

Analisis Proses Produksi HRPO Menggunakan Metode *Lean Manufacturing* Dengan Pendekatan Simulasi Di Divisi *Cold Rolling Mill* (Studi Kasus di PT. KS)

Ekobuono Jati Widodo¹, Lely Herlina², Evi Febianti³
Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
vatican_knight@yahoo.co.id (1), lely@untirta.ac.id (2), evifebianti@yahoo.com (3)

ABSTRAK

PT. KS (K Krakatau Steel. Tbk) bergerak dalam bidang proses produksi baja. Salah satu divisi PT. KS adalah CRM (*Cold Rolling Mill*) yang memproduksi baja lembaran dingin berupa coil. Penelitian ini mencakup proses produksi pada output produk mill CPL (*Continuous Pickling Line*) berupa HRPO (*Hot Roll Pickle Oil*) yang termasuk dalam kategori produk coil unggulan PT. KS. Namun pada kenyataannya, masih terdapat ketidak-efisienan dalam proses produksinya. Tujuan dari penelitian ini adalah melihat perbandingan nilai PCE (*Process Cycle Efficiency*) setelah dilakukan identifikasi waste dan reduksi sub-sub aktivitas yang menyebabkan produksi belum optimal pada divisi CRM serta merancang pemodelan simulasi sistem untuk melihat perbandingan hasil output rata-rata unit dari simulasi antara kondisi eksisting dan usulan yang dipilih. Metode yang digunakan untuk mengatasi waste yaitu dengan *lean manufacturing* yang diantaranya terdapat 7 macam pemborosan yaitu *overproduction*, *transportation waste*, *waiting*, *over processing waste*, *inventory*, *motion waste*, dan *defect product waste*. Setelah dilakukan identifikasi terhadap seven waste, lalu dilakukanlah pemetaan untuk mengetahui tools yang tepat dengan menggunakan *Value Stream Analysis Tools (VALSAT)*. Berdasarkan perhitungan waste workshop didapatkan persentase waste yang terjadi yaitu *transportation waste* sebesar 22,86 %, *inventory* sebesar 20%, *motion waste* sebesar 19,05% , *defect product waste* sebesar 17,14% , *over processing waste* sebesar 12,38 %, *waiting* sebesar 8.57%, dan *overproduction* yaitu sebesar 0%. Total waktu *lead time process* saat produksi HRPO sebesar 975, untuk mengurangi waktu *lead time* perlu dirancang perbaikan dengan menggunakan tools *Process Activity Mapping*, *Big Picture Mapping*, *Simulation System*, serta melihat perbandingan antara kondisi eksisting dan usulan terbaik dengan *Process Cycle Efficiency*. Setelah itu dirancanglah model simulasi dari usulan perbaikannya. Berdasarkan rekapitulasi *Process Cycle Efficiency* didapatkan peningkatan waktu produksi dari 68% menjadi 72%. Usulan simulasi model ke-2 menjadi usulan perbaikan yang dipilih untuk mengoptimalkan output HRPO dari 145 unit menjadi 164 unit. Dengan demikian terdapat peningkatan 19 unit produk HRPO dalam 1 shift kerja.

Kata kunci : *Lean Manufacturing*, *Reduction Waste*, *Process Cycle Efficiency*, *Simulation System*.

PENDAHULUAN

PT. KS (K Krakatau Steel. Tbk) bergerak dalam bidang proses produksi industri baja. Salah satu divisi yang terdapat dalam PT. KS adalah CRM (*Cold Rolling Mill*). Divisi CRM ini memproduksi baja lembaran dingin berupa coil (gulungan baja lembaran). Produk baja lembaran dingin ini selanjutnya dipakai sebagai bahan baku utama dalam pembuatan drum, asbes, perindustrian otomotif maupun perindustrian makanan kemasan kaleng.

PT. KS masih menggunakan *system make to stock* dalam sistem produksinya. Pada divisi CRM sedang mengalami ketidak-optimalan dalam lini produksi yang dimana perlu diselidiki perihal apa saja yang menyebabkan hal tersebut terjadi. Pada studi penelitian ini mencakup proses produksi yang terdapat dalam output produk pada mill CPL (*Continuous Pickling*

Line) di divisi CRM yang terdapat pada PT. KS yang berupa HRPO (*Hot Roll Pickle Oil*). Produk HRPO ini termasuk dalam kategori produk coil unggulan PT. KS namun pada kenyataannya masih terdapat ketidak-efisienan dalam proses produksinya yang menyebabkan output produk HRPO/ unit coil belum optimal.

