

Aplikasi *Lean Manufacturing* pada Proses Bongkar Muat dan Pengiriman *Coal* dengan Pendekatan Simulasi (Studi Kasus di PT. XYZ)

Teresia Febriarti¹, Lely Herlina², Bobby Kurniawan³
^{1, 2, 3}Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
febriartiteresia@yahoo.co.id¹, aleri@ft-untirta.ac.id², bobbykurniawan@yahoo.com³

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa pelabuhan. Salah satu kegiatannya adalah bongkar muat dan pengiriman cargo coal dari PT. XYZ ke PT. ABC. Waktu total yang disepakati untuk menyelesaikan proses bongkar muat dan proses pengiriman dari PT. XYZ ke PT. ABC sebesar 48 jam atau 2 hari. Namun pada kenyataannya, kesepakatan antara PT. XYZ dan PT. ABC tidak sesuai target untuk proses bongkar muat dan proses pengiriman cargo coal dikarenakan waktu total untuk proses bongkar muat dan pengiriman cargo coal sebesar 63,99 jam atau lebih dari 2 hari. Keterlambatan pengiriman tersebut sangat merugikan PT. XYZ. Dalam keterlambatan tersebut dapat dipastikan ada hambatan-hambatan yaitu waste (pemborosan) yang banyak terjadi baik dalam proses bongkar muat coal dan proses pengiriman sampai kepada pemilik barang. Tujuan penelitian ini adalah merancang simulasi eksisting pada proses bongkar muat dan proses pengiriman coal dari PT. XYZ ke PT. ABC, mengidentifikasi aktivitas-aktivitas value added (VA), non value added (NVA) dan necessary but non value added (NNVA) yang terdapat pada proses bongkar muat dan proses pengiriman cargo coal dan menentukan usulan perbaikan guna meminimasi takt time agar sesuai dengan target perusahaan. Metode yang digunakan adalah simulasi dan penerapan lean pada proses bongkar muat dan pengiriman cargo coal PT. XYZ ke PT. ABC. Kondisi proses bongkar muat dan pengiriman cargo coal digambarkan dalam Big Picture Mapping, kemudian mengidentifikasi waste dan dilakukan pemetaan menggunakan Diagram Aktivitas Proses dan dilakukan simulasi sebagai usulan perbaikan. Berdasarkan pengolahan diketahui bahwa tidak terdapat perbedaan antara system eksisting dan system nyata, untuk aktivitas value added yaitu proses bongkar muat, penimbangan dan pembongkaran, untuk non value added yaitu trouble gate hopper #5, waiting truck dan meal time operator, dan necessary but non value added yaitu stop disch rain, waiting frontloader, cleaning dan sailing. Sementara dari hasil simulasi diperoleh bahwa usulan perbaikan yang dipilih adalah skenario 1 yaitu dengan penambahan shipunloader pada dermaga 1.4. Waktu yang dibutuhkan sebesar 53,16 jam.

Kata kunci : *Waste, Lean Manufacturing, Simulasi, Big Picture Mapping, Diagram Aktivitas Proses, Takt time*

PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa pelabuhan. Salah satu kegiatannya adalah bongkar muat serta proses pengiriman kepada PT. ABC. PT. ABC merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur dimana PT. ABC membutuhkan beberapa macam material yang digunakan untuk proses produksi baik sebagai bahan baku utama maupun bahan baku pendukung yaitu pembakaran. Sejak Juli 2013 PT. ABC mempercayakan PT. XYZ untuk menangani bongkar-muat serta pengiriman beberapa material yang diperlukan seperti *coal*, *iron ore pellet*, *limestone* dan *scrap*. Salah satu material yang banyak diperlukan adalah *coal* (batu bara). Batu bara merupakan material

pendukung untuk bahan bakar dalam proses produksi PT. ABC. Sehingga PT. XYZ mengutamakan proses bongkar muat dan pengiriman terhadap PT. ABC dan memaksimalkan kinerja dalam segala proses baik proses bongkar muat maupun proses pengiriman material pada PT. ABC. Waktu yang disepakati untuk menyelesaikan proses bongkar muat dan proses pengiriman dari PT. XYZ kepada PT. ABC sebesar 48 jam atau selama 2 hari. Namun pada kenyataannya kesepakatan PT. XYZ dan PT. ABC tidak mencapai target untuk proses bongkar muat dan proses pengiriman *coal* dikarenakan waktu total untuk memproses bongkar muat dan pengiriman cargo *coal* sebesar 63,99 jam atau kurang lebih 3 hari. Keterlambatan pengiriman tersebut sangat merugikan

kedua belah pihak dimana PT. XYZ dikenakan *penalty/demurrage* oleh PT. ABC, sedangkan PT. ABC terkena *complain/penalty* oleh pihak jasa perkapalan yang sandar melebihi waktu yang ditargetkan.

