

# SIMULASI SISTEM BONGKAR KERETA BATU BARA PT.KALOG UNTUK MEMINIMASI WAKTU TUNGGU KERETA DI STASIUN KERTAPATI

## SIMULATION OF PT KALOG'S COAL TRAIN UNLOADING SYSTEM FOR MINIMIZING TRAIN WAITING TIME AT KERTAPATI STATION

Hervin Wijaya<sup>1</sup>, Ari Yanuar Ridwan<sup>2</sup>, Erlangga Bayu Setyawan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

<sup>2</sup>Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

<sup>3</sup>Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[hervinwijaya@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:hervinwijaya@student.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[arivanuar@telkomuniversity.co.id](mailto:arivanuar@telkomuniversity.co.id)

<sup>3</sup>[erlanggabs@telkomuniversity.ac.id](mailto:erlanggabs@telkomuniversity.ac.id)

---

### Abstrak

Peningkatan produksi batubara setiap tahun memberi pengaruh terhadap volume angkut kereta batubara PT. KALOG yang semakin tinggi. Peningkatan tersebut menyebabkan jumlah peralatan bongkar kereta yang ada saat ini tidak mampu mengimbangi peningkatan tersebut dan berdampak pada buruknya kinerja bongkar kereta ditandai dengan target waktu tunggu kereta yang tidak tercapai. Sistem bongkar kereta batu bara merupakan sistem yang sangat kompleks dan banyak ketidakpastian yang terjadi sehingga metode yang tepat untuk digunakan adalah simulasi kejadian diskrit. Model simulasi dirancang dengan menggunakan software Arena Simulation. Hasil dari metode simulasi berupa 4 alternatif skenario dengan dua kondisi antar kedatangan kereta yaitu normal dan ekstrim yang akan dipilih dengan uji Bonferonni. Pada kondisi normal, seluruh skenario dapat mengurangi waktu operasi bongkar kereta dengan waktu yang hampir sama. Pada kondisi ekstrim Skenario 4 memiliki pengurangan waktu operasi bongkar kereta yang paling tinggi yaitu sebesar 30.7%. Hasil penelitian ini merekomendasikan penambahan alat dengan kombinasi 1 unit Gantry Crane yang terintegrasi dengan coal travelling hopper dan 5 unit Dump Truck dengan penurunan waktu tunggu kereta sebesar 16,25% Dan layak secara finansial nilai NPV (Net Present Value) sebesar Rp. 1,879,258,172.

**Kata kunci:** Simulasi Kejadian Diskrit, Bongkar muat Kereta, Logistik, Batubara

---

### Abstract

The increase in coal production every year has influence the transport volume of coal trains of PT. KALOG is getting higher. This increase causes the current number of train unloading equipment to be unable to keep up with this increase and has an impact on the poor performance of train unloading, which is indicated by the unachieved of train's waiting time target. The coal train unloading system is a very complex system and many uncertainties occur, so the appropriate method to use is discrete event simulation. The simulation model is designed using the Simulation Arena software. The results of the simulation method are 4 alternative scenarios with two conditions between train arrivals, namely normal and extreme, which will be selected by the Bonferonni test. In normal conditions, the entire scenario could reduce the time a train unloading operations at nearly the same time. In extreme conditions, Scenario 4 has the highest reduction in train unloading operating time, which is 30.7%. The results of this study recommend the addition of a tool with a combination of 1 unit of Gantry Crane integrated with coal traveling hopper and 5 units of Dump Truck with a decrease in train waiting time by 16.25% and financially feasible NPV (Net Present Value) of Rp. 1,879,258,172.

**Keywords:** Discrete Event Simulation, Train Unloading, Logistic, Coal

---

### 1. Pendahuluan

Tingginya peningkatan permintaan dan pesatnya evolusi teknologi merupakan tantangan besar bagi semua perusahaan di berbagai sektor untuk meningkatkan kinerja rantai pasokan dalam rangka memenuhi permintaan pelanggan. Beberapa penelitian telah dilakukan oleh peneliti untuk memberikan solusi dan saran pada berbagai level perencanaan dan berbagai aliran rantai pasok. Ada 3 jenis aliran utama dalam rantai pasokan, yaitu aliran informasi, aliran keuangan, dan aliran material [1]. Riset yang telah dilakukan tentang pengelolaan arus informasi seperti pengembangan sistem pemantauan pengadaan yang berkelanjutan untuk mendukung manajemen risiko rantai pasokan pangan [2] dan pengembangan sistem pemantauan *reverse logistic* di industri penyamakan kulit [3]. Pada aliran finansial terdapat beberapa

penelitian yang bertujuan untuk memaksimalkan keuntungan, seperti pengembangan model *dynamic pricing* di sektor bisnis perhotelan [4] dan biro perjalanan online [5]. Ada juga beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk meningkatkan performansi aliran material seperti pengembangan aplikasi *e-Kanban* untuk mengurangi *zero pick* untuk gudang farmasi [6] dan pengembangan model temu kembali gudang dengan metode algoritma genetika untuk meminimalkan keterlambatan [7]. Semua penelitian dilakukan demi meningkatkan kinerja rantai pasok yang lebih baik lagi, sama halnya dalam penelitian ini yang membahas mengenai logistik pada perkeretaapian untuk meningkatkan dan menjaga aliran material agar tetap maksimal.