Lean manufacturing dilakukan untuk mengidentifikasi waste apa saja yang terdapat pada saat produksi berlangsung sehingga proses tersebut dapat dianalisa serta dievaluasi menurut keilmuan *lean*. Kemudian sub aktivitas-aktivitas produksi tersebut dapat diklasifikasikan berdasarkan kelasnya untuk diminimasi atau direduksi. Setelah itu dapat dilakukan perancangan usulan perbaikan pada prosesnya dengan simulasi sistem (*trial and error*) dengan bantuan *software* pro model. Sehingga dapat diperbandingkan mana proses yang paling optimal, sehingga nantinya dapat diusulkan perbaikannya untuk PT. KS sebagai upaya perbaikan

sistem produksi HRPO pada mill CPL di divisi CRM dikemudian hari.

METODE PENELITIAN

Sumber data penelitian harus sesuai pada keadaan sebenarnya, data yang akan diolah terdiri dari dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan langsung dari objek penelitian, dalam hal ini observasi langsung pada mill CPL dan wawancara dengan *specialist* SCI CRM. Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari dokumen-dokumen dan laporan perusahaan, dalam hal ini adalah data waktu mill CPL.

Pengumpulan data penelitian dilakukan selama 1 bulan yaitu dari 17 Februari – 17 Maret 2014 yang terfokus pada mill CPL.

Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan wawancara dengan *specialist* SCI CRM dan menyebarkan beberapa kuisioner pada operator CPL dan QC CRM untuk mengetahui pembobotan *waste workshop* yang terdapat saat memproduksi HRPO.

Dari hasil kuisioner yang telah didapat lalu disusunlah *matrix* pemilihan *tools* menggunakan VALSAT (*Value Stream Analysis Tools*) sebagai penentu *tools* yang akan digunakan selanjutnya untuk menganalisis *waste*.

Lalu dibuatlah PAM (*Process Activity Mapping*) pada kondisi *current state* yang bertujuan untuk mengetahui seluruh sub-sub aktivitas mana saja yang tergolong VA, NVA, dan NNVA sehingga dapat dipresentasikan kategori aktivitas dari seluruh kegiatan produksi HRPO yang dilihat dari hasil PCE (*Process Cycle Efficiency*). Setelah itu dibuatlah BPM (*Big Picture Mapping*) pada kondisi *current state* yang bertujuan untuk menggambarkan seluruh sub-sub aktivitas tersebut dari hulu hingga hilir produksi HRPO.

Kemudian dilakukanlah pengujian kecukupan data dari data waktu pada setiap sub aktivitas produksi HRPO, bilamana data sudah cukup maka dapat dilanjutkan pada tahap perancangan model simulasi yang diantaranya menggambarkan model konseptual dari *input*-proses-*output* produksi HRPO, menentukan asumsi model sebagai batasan model, dan penentuan distribusi data *stat.:fit* dengan bantuan *software* pro model.

Perancangan model simulasi eksisting dibuat berdasarkan sub-sub aktivitas yang terdapat pada mill CPL dalam memproduksi HRPO berdasarkan penjabaran kegiatan-kegiatan beserta waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan tersebut agar lebih detail.

Setelah itu dilakukanlah uji replikasi model untuk mengetahui berapa kali pengulangan yang sebenarnya dibutuhkan pada simulasi sistem terhadap suatu model yang telah dirancang.

Lalu dilakukanlah uji verifikasi model yang dibuat dalam upaya penyesuaian antara rancangan model *layout* pada mill CPL dengan kondisi nyata dilapangannya. Setelah itu peneliti mengamati jalannya simulasi yang telah dirancang.

Selanjutnya dilakukan uji validasi model dari *output* pada sistem nyata dan data yang dihasilkan dari *output* eksisting pada sistem simulasi. Lalu melakukan perhitungan dengan *software* SPSS untuk mendapatkan hasil dari uji korelasi antara dua sistem dan *paired sample t-test*.

Setelah itu barulah dapat dirancang beberapa skenario usulan perbaikan pada kondisi *future state* pada mill CPL div CRM.

Lalu dibuatlah perbandingan hasil simulasi dalam upaya mengoptimalkan waktu proses produksi pada mill CPL. Selanjutnya perhitungan ANOVA yang dilakukan untuk menguji apakah waktu pada mill CPL (*Continuous Pickling Line*) memiliki rata-rata yang sama atau tidak.

Selanjutnya Uji *Least Significant Difference* (LSD) dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang ada.

Selanjutnya *Post Hoc Test* dengan menggunakan LSD digunakan untuk mengetahui apa saja yang berbeda dan bagaimana perbedaan yang ada pada setiap model dengan bantuan *software* SPSS.

Selanjutnya yaitu merancang usulan perbaikan yang dilakukan untuk mereduksi *lead time* produksi HRPO pada mill CPL berdasarkan analisa sub aktivitas yang tergolong *waste activity* yang terdapat pada usulan yang terpilih.