Keterlambatan merupakan hambatan yang harus dihindarkan guna meningkatkan efektivitas perusahaan. Dewasa ini efektivitas dalam penyediaan material yang tepat waktu dan tepat pada tempatnya merupakan hal yang sangat penting guna mendapatkan kepercayaan penuh dari *customer*. Dalam keterlambatan tersebut dapat dipastikan ada hambatan-hambatan yaitu *waste* (pemborosan) yang banyak terjadi baik dalam proses bongkar muat *coal* dan proses pengiriman sampai kepada pemilik barang. Sebelum menggunakan pendekatan *Lean*, akan dilakukan simulasi guna membuktikan apakah target 2 hari yang telah ditetapkan kedua belah pihak merupakan sesuatu yang telah diperhitungkan secara matang atau dapat direalisasikan. Setelah mendapat pembuktian maka akan dilakukan pendekatan *lean* guna mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan yang ada serta meminimasi *takt time*. *Takt time* adalah waktu proses bongkar-muat dan pengiriman curah *coal* yang berdasarkan pada kecepatan permintaan konsumen.

Untuk meminimasi *takt time* sangatlah sulit karena memerlukan identifikasi *waste* (pemborosan) guna mengetahui apa sajakah yang termasuk ke dalam *value added*, *non value added* dan *necessary but non value added*. Setelah mengetahui apa saja aktivitas yang termasuk ke dalam tiga kategori tersebut maka dapat diminimasi dengan meminimasi atau menghilangkan aktivitas yang tidak diperlukan/tidak ada nilai tambah (*non value added*) atau meminimasi waktu dalam *necessary but non value added*.

Pada penelitian ini, simulasi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara sistem nyata dan sistem simulasi, apakah sesuai atau tidak terdapat perbedaan guna diteliti lebih lanjut. Setelah terbukti sesuai maka akan dilakukan pendekatan *lean* yaitu mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang tidak memberi nilai tambah selama aliran proses dan mengusulkan perbaikan melalui simulasi dengan menggunakan Promodel. Simulasi dengan promodel dapat menghasilkan alternatif solusi bagi perusahaan untuk menghilangkan *waste* dan memberikan nilai tambah.

METODE PENELITIAN

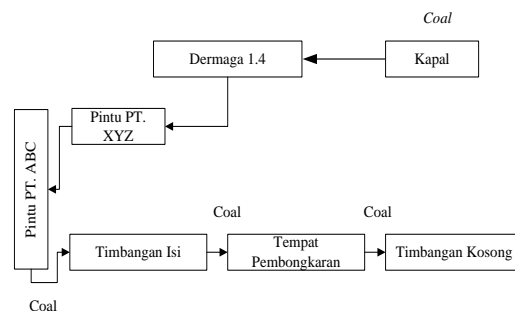
Pada penelitian ini, data yang dikumpulkan adalah data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh dengan cara pengamatan atau observasi terhadap objek penelitian. Pengamatan dilakukan dengan dua cara yaitu melakukan pengamatan secara langsung di area objek penelitian dan mengumpulkan informasi dengan cara wawancara kepada karyawan. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari perusahaan yaitu data yang berhubungan dengan gambaran umum perusahaan ataupun arsip perusahaan

yang menunjang penelitian ini. Adapun data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data umum perusahaan, data waktu proses, data waktu perjalanan, data hasil kuesioner, data hasil wawancara, dan data hasil observasi.

Data-data yang telah dikumpulkan dilakukan pengolahan data, Pengolahan data yang dilakukan yaitu analisis data input, pembuatan simulasi sistem eksisting yaitu dengan uji kecukupan data, setelah data yang diuji dinyatakan cukup maka tahap selanjutnya adalah perancangan model simulasi eksisting, setelah dirancang maka masuk ke verifikasi dan validasi model. Setelah model valid maka dapat dikatakan tidak terdapat perbedaan antara sistem eksisting dan sistem nyata. Tahap selanjutnya adalah pembuatan *flow process chart*, lalu masuk ke tahap *waste workshop* atau identifikasi pemborosan, pembuatan *current state* aktivitas proses, pembuatan *current state big picture mapping*, perancangan model simulasi skenario 1,2, dan 3. Perbandingan model sistem eksisting dengan skenario 1,2, dan 3. Lalu pemilihan model simulasi skenario terbaik. Tahap terakhir adalah pembuatan *future state* aktivitas proses dan *future state big picture mapping*.

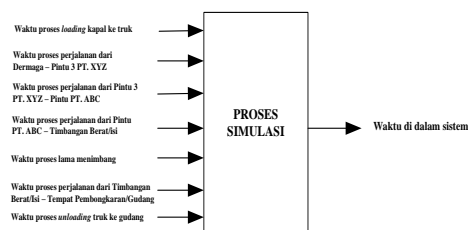
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum identifikasi *waste* dilakukan, akan dilakukan simulasi terhadap sistem nyata. Apakah sistem eksisting yang dibuat sesuai atau tidak terdapat perbedaan dengan sistem nyata. Jika iya maka akan masuk ke tahap *waste workshop*. Berikut diagram aliran entitas (*Entity Flow Diagram*):



Gambar 1. Entity Flow Diagram

Berikut ini merupakan bagan yang menunjukkan model konseptual pada penelitian ini :