PT. Kereta Api Logistik (KALOG) merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang jasa transportasi kereta api angkutan batu bara dan proses bongkar muat kereta di Sumatera Selatan yang melayani perusahaan batu bara PT.XYZ. Peningkatan produksi batubara memberi pengaruh yang berbanding lurus terhadap peningkatan volume angkut kereta batubara PT. KALOG terhadap PT.XYZ. Kondisi tersebut mempengaruhi kinerja kegiatan bongkar kereta batubara yang ditandai dengan adanya selisih antara realisasi rata-rata waktu tunggu kereta per bulan yaitu selama 448 menit dengan waktu tunggu SOP yaitu selama 350 menit yang artinya tidak mencapai target dengan selisih 98 menit. Berkaitan dengan hal itu, maka perlu dilakukan penelitian terhadap kapasitas peralatan bongkar untuk mengurangi waktu pembongkaran kereta dengan tujuan mengurangi waktu tunggu kereta. Proses operasi bongkar kereta PT. KALOG menggunakan 2 sistem bongkar dan angkut yaitu dengan kombinasi reach stacker dengan dump truck dan gantry crane hopper dengan conveyor. Dalam pelaksanaannya, operasi bongkar kereta merupakan sistem yang sangat kompleks. Kompleksitas sistem ini ditunjukkan dengan adanya interdependensi antar komponen dalam sistem dan adanya variabilitas yaitu kondisi cuaca yang sulit diprediksi, adanya kegiatan operator yang tidak penting untuk dilakukan sehingga mengganggu proses operasi, antar kedatangan kereta yang tidak pasti, dan volume angkut kereta batubara yang fluktuatif. Kompleksnya sistem bongkar kereta menyebabkan penentuan jumlah peralatan yang dibutuhkan menjadi sulit untuk dilakukan. Berdasarkan kondisi sistem yang kompleks dan dipengaruhi oleh perilaku yang tidak pasti, maka metode yang sesuai untuk menyelesaikan masalah tersebut adalah simulasi kejadian diskrit. Software Salah satu kelebihan yang dimiliki metode simulasi adalah mampu menggambarkan perilaku sistem yang kompleks dan dapat memasukan data input yang bervariasi. Keputusan untuk melakukan penambahan alat demi mengurangi waktu operasi tentu mengeluarkan biaya cukup besar untuk menginvestasikan peralatan. Bisa saja keputusan tersebut tidak layak secara finansial yang artinya dapat merugikan perusahaan. Untuk memastikan keputusan investasi secara finansial maka akan dilakukan analisis NPV untuk mengetahui apakah investasi layak dilakukan atau tidak.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Simulasi

Simulasi merupakan kumpulan metode dan aplikasi yang luas untuk meniru perilaku sistem nyata, biasanya pada perangkat komputer dengan perangkat lunak yang sesuai [8]. Simulasi juga merupakan salah satu teknik riset operasi dan manajemen yang paling banyak digunakan. Simulasi dapat digunakan ketika sistem yang diamati sangat kompleks dan bersifat dinamis [9]. Keterbatasan dari metode matematis juga menjadi alasan simulasi perlu dilakukan karena rumitnya suatu sistem dan terdapat kesulitan untuk melakukan validasi terhadap model matematis yang menjelaskan perilaku suatu sistem [10]. Simulasi digunakan untuk mengevaluasi kinerja suatu sistem yang telah ada atau yang akan dibuat untuk meminimalkan peluang terjadinya kegagalan dalam mencapai spesifikasi yang diharapkan, mengurangi terjadinya hambatan yang tidak terduga, menjaga agar penggunaan sumber daya berada pada standar yang telah ditentukan dan untuk mengoptimalkan kinerja sistem [10].