Terakhir membuat PAM dan BPM pada kondisi *future state* sebagai upaya perbaikan terhadap mill CPL dalam memproduksi HRPO.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama yang dilakukan yaitu mengidentifikasi *waste* pada data bobot kuisioner proses produksi HRPO didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Data Responden Proses Produksi HRPO Divisi CRM

No	Jenis Waste	Bobot		
		Specialist SCI CRM	Quality Control CRM	Foreman CPL CRM
1	Overproduction	0	0	0
2	Waiting	2	4	3
3	Transportation Waste	9	7	8
4	Defect Product Waste	5	7	6
5	Inventory	8	6	7
6	Over Processing Waste	3	4	6
7	Motion Waste	8	7	5
TOTAL		35	35	35

Setelah itu dilakukanlah perhitungan *waste workshop* sebagai berikut ini:

Tabel 2. Perhitungan Waste Workshop CRM

No	Jenis Waste	Bobot			Total	Rata-rata	%	Peringkat
		Specialist SCI CRM	Quality Control CRM	Foreman CPL CRM				
1	Over Production	0	0	0	0	0	0	7
2	Waiting	2	4	3	9	3	8.57	6
3	Transportation Waste	9	7	8	24	8	22.86	1
4	Defect Product Waste	5	7	6	18	6	17.14	4
5	Inventory	8	6	7	21	7	20	2
6	Over Processing Waste	3	4	6	13	4.33	12.38	5
7	Motion Waste	8	7	5	20	6.67	19.05	3
TOTAL		35	35	35	105	35	100	

Dari hasil perhitungan *waste workshop* didapatkan nilai persentasi dari proses produksi HRPO di mill CPL pada Div. CRM PT. KS yaitu transportation waste sebesar

22,86%, *inventory* sebesar 20%, *motion waste* sebesar 19,05%, *defect product waste* sebesar 17,14%, *over processing waste* sebesar 12,38%, *waiting* sebesar 8,57%, dan *over production* sebesar 0%.

Setelah itu disusunlah *matrix* pemilihan *tools* menggunakan VALSAT sebagai berikut:

Tabel 3. Perhitungan VALSAT

Waste/ Structure	Score Rate-Rate	Process Activity Mapping	Supply Chain Response Matrix	Production Factory Funnel	Quality Filter Mapping	Demand Amplification Mapping	Decision Point Analysis	Physical Structure
Transportation Waste	8	H	L					L
Motion Waste	6,67	H	L					S
Waiting	3	H	H	L		M	M	
Over Processing Waste	4,33	L	M		L	M	M	
Inventory	7	M	H	M		H	M	H
Defect Product Waste	6	L			H			
Jumlah	35	190,33	109,67	24,00	58,33	85,00	43,00	71,00
Peringkat		1	2	7	5	3	6	4

Berdasarkan pembobotan *kuisisioner* VALSAT yang telah dilakukan, maka *tools* yang akan digunakan yaitu *Process Activity Mapping*.

Setelah itu dilakukanlah perhitungan PAM pada kondisi *current state* sebagai berikut ini:

Tabel 4. Perhitungan Perhitungan PAM - Current State

No.	Kegiatan	Jarak (m)	Waktu (s)	Jenis Aktivitas				Kategori
				O	T	I	S	
1	Transport Coil by Crane	10	100		T			NNVA
2	Moving Line	2	31		T			NNVA
3	Pemotongan Pengikat Coil	1	15	O				VA
4	Pemotongan Ujung Coil		100	O				VA
5	Pemakanan Coil		148	O				VA
6	Pengelasan Coil		45	O				VA
7	Recoil		187	O				VA
8	Pemotongan sisa recoil		3	O				VA
9	Penggulungan kembali coil		93	O				VA
10	Moving Line	2	33		T			NNVA
11	Perpindahan operator	1	10				D	NVA
12	Bander Coil		39	O				VA
13	Inspeksi Akhir	2	29			I		VA
14	Perpindahan operator	5	60				D	NVA
15	Transportasi dengan Crane	32	10		T			NNVA

Berdasarkan PAM pada kondisi *current state* tersebut dibuatlah persentase kategori aktivitas pada seluruh kegiatan sehingga dapat terlihat hasil PCE (*Process Cycle Efficiency*) sebagai berikut ini:

Tabel 5. Persentase Kategori Akitivitas Seluruh Kegiatan - Current State

Kategori	Waktu	Kegiatan	% Waktu	% Kegiatan
VA	659	9	68%	60%
NNVA	246	4	25%	27%
NVA	70	2	7%	13%
Total	975	15		

Berikut adalah perhitungan *Process Cycle Efficiency*:

$$PCE = \frac{\text{Value Added Time}}{\text{Total Lead Time}} \times 100 \% = (659 / 975) \times 100 \% = 68\%$$

Berdasarkan nilai PCE diatas dapat dilihat bahwa persentase 68% dapat dikatakan sebagai persentase utilitas dalam memproduksi HRPO setiap unit pada kondisi *current state*.