Gambar 2. Entity Flow Diagram

Analisis data *input* meliputi *statistika deskriptif*, pengujian asumsi pada data yaitu uji independensi dan

homogenitas serta dilakukan *distribution fitting* untuk mengetahui distribusi dari data yang telah diambil. Data yang dikumpulkan yaitu data waktu proses muat (*load*) dari kapal ke truk, data waktu proses pengiriman dari dermaga ke pintu PT. XYZ, data waktu proses pengiriman dari pintu PT. XYZ ke PT. ABC, data waktu proses pengiriman dari pintu PT. ABC ke tempat penimbangan, data waktu proses lama menimbang, data waktu proses pengiriman dari tempat penimbangan ke tempat pembongkaran dan data waktu proses lama pembongkaran. Pengujian pada data *input* menggunakan *software Stat:fit*. Sebelum melakukan pengujian data *input* terhadap data waktu proses muat (*load*) dari kapal ke truk dilakukan uji kecukupan data terlebih dahulu untuk mengetahui apakah data yang diambil telah mewakili populasi yang ada. Berikut uji kecukupan data untuk data waktu proses muat (*load*) dari kapal ke truk.

Tabel 1. Waktu proses muat kapal ke truk (menit)

No	Dermaga (Muat)	No	Dermaga (Muat)	No	Dermaga (Muat)
1	5.00	20	5.23	39	3.98
2	4.75	21	5.67	40	5.01
3	4.80	22	5.92	41	4.95
4	3.50	23	4.98	42	4.12
5	6.80	24	5.65	43	6.12
6	6.50	25	5.68	44	6.56
7	5.00	26	5.45	45	3.57
8	3.50	27	4.83	46	6.07
9	3.71	28	4.90	47	4.10
10	6.50	29	4.82	48	6.54
11	3.99	30	4.45	49	6.21
12	4.40	31	4.99	50	4.31
13	6.65	32	4.73	51	6.76
14	6.17	33	4.55	52	4.25
15	6.00	34	6.86	53	4.31
16	4.87	35	6.20	54	3.71
17	5.37	36	5.82	55	5.28
18	5.50	37	5.41		
19	5.98	38	5.71		

Total data $\sum_{i=1}^N X_i = X_1 + X_2 + \dots + X_n = 286.69$

$$\text{Mean} : \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{286.69}{55} = 5.212$$

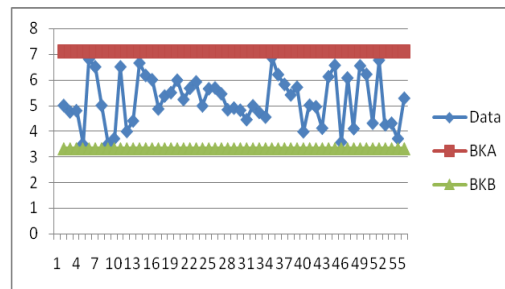
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{51.50}{54}} = 0.95$$

a. Uji Keseragaman Data

$$\text{BKA} = \bar{X} + 2\sigma = 5.212 + 2(0.95) = 7.11$$

$$\text{BKB} = \bar{X} - 2\sigma = 5.212 - 2(0.95) = 3.32$$

b. Peta Kontrol



Gambar 3. Peta Kontrol

Pada peta control diatas tidak terdapat data yang keluar (*out of control*) baik batas atas maupun bawah. Sehingga dapat disimpulkan data ini sudah seragam.

c. Uji Kecukupan

Untuk tingkat keyakinan yaitu sebesar 95% dengan tingkat ketelitian sebesar 5%

Diketahui :

Konstanta tingkat kepercayaan, $K = 2$ dan $S = 0.05$

$$\text{Maka } K/S = \frac{2}{0.05} = 40$$

$$N^* = \left[\frac{k/s \sqrt{N (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}}{(\sum X_i)} \right]^2$$

$$N^* = \left[\frac{40 \sqrt{55(1542.73) - (82189.24)}}{286.69} \right]^2 = 51.79 \approx 52$$

Jika $N > N^*$, maka data sudah mencukupi. Pengambilan data (N) sebanyak 55 data waktu proses, sedangkan perhitungan uji kecukupan (N^*) dihasilkan sebanyak 52 data. Sehingga dapat disimpulkan dengan 52 data saja telah mencukupi *sample* data yang diambil.

Berdasarkan uji kecukupan data yang telah dilakukan, didapatkan bahwa data waktu proses pengiriman curah batu bara (*coal*) dari PT. XYZ ke PT. ABC sudah cukup mewakili populasi yang ada maka selanjutnya adalah melakukan analisis data *input*. Berikut analisa data *input* yang telah dilakukan terhadap data yang telah didapatkan.

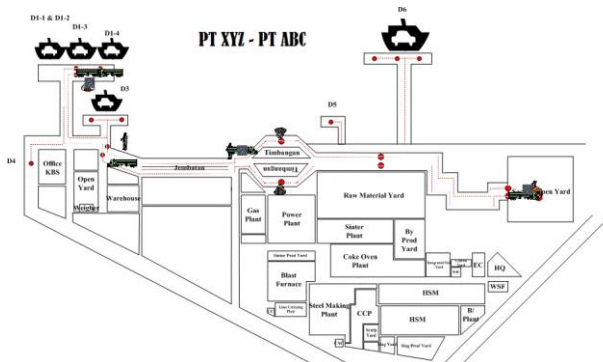
runs test on input	
runs test (above/below median)	
data points	55
points above median	27
points below median	27
total runs	22
mean runs	28.
standard deviation runs	3.63941
runs statistic	1.64862
level of significance	5.e-002
runs statistic(2.5e-002)	1.95996
p-value	9.92255e-002
result	DO NOT REJECT
runs test (turning points)	
data points	55
turning points	35
mean turnings	36.3333
standard deviation turnings	3.07499
turnings statistic	0.433606
level of significance	5.e-002
turnings statistic(2.5e-002)	1.95996
p-value	0.664575
result	DO NOT REJECT