### 2.2 Tahapan Simulasi

Pendekatan simulasi harus dilakukan melalui beberapa tahapan simulasi, berikut adalah tahap-tahap dalam simulasi [11]:

- 1) *Mengidentifikasi sistem nyata dan merumuskan masalah,*
- 2) *Mengumpulkan data dan mendefinisikan model* yang dapat mewakili keadaan sistem nyata,
- 3) *Melakukan validasi terhadap model* yang telah dibangun dengan melibatkan dan berinteraksi kepada sang pengambil keputusan.
- 4) *Membangun model simulasi* dengan perangkat lunak di computer dan verifikasi model untuk memastikan model yang dibangun di perangkat lunak sesuai dengan sistem nyata,
- 5) *Menjalankan simulasi yang telah terverifikasi untuk tujuan validasi.*
- 6) *Validasi model,* untuk memperkuat batasan dan asumsi yang digunakan dan untuk lebih meyakinkan model yang telah dibangun dapat merepresentasikan sistem nyata,
- 7) *Merancang eksperimen,* dengan memutuskan desain sistem apa yang harus disimulasikan, karena terkadang dalam prakteknya, terdapat lebih banyak alternative daripada satu

- 8) *Melakukan analisis* terhadap hasil simulasi dengan metode statistik.

## 2.2 Peralatan Bongkar Muat

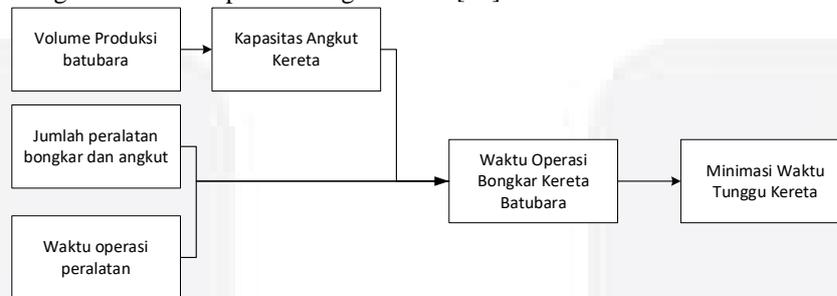
Peralatan bongkar muat adalah seperangkat alat yang digunakan untuk mendukung proses pergerakan muatan dari kereta ke area penyimpanan. Berikut merupakan peralatan bongkar muat yang digunakan dalam penelitian ini:

- 1) Gantry crane merupakan alat pemindah muatan dengan menggunakan prinsip kerja tali.
- 2) Reach stacker merupakan kendaraan yang difungsikan untuk mengangkat dan memindahkan kontainer ke tempat atau media yang telah ditentukan.
- 3) Rare dump truck adalah kendaraan yang digunakan untuk mengangkat kontainer dari area bongkar menuju area penyimpanan.
- 4) Belt Conveyor adalah mesin penggerak dengan rangkaian ban atau karet sebagai media pengantar untuk membawa material diatas media tersebut ke area penyimpanan batu bara
- 5) Coal travelling hopper merupakan alat sebagai media penuangan batu bara dari crane. Alat ini akan selalu mengikuti gantry crane

## 3. Pembahasan

### 3.1 Model Konseptual

Model konseptual tersebut merepresentasikan bagaimana variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini saling berkaitan dan saling mempengaruhi untuk mencapai tujuan kinerja proses bongkar muat Volume produksi batu bara akan mempengaruhi kapasitas angkut kereta api yang dilihat dari jumlah kontainer yang diangkat dan waktu proses bongkar muat [12].

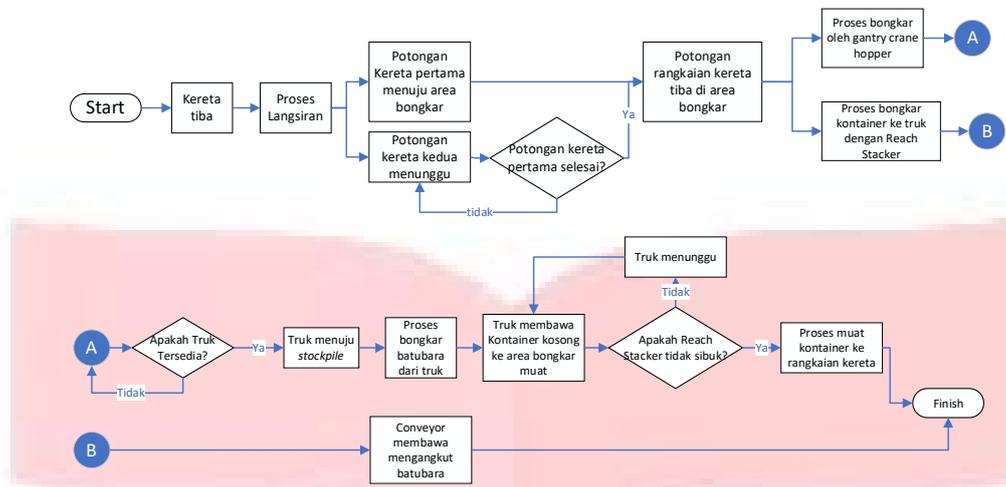


Gambar 1. Model Konseptual

Selain itu, Kapasitas angkut kereta api tentu akan berpengaruh terhadap kapasitas alat bongkar muat yang terdiri dari kombinasi jumlah alat bongkar dan angkut . Kapasitas Alat bongkar muat dituntut untuk dapat menyelesaikan proses bongkar muat dengan waktu SOP yang telah ditentukan. Jika proses bongkar muat dapat memenuhi waktu yang telah ditentukan, maka kinerja proses bongkar muat akan sesuai dengan yang diharapkan. Gambar 1 merupakan bagan model konseptual dalam penelitian ini.