Setelah itu dibuatlah BPM (*Big Picture Mapping*) - *Current State* di CRM yang penjelasannya dapat dilihat pada gambar 1.

Berdasarkan gambar 1 didapatkan bahwa berdasarkan gambar *Big Picture Mapping* tersebut memiliki *lead time* produksi berjumlah 975 detik (dari awal kedatangan hingga produk keluar siap jual) dan terdapat 9 aktivitas yang telah di *breakdown*, VA (*Value Added*) berjumlah 659 detik. Sedangkan pada garis yang menonjol keluar yang bernilai 131 detik, 43 detik, dan 142 detik merupakan transportasi, material handling, dan perpindahan operator yang tergolong NVA (*Non Value Added*) dan NNVA (*Necessary but Non Value Added*).

Selanjutnya dilakukanlah uji kecukupan data dilakukan terhadap data-data waktu *sample* dari beberapa aktivitas yang telah diambil. Adapun ringkasan dari keseluruhan perhitungan waktu setiap aktivitas pada uji kecukupan data adalah sebagai berikut ini:

Tabel 6. Ringkasan Uji Kecukupan Waktu Proses

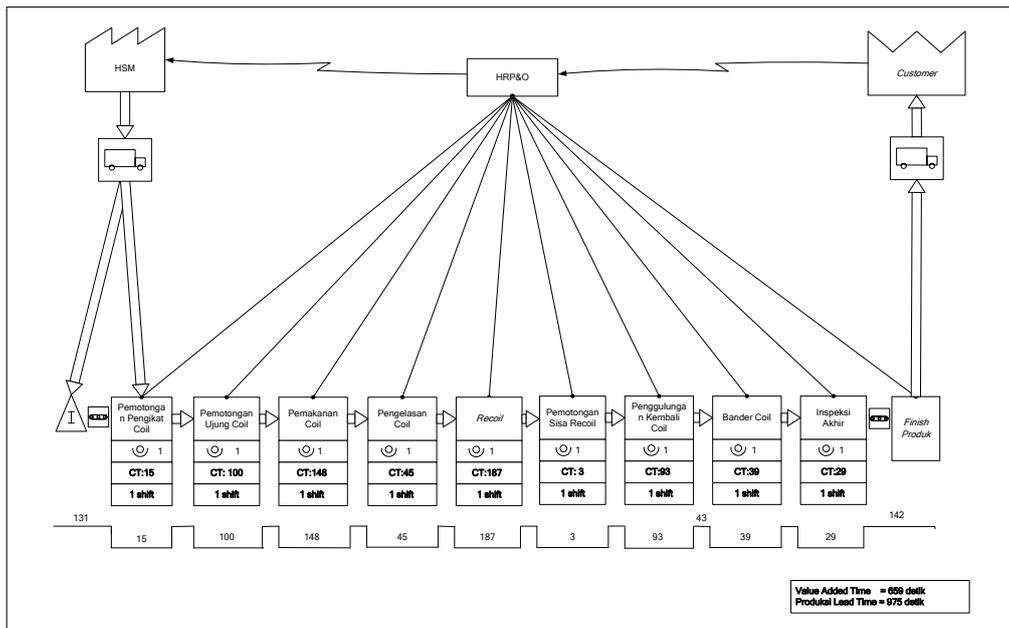
No	Sub Aktivitas	Jumlah Data yang Diambil (N)	Jumlah Kecukupan Data (N')	Notasi	Cukup (Ya/Tidak)
1	Transport Coil by Crane	60	3,9741	N>N'	Ya
2	Moving Line	60	3,9808	N>N'	Ya
3	Pemotongan Pengikat Coil	60	3,9737	N>N'	Ya
4	Pemotongan Ujung Coil	60	3,9741	N>N'	Ya
5	Pemakanan Coil	60	3,9748	N>N'	Ya
6	Pengelasan Coil	60	3,9741	N>N'	Ya
7	Recoil	60	3,9735	N>N'	Ya
8	Pemotongan sisa recoil	60	4,0192	N>N'	Ya
9	Penggulungan kembali coil	60	3,9752	N>N'	Ya
10	Moving Line	60	3,9772	N>N'	Ya
11	Perpindahan operator	60	3,9751	N>N'	Ya
12	Bander Coil	60	3,9689	N>N'	Ya
13	Inspeksi Akhir	60	3,9668	N>N'	Ya
14	Perpindahan operator	60	3,9741	N>N'	Ya
15	Transportasi dengan Crane	60	3,9728	N>N'	Ya

Setelah data waktu tersebut cukup, lalu selanjutnya dilakukanlah perancangan model simulasi yang diantaranya terdapat model konseptual, asumsi model, dan penentuan distribusi data dengan *stat::fit*. Ada pun ringkasan dari setiap distribusi data tersebut terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 7. Ringkasan Distribusi Data