Gambar 4. Run Test

Run test bertujuan untuk mengetahui apakah data tersebut bisa digunakan, ditandai dengan *do not reject* atau tidak bisa digunakan *reject*. Pada gambar di atas tidak ada data yang *reject* baik dari batas atas maupun

bawah data yang berarti bahwa data tersebut dapat digunakan.

Tahap selanjutnya adalah Perancangan Model Simulasi Eksisting. Berikut ini merupakan *layout* model eksisting :



Gambar 5. *Layout* Model Eksisting

Setelah merancang model simulasi eksisting maka tahap selanjutnya adalah uji replikasi dimana uji replikasi ini untuk mengetahui apakah replikasi yang dijalankan sudah mencukupi replikasi minimal yang dibutuhkan.

Tabel 2. Data Jumlah *Total Exits* proses pengiriman PT. XYZ – PT. ABC

Replikasi	<i>Total Exits</i>
1	63.98
2	63.99
3	64
4	63.99
5	64
6	63.99
7	64
8	64
9	63.99
10	63.99
Ave	63.99
S	0

Perhitungan jumlah replikasi :

$$t_{n-1, \alpha/2} = t_{(10-1), (0,05/2)} = 2,262$$

$$s = 0,006749$$

$$n = 10$$

$$e = \frac{(t_{n-1, \alpha/2})s}{\sqrt{n}} = \frac{2,262 \times 0,006749}{\sqrt{10}} = 0,004828$$

$$n = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})s}{e} \right]^2 = \left(\frac{1,96 \times 0,006749}{0,004828} \right)^2 = 2,739859 \approx 3$$

Jadi jumlah replikasi yang dibutuhkan adalah 3, sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan replikasi 10 kali telah mencukupi replikasi minimal yang diperlukan.

Setelah uji replikasi maka dilakukan uji verifikasi dan validasi model. Uji verifikasi model dilakukan dengan memperhatikan animasi. Animasi model yang dijalankan, berjalan sesuai dengan yang diinginkan

peneliti serta menggunakan fasilitas *trace* dan *debugging*. Pada saat model dijalankan, fasilitas tersebut tidak memunculkan informasi bahwa model bermasalah atau dapat dikatakan bahwa model berjalan lancar sesuai yang diinginkan, sehingga model simulasi ini telah memenuhi uji verifikasi model.

Setelah melakukan uji verifikasi terhadap model simulasi, maka selanjutnya diperlukan uji validitas antar model simulasi dengan sistem nyata yang ada. Uji validitas dilakukan untuk melihat apakah model simulasi yang dibuat sudah mewakili sistem nyata yang ada. Berikut perhitungan uji validitas menggunakan *Paired Sample T-Test* :

Tabel 3. Perhitungan Uji Validitas

Replikasi	Sistem Nyata	Sistem Simulasi
1	63.99	63.98
2	63.98	63.99
3	63.99	64.00
4	63.99	63.99
5	64.00	64.00
6	64.00	63.99
7	63.98	64.00
8	63.99	64.00
9	63.99	63.99
10	63.98	63.99

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2$: Rata-rata waktu bongkar muat serta proses pengiriman sistem nyata = rata rata waktu bongkar muat serta proses pengiriman model simulasi
- $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$: Rata-rata waktu bongkar muat serta proses pengiriman sistem nyata \neq rata rata waktu bongkar muat serta proses pengiriman model simulasi
- $\alpha : 0,05$
- Wilayah Kritis tolak H_0 jika : $t_{hitung} > t_{tabel}$
 $t_{hitung} > t_{(n-1, \alpha/2)}$
 $t_{hitung} > t_{(9 ; 0,025)}$
 $t_{hitung} > 2,262$

- Hasil perhitungan menggunakan *software* SPSS

Tabel 4. *Paired Samples T-test*

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	Sistem_Nyata - Sistem_Eksisting	.0010	.01197	.00379	-.00756	.00956	.264	9	.798

- Keputusan : Dari *output* dapat dilihat bahwa Sig (2 *tailed*) = 0,798. Hal itu berarti probabilitas lebih dari $\alpha = 0,05$ dengan demikian H_0 diterima yang berarti adalah tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai rata-rata *output* sistem nyata (riil) dibanding sistem simulasi. Selain itu, nilai t_{hitung}

sebesar 0,264 kurang dari nilai t_{tabel} sebesar 2,262 yang berarti juga H₀ diterima.

Setelah diketahui bahwa model simulasi eksisting tidak terdapat perbedaan dengan sistem nyata maka tahap selanjutnya adalah pembuatan *waste workshop*.