### 3.2 Formulasi Model

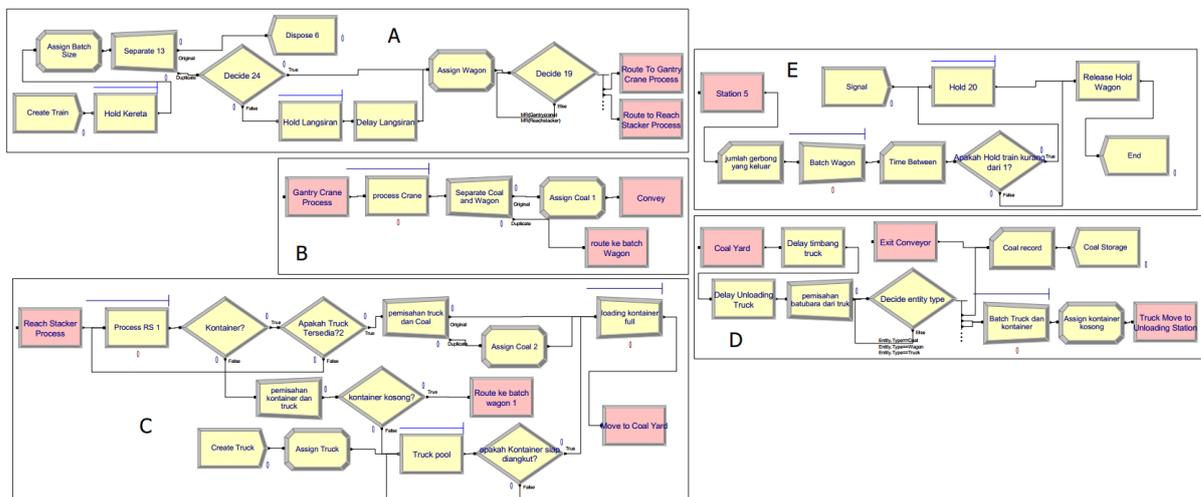
Langkah ini dilakukan untuk memahami bagaimana perilaku objek sistem nyata dan menentukan kebutuhan dasar yang diperlukan untuk mengembangkan model secara benar. Formulasi model akan digambarkan melalui peta aliran untuk memahami bagaimana setiap fasilitas beroperasi serta variabel apa saja yang terlibat dalam interaksinya. Formulasi model ditunjukkan pada gambar 2 dalam bentuk peta aliran (*flow chart*).



Gambar 2 Flow Chart Sistem Bongkar Kereta

**3.3 Translasi Model**

Model akan ditranslasikan ke dalam Bahasa pemrograman dengan program simulasi computer yaitu perangkat lunak ARENA Versi 14 yang dikembangkan oleh perusahaan Rockwell Automation.