No	Sub Aktivitas	Parameter Distribusi
1	Transport Coil by Crane	L (103,44 ; 5,19841)
2	Moving Line	L (32,0658 ; 1,61133)
3	Pemotongan Pengikat Coil	L (15,515 ; 0,779645)
4	Pemotongan Ujung Coil	L (103,44 ; 5,19841)
5	Pemakanan Coil	L (153,09 ; 7,69366)
6	Pengelasan Coil	L (46,5478 ; 2,33917)
7	Recoil	L (193,432 ; 9,72214)
8	Pemotongan sisa recoil	L (3,10283 ; 0,155532)
9	Penggulungan coil	L (96,199 ; 4,83487)
10	Moving Line	L (34,1353 ; 1,71498)
11	Perpindahan operator	L (10,344 ; 0,519639)
12	Bander Coil	L (40,3417 ; 2,02747)
13	Inspeksi Akhir	L (29,9973 ; 1,50746)
14	Perpindahan operator	L (62,0647 ; 3,11866)
15	Transportasi dengan Crane	L (84,8207 ; 4,26283)

Berikutnya adalah merancang *layout* model simulasi eksisting dari *mill* CPL pada Divisi CRM. Selanjutnya adalah uji replikasi model yang digunakan untuk mengetahui berapa kali pengulangan yang



Gambar 1. Big Picture Mapping Kegiatan Pada Mill CPL - Current State

sebenarnya dibutuhkan pada simulasi sistem terhadap suatu model yang telah dirancang. Pada penelitian ini menggunakan replikasi awal sebanyak 10 kali. Berikut ini adalah datanya:

Tabel 8. Replikasi Output HRPO

Replikasi	Total Exit (unit)
1	145
2	144
3	145
4	145
5	145
6	145
7	144
8	144
9	144
10	145
Rata-rata	144.6
Standar Deviasi	0.52

Berikut ini adalah perhitungan uji replikasi model:

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

$$s = 0,52$$

$$n = 10$$

$$e = \frac{(t_{n-1, \alpha/2})^2 s^2}{n} = \frac{2,262^2 \times 0,52^2}{10} = 0,3694$$

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})^2 s^2}{e} \right]^2 = \left[\frac{1,96^2 \times 0,52^2}{0,3694} \right]^2 = 7,5 \approx 8$$

Berdasarkan perhitungan diatas, penentuan jumlah replikasi yang dibutuhkan adalah 8 replikasi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan jumlah replikasi awal sebanyak 10 replikasi ternyata sudah mencukupi replikasi minimal yang dibutuhkan.

Selanjutnya adalah uji verifikasi model yang dibuat untuk menyesuaikan antara rancangan model layout pada mill CPL dengan kondisi nyata dilapangannya. Jika simulasi yang sudah dibuat mengalami error atau tidak saat di run simulation maka simulasi tersebut

dapat dikatakan sudah berjalan dengan lancar sesuai dengan yang diinginkan, sehingga model simulasi tersebut sudah memenuhi uji verifikasi model.

Selanjutnya adalah uji validasi model dari output pada sistem nyata dan data yang dihasilkan dari output eksisting pada sistem simulasi dengan menggunakan software promodel.

Tabel 9. Data Output Pada Sistem Nyata & Sistem Simulasi

Replikasi	Sistem	
	Nyata (unit)	Simulasi (unit)
1	144	145
2	145	144
3	146	145
4	145	145
5	145	145
6	144	145
7	145	144
8	144	144
9	145	144
10	146	145
Mean	144.9	144.6
St.dev	0.74	0.52

Lalu dilakukanlah uji korelasi antara 2 sistem yang dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan antara hasil output dari sistem nyata dengan output pada total exits simulasi. Jika pada uji kesamaan dua rata-rata data tersebut didapati kedua nilai rata-rata tidak berbeda secara signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa model tersebut memiliki validitas untuk menentukan parameter output produk.

$$t_{hitung} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} = \frac{144,9 - 144,6}{\sqrt{\frac{0,54}{10} + \frac{0,27}{10}}} = 1,053$$

Setelah mendapatkan T_{hitung} sebesar 1,053, lalu dibandingkan dengan nilai T_{tabel} sebesar 2,262.

Didapatkan bahwa nilai $T_{hitung} < T_{tabel}$ yaitu $1,053 < 2,262$ sehingga terima H_0 . Maka dapat disimpulkan bahwa sistem nyata tidak memiliki perbedaan dengan sistem simulasinya sehingga model simulasi dinyatakan valid.