Selanjutnya adalah tahap *waste workshop* yaitu melalui proses wawancara dan penyebaran kuesioner. Proses wawancara dan penyebaran kuesioner ini dilakukan terhadap sepuluh orang yang berkaitan langsung dengan proses pengiriman curah batu bara (*coal*) dari PT. XYZ ke PT. ABC. Berikut rata-rata hasil skor masing-masing *waste* berdasarkan urutan dari yang tertinggi ke yang terendah :

Tabel 5. skor rata-rata tiap pemborosan

No	Pemborosan	Rata-Rata	Rangking
1	Transportation	7.99	1
2	Unappropriate Processing	7.89	2
3	Defect	7.39	3
4	Waiting	6.07	4
5	Inventory	5.66	5
6	Motion	0	6
7	Overproduction	0	7

Berdasarkan tabel terlihat bahwa nilai rata-rata *transportation* menempati rangking pertama dengan nilai rata-rata sebesar 7,99.

Setelah dilakukannya *waste workshop* maka dapat disimpulkan bahwa pemborosan terbesar berada pada *transportation*, *transportation* merupakan salah satu proses yang berpengaruh besar terhadap kepercayaan konsumen. Namun karena *transportation* terbesar berada pada titik lokasi timbangan dengan tempat pembongkaran yang merupakan wilayah PT. ABC. Sehingga *transportation* tidak dapat diteliti dikarenakan bukan wilayah/kawasan peneliti. Setelah dilakukan observasi lapangan, maka proses bongkar muat dari kapal ke truk yang merupakan *waste* terbesar atau merupakan titik utama masalah dalam penelitian ini, maka tahap selanjutnya adalah aktivitas proses dimana aktivitas proses merupakan penjabaran mengenai aktivitas apa sajakah yang terdapat dalam setiap proses dari mulai proses bongkar-muat serta proses pengiriman curah batu bara dari PT. XYZ kepada PT. ABC. Berikut adalah diagram alir aktivitas proses yang terdapat pada proses bongkar-muat serta proses pengiriman dari PT. XYZ sampai kepada PT. ABC :

	Bongkar-muat	Transport1	Transport2	Transport3	Proses penimbangan	Transport4	Proses Pembongkaran
Waktu tersedia	3840	3840	3840	3840	3840	3840	3840
Waktu sebelum proses	150	150	150	150	150	150	150
Waktu bongkar-muat	3690	3690	3690	3690	3690	3690	3690
VA	2693.57	1695.76	1437.26	439.45	330.88	2298.6	816.86
NVA	996.43	1994.24	2252.74	3250.55	3359.12	691.4	2873.14
%	72	46	39	12	9	78	22

Gambar 6. Aktivitas Proses

a. *Value Added*

Aktifitas yang memberikan nilai tambah

Tabel 6. Value Added Activity

No	Aktivitas	Waktu	Kategori
1	Kapal Sandar	-	VA

Tabel 6. Lanjutan Value Added Activity

No	Aktivitas	Waktu	Kategori
2	Proses muat dari kapal ke truk	2693.57	VA
3	Proses Penimbangan	2998.6	VA
4	Proses Percetakan Surat Jalan	-	VA
5	Proses pembongkaran	816.86	VA
Total			

b. *Necessary But Non Value Added*

Aktifitas yang tidak memberikan nilai tambah ke dalam proses pengiriman namun perlu dilakukan untuk mendukung aktifitas yang memberikan nilai tambah (*Value Added*)

Tabel 7. Necessary But Non Value Added Activity

No	Aktivitas	Waktu	Kategori
1	Stop dish due to rain	60	NNVA
2	Stop dish due to rain	30	NNVA
3	Waiting frontloader	16.43	NNVA
4	Cleaning	90	NNVA
5	Sailing	140	NNVA
Total		336.43	