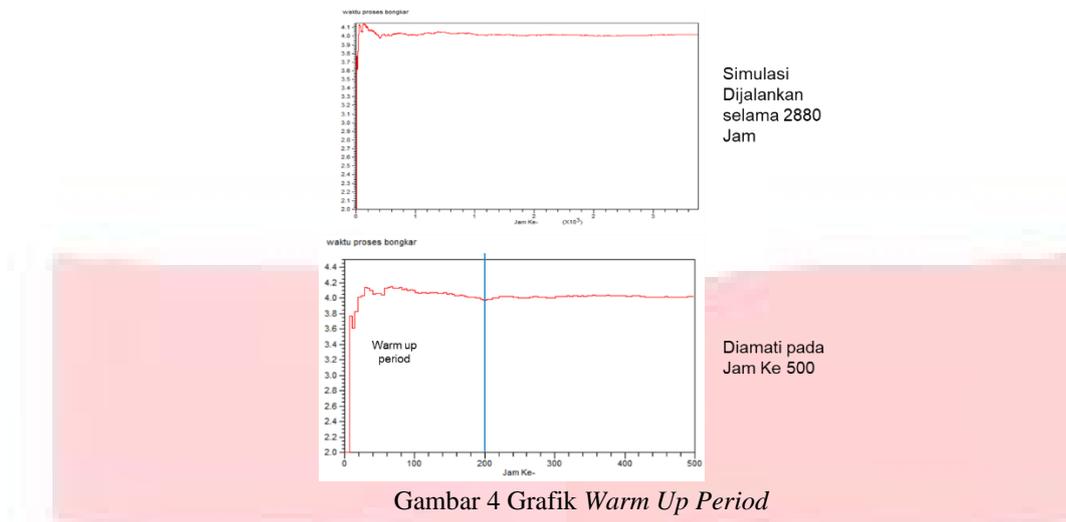


Gambar 3 Model Simulasi Komputer dengan ARENA

Model dibuat menjadi 5 area aktivitas yang ditunjukkan oleh A, B, C, D, dan E pada Gambar 3. Bagian A merupakan model yang menggambarkan kedatangan kereta dan proses langsir. Bagian B dan C adalah proses bongkar kereta oleh gantry crane dan reach stacker. Bagian D merupakan area penuangan dump truck yang berisi batubara ke stockpile. Pada Bagian E merupakan area penggabungan Kembali kereta yang telah dilangsir dan dilakukan pencatatan statistik.

**3.4 Validasi Model Simulasi**

Sebelum melakukan validasi, dibutuhkan beberapa sampel replikasi dari hasil run simulasi. Perolehan data dilakukan dengan metode batch mean yang diawali dengan mengidentifikasi warm up period. Gambar 4 Menunjukkan bahwa



Gambar 4 Grafik Warm Up Period

Warm up period terjadi hingga pada jam ke 200. Sehingga panjang simulasi yang harus dijalankan adalah 3080 jam. Data yang diperoleh pada kondisi *steady state* akan dikelompokkan menjadi 12 *batch* atau sampel replikasi yang menjadi *n* awal untuk uji kecukupan replikasi. Panjang setiap *batch* adalah 240 menit atau selama 1 bulan kerja dimana 1 hari kerja dalam sistem adalah 8 jam. Hasil perolehan data ditunjukkan pada Tabel 1. Data yang diperoleh telah melalui uji normalitas dan uji autokorelasi dengan hasil yang dapat diterima. Berdasarkan Tabel 1, diperoleh *confidence interval* atau *half width* sebesar 0.0235 maka hasil uji kecukupan replikasi dengan tingkat kepercayaan 95% ( $\alpha = 0.05$ ) adalah sebagai berikut.

$$n' = \left( \frac{(z_{0.05/2}) \times s}{half\ width} \right)^2$$

$$n' = \left( \frac{1.96 \times 0,037}{0,0235} \right)^2$$

$$n' = 9,523 \approx 10$$

Tabel 1 Ringkasan Hasil Perolehan Data

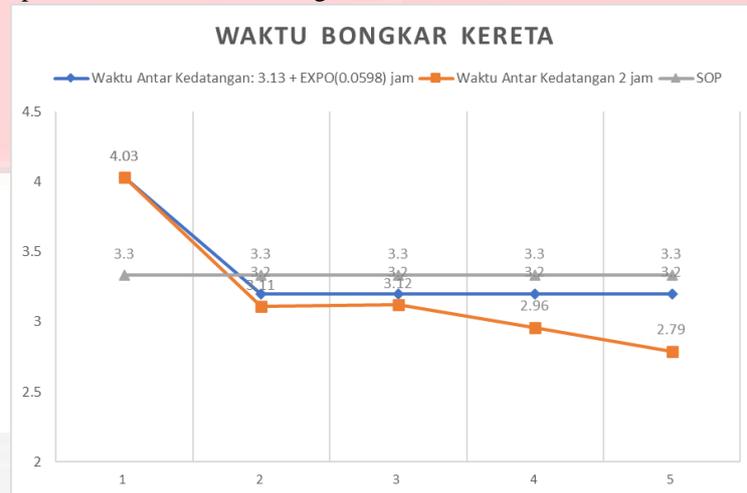
Bulan/Batch ke-	Waktu Bongkar Kereta (jam)	
	SIMULASI	REAL
1	3.93	3.98
2	4.09	4.03
3	4.06	4.08
4	4.05	4.07
5	4.03	4.00
6	4.02	4.02
7	4.02	3.98
8	4.02	4.08
9	4.01	3.98
10	4.01	4.06
11	4.02	4.06
12	4.02	4.03
<b>Rata-rata =</b>	<b>4.02</b>	<b>4.03</b>
<b>Standar Deviasi =</b>	<b>0.037</b>	<b>0.041</b>
<b>Variansi =</b>	<b>0.001359</b>	<b>0.001698</b>
<b>Alpha (0.05) =</b>	<b>2.201</b>	<b>2.201</b>
<b>Confidence Interval =</b>	<b>0.02342</b>	<b>0.02618</b>
	<b>4.02 ± 0.02342</b>	<b>4.04 ± 0.02618</b>