Selanjutnya dilakukanlah perhitungan *paired sample t-test* dengan bantuan *software SPSS 16*, hasilnya adalah sebagai berikut ini:

Paired Samples Test									
Pair	System	Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
1	Sistem_Nyata - Sistem_Simulasi	.30000	.82327	.26034	-.28893	.88893	1.152	.279	

Gambar 2. Hasil Paired Samples Test

Dari hasil *paired samples test* pada gambar 2 didapatkan hasil nilai $T_{hitung} < T_{tabel}$ yaitu $1,152 < 2,262$ dengan nilai standar deviasinya sebesar 0,823 sehingga terima H_0 . Hal tersebut membuktikan bahwa *output* produk sistem nyata tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan sistem simulasinya yang bernilai sig. (2 tailed) 0,279. Hal ini dapat dikatakan bahwa sistem model simulasi dapat dinyatakan valid.

Selanjutnya dirancanglah skenario usulan (*future state*) yang dibuat untuk memberikan usulan perbaikan sistem nyata pada mill CPL tanpa harus merubah sistemnya secara langsung.

Pada penelitian ini diajukan 2 skenario perbaikan sistem pada mill CPL, dan yang terpilih adalah skenario 2 yang dapat dilihat pada gambar 6.

Skenario 2 dipilih karena merupakan usulan proses yang memiliki *output* perbaikan yang dapat dikatakan lebih baik dari pada *output* eksisting dan usulan 1. Berikut ini adalah hasil dari simulasi berdasarkan *output total exit* dengan satuan unit *coil*:

VARIABLES							
Variable Name	Total Changes	Average Seconds Per Change	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Average Value	
Output HRPO	163	175.93	0	163	163	80.09	(Rep 1)
Output HRPO	165	174.36	0	165	165	80.45	(Rep 2)
Output HRPO	164	175.32	0	164	164	79.79	(Rep 3)
Output HRPO	163	175.84	0	163	163	79.97	(Rep 4)
Output HRPO	164	175.52	0	164	164	80.24	(Rep 5)
Output HRPO	164	175.51	0	164	164	80.16	(Rep 6)
Output HRPO	165	174.52	0	165	165	80.20	(Rep 7)
Output HRPO	164	175.01	0	164	164	80.35	(Rep 8)
Output HRPO	163	175.75	0	163	163	79.87	(Rep 9)
Output HRPO	163	176.03	0	163	163	79.88	(Rep 10)
Output HRPO	163,8	175.38	0	163,8	163,8	80.10	(Average)
Output HRPO	0.78	0.58	0	0.78	0.78	0.21	(Std. Dev.)

Gambar 3. Output Simulasi Pada Usulan 2

Berdasarkan hasil replikasi *output total exit* dari produk HRPO pada kondisi usulan 2 adalah 163, 165, 164, 163, 164, 164, 165, 164, 163, dan 163 memiliki rata-rata 163,8 detik serta *standard deviation* sebesar 0,78.

Selanjutnya dilakukan uji *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk menguji apakah waktu pada mill CPL memiliki rata-rata yang sama atau tidak.

ANOVA					
Output_HRPO	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2371.267	2	1185.633	2.270E3	.000
Within Groups	14.100	27	.522		
Total	2385.367	29			

Gambar 4. Hasil Uji ANOVA Mill CPL

$F_{hitung} (2,27) > F_{tabel} (2,25)$ maka H_0 ditolak atau nilai rata-rata waktu produksi HRPO pada simulasi eksisting, skenario 1 dan 2 tidak sama.

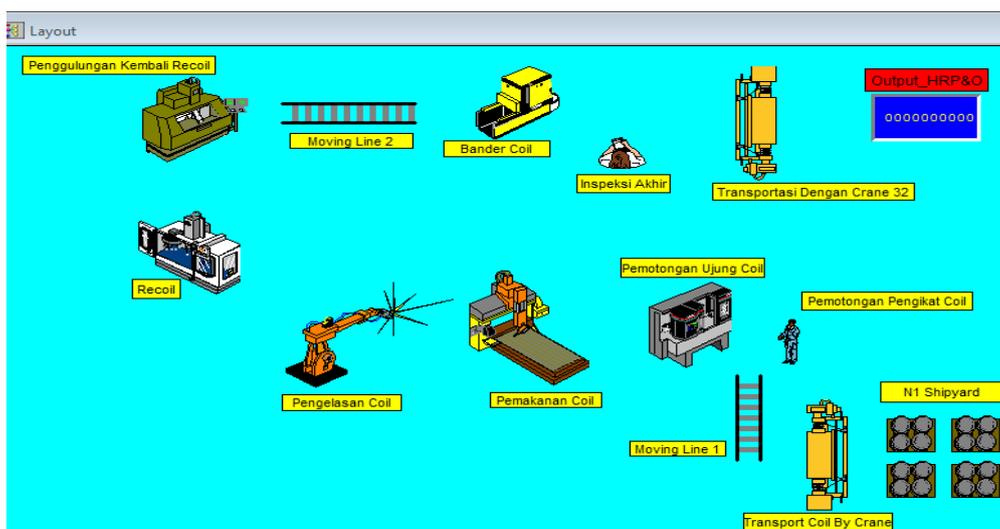
Nilai MSE yang didapat dari hasil perhitungan Uji ANOVA selanjutnya digunakan untuk perhitungan uji LSD secara manual, adapun perhitungannya sebagai berikut ini:

Diketahui : MSE = 0,522

$df_{Error} = 27$

$\alpha/2 = 0,025$

$LSD(\alpha) = t_{(27,0.025)} \sqrt{\frac{2(0.522)}{10}} = 2,373 \times \sqrt{0,1044} = 0,7667$



Gambar 6. Layout Model Simulasi Terpilih (Skenario 2)

Selanjutnya adalah *Post Hoc Test* dengan menggunakan LSD yang digunakan untuk mengetahui apa saja yang berbeda dan bagaimana perbedaan yang ada pada setiap model dengan bantuan *software* SPSS, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

Multiple Comparisons

Output_HRPO
LSD

(I) Kondisi	(J) Kondisi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kondisi Eksisting	Usulan 1	-.70000*	.32318	.039	-1.3631	-.0369
	Usulan 2	-19.20000*	.32318	.000	-19.8631	-18.5369
Usulan 1	Kondisi Eksisting	.70000*	.32318	.039	-.0369	1.3631
	Usulan 2	-18.50000*	.32318	.000	-19.1631	-17.8369
Usulan 2	Kondisi Eksisting	19.20000*	.32318	.000	18.5369	19.8631
	Usulan 1	18.50000*	.32318	.000	17.8369	19.1631

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

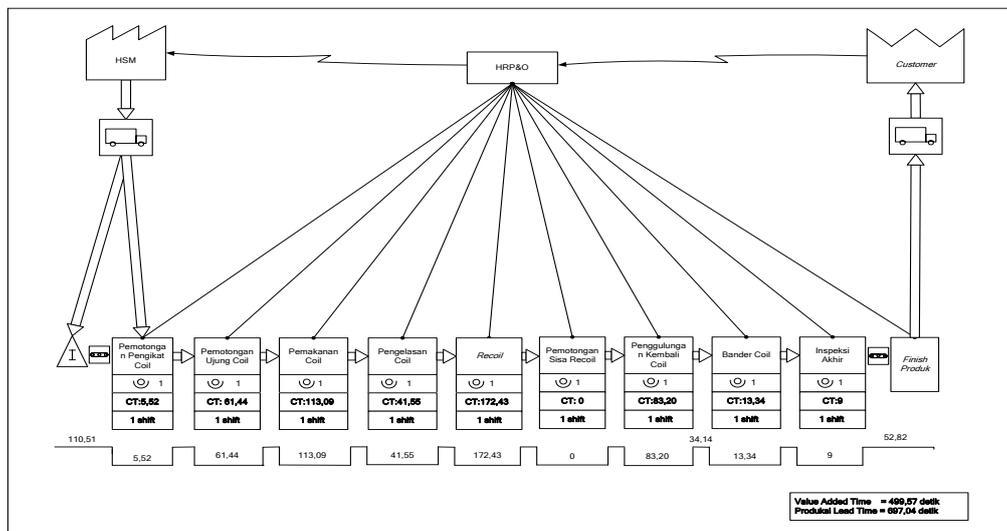
Gambar 5. Multiple Comparisons Mill CPL

Dari gambar 5 dapat kita ketahui bahwa setelah dilakukan analisa perbandingan dengan *post-hoc-test* LSD maka didapatkan perbandingan antara eksisting, usulan 1, dan usulan 2 sehingga pada hasilnya terdapat perbedaan diantara ketiga model tersebut. Dari test tersebut dihasilkan pilihan pertama adalah usulan 2, usulan 1, dan eksisting.

Selanjutnya adalah perhitungan PAM pada kondisi *future state* sebagai berikut ini:

Tabel 10. Perhitungan Perhitungan PAM – Future State

No.	Kegiatan	Jarak (m)	Waktu (s)	Jenis Aktivitas				Kategori
				O	T	I	S	
1	Transport Coil by Crane	10	78,44		T			NNVA
2	Moving Line	2	32,07		T			NNVA
3	Pemotongan Pengikat Coil	1	5,52	O				VA
4	Pemotongan Ujung Coil		61,44	O				VA
5	Pemakanan Coil		113,09	O				VA
6	Pengelasan Coil		41,55	O				VA
7	Recoil		172,43	O				VA
8	Pemotongan sisa recoil		0	O				VA
9	Pengulangan kembali coil		83,2	O				VA
10	Moving Line	2	34,14		T			NNVA
11	Perpindahan operator	1	0				0	NVA
12	Bander Coil		13,34	O				VA
13	Inspeksi Akhir	2	9			I		VA
14	Perpindahan operator	5	0				0	NVA
15	Transportasi dengan Crane 32	10	52,82		T			NNVA