c. *Non Value Added*

Aktifitas yang tidak memberikan nilai tambah

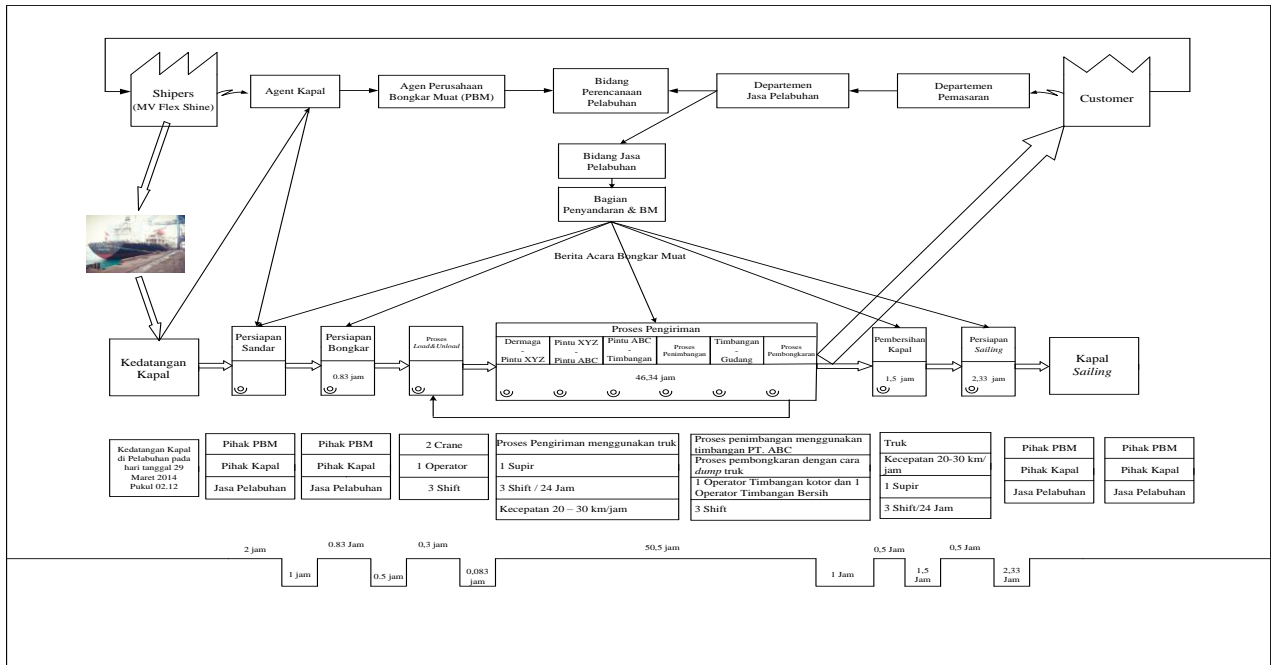
Tabel 8. Non Value Added Activity

No	Aktivitas	Waktu	Kategori
1	Trouble Gate hopper #5	120	NVA
2	Trouble Gate hopper #5	210	NVA
3	Waiting truck #1,5/ problem in stock yard	180	NVA
4	problem in stock yard (full)	90	NVA
5	Meal time operator	60	NVA
Total		660	Total

Pada proses bongkar muat dari kapal ke truk terdapat *value added time*, *non value added time* dan *necessary but non value added time*. Dimana akan dijabarkan sesuai dengan tahapan aktivitas yang dilakukan sebelum sampai setelah proses berakhir.

Sehingga dapat disimpulkan total dari *non value added time* dan *necessary but non value added time* adalah 996.43 untuk proses bongkar muat dari kapal ke truk.

Selanjutnya adalah tahap pembuatan *Big Picture Mapping* guna mengetahui alur proses dari konsumen sampai supplier seperti apa. Berikut ini adalah gambaran *Big Picture Mapping* dari proses pengiriman curah batu bara dari PT. XYZ ke PT. ABC :



Gambar 7. Big Picture Mapping

Perancangan Skenario Usulan

Beberapa rancangan skenario dibuat untuk mengurangi waktu proses di dalam proses bongkar muat serta proses pengiriman dari PT. XYZ ke PT. ABC. Berikut ini rencana skenario yang akan dibuat :

1. Skenario 1 : menambahkan *shipunloader*
2. Skenario 2 : menambahkan timbangan
3. Skenario 3 : *combine* skenario 1 dan 2

Perbandingan hasil simulasi antara sistem eksisting dengan skenario 1,2, dan 3 :

Tabel 8. Perbandingan sistem eksisting dan skenario

No	Sistem Eksisting	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
1	63.98	53.14	63.98	53.24
2	63.99	53.16	63.99	53.26
3	64	53.16	64	53.26
4	63.99	53.15	63.99	53.25
5	64	53.17	64	53.26
6	63.99	53.16	63.99	53.28
7	64	53.20	64	53.28
8	64	53.19	64	53.29
9	63.99	53.17	63.99	53.25
10	63.99	53.16	63.99	53.26
S	0.0067	0.017	0.0067	0.015

Pada tabel menjelaskan mengenai perbandingan waktu rata-rata proses bongkar-muat serta proses pengiriman dari PT. XYZ kepada PT. ABC. Terdapat 3 skenario dan 1 simulasi eksisting dimana pada simulasi eksisting rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut sebesar 63.99 jam, untuk skenario 1

dengan penambahan *crane (shipunloader)* membutuhkan waktu sebesar 53.17 jam, untuk skenario 2 dengan menambahkan jumlah timbangan pada PT. ABC membutuhkan waktu sebesar 63.99 jam dan untuk skenario 3 dengan mengkombinasikan penambahan yaitu penambahan *crane (shipunloader)* dan timbangan membutuhkan waktu sebesar 53.26 jam. Terjadi penurunan waktu yang signifikan dengan perancangan skenario 1, 2, dan 3, yaitu dengan menghilangkan aktivitas *Non Value Added (NNVA)*.

Uji *Analysis of Variance (ANOVA)* dilakukan untuk menguji apakah waktu proses bongkar-muat serta proses pengiriman curah batu bara *existing* dengan skenario 1, 2 dan 3 memiliki perbedaan atau tidak memiliki perbedaan. Berikut perhitungan *Analysis of Variance (ANOVA)* :

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$
- 2) H_1 : Sekurang-kurangnya terdapat satu perbedaan antara model eksisting dengan model skenario.
- 3) $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah Kritik tolak H_0 jika : $F_{hitung} > F_{tabel}$
 $F_{hitung} > F_{(\alpha, v1, v2)}$
 $F_{hitung} > F_{(0,05, 9, 36)}$
 $F_{hitung} > 2,156$
- 5) Hasil perhitungan menggunakan *software SPSS*

ANOVA

Waktu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1161.701	3	387.234	2362781.410	.000
Within Groups	.006	36	.000		
Total	1161.707	39			

Gambar 7. Hasil Perhitungan Uji Analisis of Variance (ANOVA)

6) Keputusan : $F_{hitung} (2362781.41) > F_{tabel} (2,156)$ maka H_0 ditolak atau nilai rata-rata waktu proses bongkar muat serta pengiriman dari PT. XYZ kepada PT. ABC pada simulasi eksisting, skenario 1, 2, dan 3 tidak sama.