Dengan  $n > n'$  atau  $12 > 10$ , dapat disimpulkan bahwa jumlah replikasi sebanyak 12 dapat dikatakan cukup. Setelah melalui uji kecukupan replikasi, dilakukan perbandingan dengan uji *paired t* untuk melihat apakah model simulasi dapat merepresentasikan sistem nyata. Uji *paired t* dihitung dengan bantuan *software IBM SPSS*. Kriteria yang digunakan adalah nilai signifikan (*sig.*) yang dihasilkan dari perhitungan *software IBM SPSS* dengan hipotesis awal yaitu tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara model simulasi dengan sistem nyata. Tabel 2 merupakan hasil perhitungan uji *paired t* dengan bantuan *software IBM SPSS*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai signifikansi yang diperoleh adalah  $0.706 > 0.05$  yang artinya hipotesis awal dapat diterima yaitu tidak terdapat perbedaan antara model simulasi dengan sistem nyata. Hal ini dapat didukung dengan hasil interval  $(-0.278, 0.1952)$  yang mengandung nilai 0 yang artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Dapat disimpulkan bahwa model simulasi tervalidasi secara statistik.

### 3.5 Hasil dan Analisis

#### 1) Analisis waktu operasi bongkar kereta

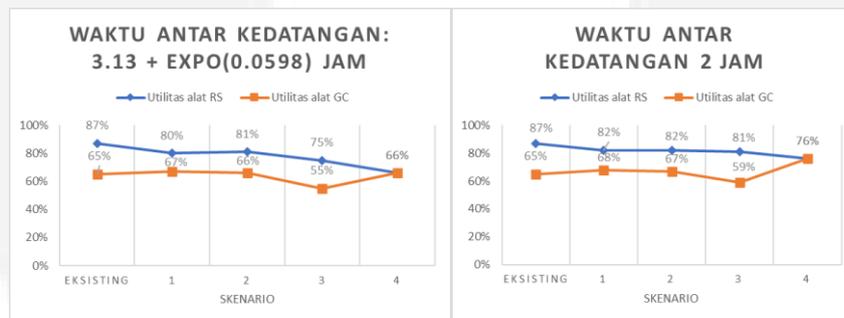
Eksperimen dilakukan setelah seluruh proses pembangunan model simulasi dilakukan. Rancangan eksperimen dibuat menjadi 4 skenario dengan dengan kondisi antar kedatangan kereta normal dan ekstrim. Pada kondisi normal, seluruh skenario dapat menurunkan waktu bongkar kereta rata-rata menjadi 3.2 jam. Artinya seluruh skenario dapat menjadi alternatif. Pada kondisi ekstrim yang menggambarkan bahwa semakin cepat kereta dibongkar maka antar kedatangan kereta semakin singkat. Kondisi ekstrim membuat antar kedatangan kereta konstan selama 2 jam sehingga semua skenario dapat dilihat sejauh mana skenario dapat menurunkan waktu bongkar kereta.



Gambar 5 Grafik Hasil Eksperimen Waktu Operasi Bongkar Kereta

Gambar 5 merupakan grafik yang menunjukkan perbandingan antara kondisi normal dan ekstrim. Berdasarkan grafik tersebut yang paling besar menurunkan waktu operasi bongkar kereta adalah skenario 4 atau yang dilambangkan nomor 5 pada grafik dengan menambahkan 1 gantry crane dan 5 dump truck.

#### 2) Analisis Utilitas Alat Bongkar



Gambar 6 Grafik Analisis Utilitas Alat Bongkar

Utilisasi peralatan bongkar menggambarkan kesibukan peralatan yang digunakan dalam operasi bongkar kereta. Utilitas peralatan untuk masing-masing skenario ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 6. Berdasarkan grafik tersebut, rata-rata utilitas RS (Reach Stacker) dari keseluruhan Skenario lebih tinggi dari pada utilitas GC (Gantry Crane) secara keseluruhan di dua kondisi antar kedatangan. Tingginya utilitas peralatan RS dipengaruhi oleh aktivitas yang dilakukan yaitu melakukan dua aktivitas. Aktivitas yang dilakukan oleh RS adalah membongkar kereta dan memuat kontainer kosong ke rangkaian kereta. Ketika seluruh kereta selesai dibongkar, RS masih melakukan aktivitasnya yaitu memuat kontainer kosong ke kereta yang masih ada. Skenario 1 dan skenario 4 menunjukkan peningkatan utilitas terhadap GC. Pada skenario 1, penambahan 1 unit GC akan menurunkan utilitas peralatan RS yang artinya kesibukan alat RS menurun. Kondisi tersebut terjadi karena kecepatan bongkar GC semakin tinggi. Hal ini berbeda dengan skenario 4, ketika menambahkan 1 unit alat GC dan 5 unit DT, utilitas alat RS cenderung stabil dari skenario 3 dan terjadi peningkatan terhadap utilitas alat GC yang meningkat hingga 76%. Skenario terbaik berdasarkan utilitas alat bongkar adalah skenario 4 dengan nilai utilitas RS sebesar 76% dan GC sebesar 76%.