Gambar 7. Big Picture Mapping Kegiatan Pada Mill CPL – Future State

Berdasarkan PAM yang telah direduksi untuk kondisi *future state* tersebut, dibuatlah persentase kategori aktivitas pada seluruh kegiatan sehingga dapat terlihat hasil PCE (*Process Cycle Efficiency*) sebagai berikut:

Tabel 11. Persentase Kategori Aktivitas Seluruh Kegiatan - Future State

Kategori	Waktu	Kegiatan	% Waktu	% Kegiatan
VA	499.57	8	72%	67%
NNVA	197.47	4	28%	33%
NVA	0	0	0%	0%
Total	697.04	12		

Berikut adalah perhitungan *Process Cycle Efficiency*:

$$PCE = \frac{\text{Value Added Time}}{\text{Total Lead Time}} \times 100 \% = (499,57 / 697,04) \times 100 \% = 71,67\%$$

Berdasarkan nilai PCE diatas dapat dilihat bahwa persentase 71,67% dapat dikatakan sebagai persentase utilitas dalam memproduksi HRPO setiap unit.

Selanjutnya dibuatlah *Big Picture Mapping* pada kondisi *Future State* yang dapat dilihat pada gambar 7.

Dari gambar tersebut seluruh sub aktivitas sudah mengalami pereduksian sehingga memiliki total *lead time* produksi berjumlah 697,04 detik (dari awal kedatangan hingga produk keluar siap jual) dan terdapat 8 aktivitas yang telah di *breakdown*, VA (*Value Added*) berjumlah 499,57 detik. Sedangkan pada garis yang menonjol keluar yang bernilai 110,51 detik, 34,14 detik, dan 52,82 detik merupakan NNVA (*Necessary but Non Value Added*) sedangkan aktivitas yang tergolong NVA (*Non Value Added*) telah dihilangkan.

Besarnya waktu VA (*Value Added*) pada kondisi *current state* yaitu 659 detik dengan persen waktu 68% dan pada kondisi *future state* yaitu 499,57 detik dengan persen waktu 72% membuktikan adanya peningkatan efisiensi pada siklus proses. Setelah disimulasikan dari usulan yang dipilih, setelah mengalami minimasi *waste* pada sub aktivitas-aktivitas di mill CPL ternyata dapat meningkatkan 19 unit produk HRPO pada 1 shift kerja.

SIMPULAN

Adapun simpulan yang terdapat dalam studi penelitian ini adalah sebagai berikut :

Perbandingan nilai PCE (*Process Cycle Efficiency*) setelah dilakukan identifikasi *waste* dan reduksi sub-sub aktivitas yang menyebabkan produksi belum optimal pada divisi CRM pada kondisi *current state* adalah sebesar 68% dan pada kondisi *future state* adalah sebesar 72%. Dengan demikian terdapat peningkatan persentase utilitas sebesar 4% dalam proses produksi HRPO. Perbandingan hasil *output* rata-rata unit dari simulasi pada kondisi eksisting adalah sebesar 145 unit dan *output* rata-rata unit dari simulasi pada kondisi usulan yang dipilih adalah sebesar 164 unit. Hal tersebut menandakan bahwa terdapat peningkatan produksi HRPO sebesar 19 unit pada 8 jam kerja (1 *shift* kerja).

DAFTAR PUSTAKA

Gaspersz, V. Fontana, A. 2011. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Vinchristo Publication: Bogor

Hines, P And Rich, N. 1997. *The Seven Value Stream Mapping Tools, International Journal Of Operations & Production Management*, Vol. 17, Hal : 46 - 64.

Khadijah, A. 2013. *Perancangan Perbaikan Proses Produksi Baja Dengan Pendekatan Lean Manufacturing (Studi Kasus di PT. XYZ), Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Industri. FT Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon. (Tidak Publikasi)

Law A.M. dan Kelton D.W. 1992. *Simulation Modeling and Analysis*, 3rd edition. McGraw-Hill : New York.

Ohno, Taiichi. 1995. *Toyota Production System, Beyond Large-Scale Production*, terjemahan: Dr. Edi Nugroho, Pustaka Binaan Pressindo.

Sulastama, B. 2012. *Usulan Perbaikan Proses Produksi Abu Fly Ash dan Abu Bottom Ash Dengan Pendekatan Lean Manufacturing Di PT XYZ, Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Industri. FT Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon. (Tidak Publikasi)

Trisnawati, N. 2013. *Perbaikan Kualitas Layanan Puskesmas Jombang Dengan Pendekatan Lean Healthcare, Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Industri. FT Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon. (Tidak Publikasi)

Womack,J. and Jones,D. (2002). *Lean Thinking*. New York: Simon & Schuster.

DAFTAR BACAAN

Website PT Krakatau Steel (Persero), Tbk. at www.krakatausteel.com