Pada hasil pengujian *Analysis of Variance* (ANOVA) diatas tidak diketahui apakah terdapat perbedaan dan bagaimana perbedaan yang ada. Untuk itu, perlu dilakukan uji *Least Significant Difference* (LSD) untuk mengetahui apa saja yang berbeda dan bagaimana perbedaan yang ada. Berikut ini merupakan perhitungan uji *Least Significant Difference* (LSD) yang dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$LSD(\alpha) = t_{(df_{error}, \alpha/2)} \sqrt{\frac{2(MSE)}{n}}$$

$$= t_{(36, 0.025)} \sqrt{\frac{2(0)}{10}}$$

$$= 0$$

Setelah didapat hasil dari LSD, langkah selanjutnya adalah menentukan alternatif terbaik. Berikut merupakan tabel perhitungan :

Tabel 9. Analisis Least Significant Difference

	Skenario 1 ($\bar{X}_1=53.16$)	Skenario 2 ($\bar{X}_2=63.99$)	Skenario 3 ($\bar{X}_3=53.27$)
Eksisting ($\bar{X}_1=63.99$)	$ \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 10,83$ Signifikan ($10,83 > 0$)	$ \bar{X}_1 - \bar{X}_3 = 0$ Tidak Signifikan ($0 = 0$)	$ \bar{X}_1 - \bar{X}_4 = 10,27$ Signifikan ($10,27 > 0$)
Skenario 1 ($\bar{X}_2=53.16$)		$ \bar{X}_2 - \bar{X}_3 = 10,83$ Signifikan ($10,83 > 0$)	$ \bar{X}_2 - \bar{X}_4 = 0,11$ Signifikan ($0,11 > 0$)
Skenario 2 ($\bar{X}_3=63.99$)			$ \bar{X}_3 - \bar{X}_4 = 10,27$ Signifikan ($10,27 > 0$)

Berdasarkan tabel perhitungan LSD diatas diperoleh selisih rata-rata dari sistem eksisting dan skenario 1 lebih dari nilai LSD yaitu $10,83 > 0$. Maka dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan dari kedua sistem antara sistem eksisting dengan skenario 1 atau dengan kata lain memiliki perbedaan yang signifikan dalam hal rata-rata datanya. Untuk sistem eksisting dengan skenario 2 sama dengan nilai LSD yaitu $0 = 0$. Maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan dari kedua sistem antara sistem eksisting dan skenario 2 atau dengan kata lain kedua data tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Untuk sistem eksisting dan skenario 3 lebih dari nilai LSD yaitu $10,27 > 0$. Maka dapat disimpulkan bahwa kedua data tersebut memiliki perbedaan yang signifikan. Untuk skenario 1 dengan skenario 2 hasilnya adalah lebih besar dari nilai LSD yaitu $10,83 > 0$. Maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dari kedua data tersebut. Untuk skenario 1 dengan skenario 3 hasilnya adalah lebih besar dari nilai LSD yaitu $0,11 > 0$. Maka dapat disimpulkan kedua data tersebut memiliki perbedaan yang signifikan. Untuk skenario 2 dan skenario 3 hasilnya adalah lebih besar dari nilai LSD yaitu $10,27 > 0$. Maka dapat disimpulkan bahwa kedua data tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

Multiple Comparisons

(i) Kondisi		(j) Kondisi		Mean Difference (i-j)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
SistemEksisting	Skenario1			10.82700	.00573	.000	10.8154	10.8386
	Skenario2			.00000	.00573	1.000	-.0116	.0116
	Skenario3			10.72900	.00573	.000	10.7174	10.7406
Skenario1	SistemEksisting			-10.82700	.00573	.000	-10.8386	-10.8154
	Skenario2			-10.82700	.00573	.000	-10.8386	-10.8154
	Skenario3			-.09800	.00573	.000	-.1096	-.0864
Skenario2	SistemEksisting			.00000	.00573	1.000	-.0116	.0116
	Skenario1			10.82700	.00573	.000	10.8154	10.8386
	Skenario3			10.72900	.00573	.000	10.7174	10.7406
Skenario3	SistemEksisting			-10.72900	.00573	.000	-10.7406	-10.7174
	Skenario1			.09800	.00573	.000	.0864	.1096
	Skenario2			-10.72900	.00573	.000	-10.7406	-10.7174

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Gambar 8. Multiple Comparisons

Tabel 10. Rangking hasil LSD

Kondisi	Waktu	Rank
Skenario 1	53,16	1
Skenario 3	53,27	2
Sistem Eksisting = Skenario 2	63,99	3

Dari skenario dan kondisi eksisting yang disimulasikan didapatkan bahwa skenario 1 menghasilkan *output* yang lebih baik dibandingkan yang lainnya. Oleh karena itu skenario 1 adalah skenario usulan yang lebih baik.