### 3) Pemilihan skenario terbaik

Pemilihan skenario akan dilakukan dengan uji bonferonni untuk membandingkan secara statistik antar skenario. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

H0:  $\mu_1 = \mu_2 \dots = \mu_k = \mu$  , untuk k adalah alternatif skenario.

H1:  $\mu_i = \mu_j$ , untuk setidaknya ada satu pasangan  $i \neq j$ .

Tingkat kepercayaan keseluruhan adalah 95% dengan nilai  $\alpha$  sama dengan 0.05 dan n adalah 12. berdasarkan uji benferonni, didapatkan 10 pasangan sehingga untuk masing pasangan adalah 0.005 dengan nilai distribusi  $t_{11,0.0025} = 3.496$ .

Berdasarkan Tabel 3, hampir semua perbandingan baik eksisting dengan skenario maupun skenario dengan skenario lainnya sehingga H0 dengan hipotesis tidak terdapat perbedaan signifikan antara eksisting dengan skenario lainnya dapat ditolak. Perbandingan yang tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan adalah pasangan perbandingan skenario 1 dan skenario 2. Dari perhitungan Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa:

- Pada perbandingan antara eksisting Dengan semua skenario menunjukkan bahwa skenario yang memiliki selisih perbandingan yang terbesar adalah skenario 4 yang artinya memiliki waktu operasi bongkar kereta yang lebih singkat sebesar (1.216, 1.299) jam dibandingkan kondisi eksisting.
- Pada perbandingan antara skenario 1 dengan skenario 2, 3, dan 4 menunjukkan bahwa perbandingan dengan selisih terbesar adalah pada skenario yang memiliki waktu operasi bongkar kereta yang lebih singkat (0.305, 0.375) jam dibandingkan skenario 1.
- Pada perbandingan antara skenario 2 dengan skenario 3 dan 4 menunjukkan bahwa perbandingan dengan selisih terbesar ada pada perbandingan antara skenario 2 dengan skenario 4. Artinya Skenario 4 memiliki waktu operasi bongkar kereta yang lebih singkat selama (0.326, 0.350) jam dibandingkan skenario 2.
- Pada perbandingan antara skenario 3 dengan skenario 4 menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan. Artinya skenario 4 memiliki waktu proses bongkar kereta lebih singkat (0.158, 0.192) jam dibandingkan dengan skenario 3.

Dapat ditarik kesimpulan bahwa Skenario 4 merupakan skenario alternatif terbaik diantara semua skenario lainnya sehingga skenario 4 terpilih untuk direkomendasikan dengan skenario penambahan alat berupa 1 unit GC dan 5 unit DT.

Tabel 2 Perhitungan Komparasi Skenario dengan Bonferonni

Pasangan	Rata-rata	Half Width	Interval
(Existing - Sken.1)	0.917	0.016	(0.901, 0.934)
(Existing - Sken.2)	0.920	0.032	(0.887, 0.952)
(Existing - Sken.3)	1.082	0.025	(1.058, 1.107)
(Existing - Sken.4)	1.258	0.041	(1.216, 1.299)
(Sken.1 - Sken.2)	0.002	0.026	(-0.024, 0.028)
(Sken.1 - Sken.3)	0.165	0.020	(0.145, 0.185)
(Sken.1 - Sken.4)	0.340	0.035	(0.305, 0.375)
(Sken.2 - Sken.3)	0.163	0.009	(0.153, 0.172)
(Sken.2 - Sken.4)	0.338	0.012	(0.326, 0.350)
(Sken.3 - Sken.4)	0.175	0.017	(0.158, 0.192)

### 4) Analisis Waktu Tunggu Kereta

Skenario 4 dapat mengurangi waktu tunggu kereta sebesar 16.6% atau selama 1.24 jam dimana waktu tunggu kereta setelah skenario usulan adalah selama 6.22 jam dan waktu existing selama 7.4 jam.

### 5) Analisis Finansial

Analisis Finansial merupakan salah satu upaya yang diterapkan untuk menilai kelayakan suatu investasi secara finansial [13]. Berdasarkan analisis terhadap parameter dalam penelitian ini, diperoleh opsi terbaik untuk meningkatkan kinerja bongkar kereta batu bara dan mengurangi waktu tunggu kereta adalah pada

skenario 4 dengan penambahan alat berupa 1 GC (*Gantry Crane*) ditambah *coal travelling hopper* dan 5 DT (*Dump Truck*).

