Bowden, R. (2012). *Simulation Using Promodel (Third)*. New York: McGraw Hill.
- [6] Pujawan, I. N. & ER, M., 2010. *Supply Chain Management*. Edisi Kedua. Surabaya: Guna Widya.
- [7] Horngren, C. T., Foster, G., Datar, S. M., Rajan, M., Ittner, C., & Baldwin, A. A. (2010). Cost Accounting: A Managerial Emphasis,. In *Issues in Accounting Education (Vol. 25)*. <https://doi.org/10.2308/iace.2010.25.4.789>