Setelah dilakukan usulan perbaikan maka selanjutnya dilakukan perhitungan *Persentase Process Cycle Efficiency* (PCE) yang diperoleh setelah memilih usulan perbaikan yang terbaik yaitu pada skenario 1. Berikut perhitungannya :

$$PCE_{eksisting} = 0,7299 = 72,99\%$$

$$PCE_{Skenario 1} = 0,8889 = 88,89\%$$

$$\text{Maka PCE} = PCE_{Skenario 1} - PCE_{eksisting}$$

$$= 15,9\%$$

Berdasarkan nilai *Process Efficiency* (PCE) diatas maka diketahui bahwa efisiensi waktu proses bongkar muat dan pengiriman cargo *coal* dari PT. XYZ ke PT. ABC mengalami peningkatan sebesar 15,9%.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dihasilkan adalah hasil simulasi pada sistem eksisting menunjukkan waktu rata-rata proses bongkar muat dan pengiriman cargo *coal* dari PT. XYZ ke PT. ABC membutuhkan waktu sebesar 63,99 jam, Aktivitas-aktivitas pada proses bongkar muat dan pengiriman cargo *coal* dari PT. XYZ ke PT. ABC, aktivitas *Value Added* (VA) terdiri dari 4 aktivitas yaitu proses bongkar dari kapal untuk dimuat ke truk, proses penimbangan isi, proses pembongkaran dan proses penimbangan kosong. Untuk aktivitas *Non Value Added* (NVA) terdiri dari 5 aktivitas yaitu *Trouble Gate Hopper #5* sebanyak 2 kali, *Waiting Truck #1,5* sebanyak 2 kali dan *Meal Time Operator*. Dan untuk aktivitas *Necessary but Non Value Added* terdiri dari 5 aktivitas yaitu *Stop Dish Due to Rain* sebanyak 2 kali, *Waiting Frontloader*, *Cleaning*, dan *Sailing* dan dari ketiga usulan perbaikan maka skenario yang terpilih adalah skenario 1 yaitu dengan usulan perbaikan penambahan *shipunloader* pada dermaga 1.4 guna

mempercepat proses bongkar muat dan pengiriman cargo *coal* dari PT. XYZ ke PT. ABC. Sehingga didapat *takt time* yang hampir mendekati target dengan waktu penyelesaian sebesar 53,17 jam.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, F. (2003), *Lean Manufacturing Tools and Techniques in the process industry with a focus on steel*, Doctoral dissertation, University of Pittsburgh.

Alaca, H., dan Dr. Ceylan, C. 2011. *Value Chain Analysis using Value Stream Mapping: White Good Industry Application*. Turkey: Istanbul Technical University, ISTANBUL,34357.

Gasperz, V., dan Fontana, A. 2011. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Bogor: Vichisto Publication

Harrel, C., Gosh, K.B., dan Bowden, OR. 2000. *Simulation Using ProModel, 2nd ed*. New York : McGraw-Hill Companies Inc.

Herlina, L. 2013. “Aplikasi *Lean Manufacturing* pada proses *unloading* cargo *iron ore* dengan pendekatan simulasi”. Seminar Nasional IENACO-2013.

Hines, P., and Rich, N. 1997. *The Seven Value Stream Mapping Tools. International Journal of Operation & production Management*, Vol. 17 No. 1:46-64. MCB University Press, 0144-3577.

Hines, P & Taylor, D. 2000. *Going Lean: A Guide to Implementation*. Cardiff: Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School Aberconway

Law, A.M., dan Kelton, W.D. 1991. *Simulation Modelling and Analysis, 2nd ed*. New York : McGraw Hill.

ProModel Product Team. 2008. *Promodel version 7.0 user guide*. ProModel Corporation, Urem,UT.

Putra, A.”Penerapan Simulasi pada Perusahaan Berbasis Lean”. *Jurnal Teknik Industri* Vol 1 No. 2 Juli 2011: 181-188

Sumatupang, T. 1995. *Teori Sistem*. Yogyakarta :Andi Offset.

Staublish, M.J., dan Pujawan, I,N. 2011. “Evaluasi dan Simulasi Perbaikan *Order Fulfillment Process* pada Pupuk Urea Bersubsidi dengan Pendekatan *Lean Distribution* (Studi Kasus: Kantor Pemasaran Jatim-PT. Pupuk Kaltim TBK)” diakses 26 Mei 2014 dari <http://digilib.its.ac.id>

Walpole, R. 1986. Ilmu Peluang Statistik untuk Insinyur dan Ilmuwan. Institut Teknologi Bandung

Womack, J.P. and D.T Jones . 1996. *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*, Simon&Schuster, New York.

Womack, J.P., and D. T. Jones. 2005. *Lean Solutions How Companies and Customer Can Create Value and Wealth Together*, Free Press, New York.

Zuhdi, A. 2004. *Pelatihan Dasar Optimasi Proses Produksi Dengan Metode Simulasi*. Yogyakarta: UGM.