Tabel 3 Tabel Perhitungan Analisis NPV

Tahun Ke-	Cash flow	i=10%	Present Cash flow
0	-Rp11,742,335,477	1.00	-Rp11,742,335,477
1	Rp1,429,074,132	0.91	Rp1,299,158,302
2	Rp1,600,527,839	0.83	Rp1,322,750,280
3	Rp1,786,554,231	0.75	Rp1,342,264,636
4	Rp1,988,241,942	0.68	Rp1,357,995,999
5	Rp2,206,755,639	0.62	Rp1,370,221,631
6	Rp2,443,341,117	0.56	Rp1,379,202,363
7	Rp2,699,330,731	0.51	Rp1,385,183,478
8	Rp2,976,149,178	0.47	Rp1,388,395,556
9	Rp3,275,319,663	0.42	Rp1,389,055,269
10	Rp3,598,470,454	0.39	Rp1,387,366,136
NPV:			Rp1,879,258,172

Berdasarkan Tabel 3 total NPV yang diperoleh adalah sebesar Rp. 1,879,258,172 > 0 artinya investasi layak dilakukan jika pendapatan yang diperoleh adalah Rp. 10,000,000,000 dengan kenaikan tarif biaya 5% dan tarif jual 6% per tahunnya.

#### 4. Kesimpulan

Usulan penambahan alat yang direkomendasikan adalah skenario 4, yaitu dengan mengalokasikan penambahan alat berupa 1 unit *gantry crane* dan 5 unit *dump truck* dengan penurunan waktu operasi bongkar kereta sebesar 30.7 % sehingga berpengaruh terhadap waktu tunggu kereta yang lebih singkat sebesar 16.6% atau selama 1.24 jam. Usulan skenario penambahan alat tersebut layak investasi berdasarkan hasil analisis NPV (*Net Present Value*) yang sebesar Rp. 1,879,258,172.

#### Daftar Pustaka:

- [1] S. Chopra and P. Meindl, *Supply Chain Management: Global Edition*. 2016.
- [2] D. A. Alfazah, A. Yanuar Ridwan, F. Yulianti, and P. G. Artha Kusuma, "Designing Procurement Process Monitoring Dashboard for Supporting Food Security Supply Chain Risk Management System in Indonesian Bureau of Logistics," *13th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications (TSSA)*, 2019.
- [3] R. Y. Kuswandi, A. Y. Ridwan, and E. Hadi, "Development of Monitoring Reverse Logistic System for Leather Tanning Industry using Scor Model," *12th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications (TSSA)*, 2018.
- [4] M. Fadly, A. Y. Ridwan, and D. Akbar, "Hotel room price determination based on dynamic pricing model using nonlinear programming method to maximize revenue," *Proceedings of 2nd International Conference on Applied Information Technology and Innovation: Exploring the Future Technology of Applied Information Technology and Innovation*, 2019.
- [5] S. Shadiqurrachman, A. Y. Ridwan, and P. G. Artha Kusuma, "Online Travel Agency Channel Pricing Policy based on Dynamic Pricing Model to Maximize Sales Profit Using Nonlinear Integer Programming Approach," 2019.
- [6] R. Razafuad, A. Y. Ridwan, and B. Santosa, "Development of e-Kanban application using stock-needs rule prioritizing policy to reduce 0-pick for pharmaceutical warehousing," *6th International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2018*, 2018.
- [7] S. E.B., D. D.D., L. Andrawina, and S. B., "Warehouse Picking Model for Single Picker Routing Problem in Multi Dimensional Warehouse Layout Using Genetic Algorithm Approach to Minimize Delay," *International Conference on Soft Computing and Data Mining*, 124-134, 2018.
- [8] Kelton et al, *Simulation with Arena Sixth Edition*. 2015.
- [9] A. M. Law, W. D. Kelton, and M. J. Schervish, *Simulation Modeling and Analysis.*, vol. 78, no. 383. 2015.
- [10] A. Maria, "Introduction to modeling and simulation," *Winter Simulation Conference Proceedings*, pp. 7-13, 1997.
- [11] W. D. Kelton and M. A. Law, *Simulation Modelling and Analysis, 2nd Edition.*, 2nd ed., vol. 1. New York: McGraw-Hill, Inc., 1991.
- [12] D. P. F. Möller, *Introduction to Transportation Analysis, Modeling and Simulation*. 2014.
- [13] Suliyanto, *Studi Kelayakan Bisnis Pendekatan Praktis*. Yogyakarta: Andi Offset, 2010.