

PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERUSAHAAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SIX SIGMA*, *LEAN* DAN *KAIZEN*

Ari Zaqi Al Faritsy^{*)}, Suseno

Staf Pengajar Jurusan Teknik Industri Universitas Teknologi Yogyakarta
Jl Ringroad Utara, Jombor, Sleman, Yogyakarta Telp. (0274) 623310

Abstrak

Produktivitas merupakan perbandingan antara *output* dengan *input*. Jika *output* yang dihasilkan besar dengan *input* yang tetap atau lebih kecil dari sebelumnya, maka produktivitas perusahaan mengalami peningkatan. Hasil *Output* dipengaruhi oleh faktor dalam proses produksi diantaranya *defect* dan *waste*.

Proses penelitian dengan metodologi six sigma yaitu *define*, tahap ini mendefinisikan masalah dan aktivitas kerja, selanjutnya *measure*, tahap ini menghitung waktu baku, menghitung produktivitas awal dan membuat CVSM, kemudian *analyze*, tahap ini menganalisis penyebab terjadinya *waste*, dan menganalisis CVSM, dan terakhir *improve*, tahap ini membuat usulan proses produksi, aktivitas kerja, dan tata letak pabrik untuk meningkatkan produktivitas, menghitung produktivitas baru, dan membuat FVSM. Selain itu juga ada tahap perbaikan dengan 5S.

Produktivitas kerja awal rangkaian rangka sebesar 1,56 sigma, setelah dilakukan perbaikan menjadi 1,99 sigma. Pada peta proses operasi saat ini ditemukan waktu transportasi = 37,5 menit dan waktu *delay* = 305 menit. Pada peta proses operasi usulan dihasilkan waktu transportasi = 16,25 menit dan waktu *delay* = 70 menit. Pada CVSM waktu siklus = 4,71 jam, dan *lead time* = 38,86 jam dengan total WIP = 299 unit. Pada FVSM waktu siklus = 4,399 jam, dan *lead time* = 30,01 jam dengan total WIP = 198 unit.

Kata kunci: *six sigma*; *lean*; *kaizen*; produktivitas

Abstract

Improving productivity is the most important factors in the development of the company to seek profit. The process of improving productivity can be done by reducing the activity of waste in the production process. Waste is non-value-added activities in the activity of the production process so that the inefficient use of working time. The purpose of this study is to reduce the activity of waste in the production process to improve productivity. The method used is the six sigma methodology which consists of define, measure, analyze, and improve. Define phase process that defines the problems that occur in the company and work activities. Measure phase process that calculates that standard time, calculate the initial productivity and make the current value stream mapping (CVSM). Analyze phase process is to analyse the causes of waste, and analyse the current value stream mapping (CVSM). Improve phase process that makes the proposed map of the operation, work activities, and plant layout to improve productivity, calculate the new productivity, and create future value stream mapping (FVSM). After that, create a standard operating procedure work culture with 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke). The results found early labour productivity series order of 1.56 sigma, after repair to 1.99 sigma. On the map of the current operation discovered the transport time = 37.5 min and a delay time = 305 minutes. On the map of the proposed operation resulting transport time = 16.25 minutes and the time delay = 70 minutes. In CVSM cycle time = 4.71 hours, and lead time = 38.86 hours with a total WIP = 299 units. At FVSM clock cycle time = 4.399, and the lead time = 30.01 hours with a total WIP = 198 units.

Keyword: *six sigma*; *lean*; *kaizen*; productivity

^{*)} Penulis Korespondensi.
email: zaqi.alfaritsy@gmail.com

Pendahuluan

Produktivitas merupakan faktor penting yang mempengaruhi keberlangsungan dan perkembangan perusahaan. Perusahaan harus mampu untuk meningkatkan *output* dengan memperkecil atau menghemat *input*. *Output* yang dihasilkan perusahaan dipengaruhi oleh pemborosan (*waste*) dalam proses produksi.

Menurut Ohno (Kato, 2013), menjelaskan bahwa pemborosan itu dibagi ke dalam tujuh jenis yaitu *overproduction, excess inventory, scrap and rework, wait time, excess conveyance, excess motion, dan overprocessing*. Pada penelitian ini pemborosan yang di bahas adalah *excess inventory* akibat adanya WIP dalam proses, *excess motion* akibat dari proses kerja yang berlebihan dan *wait time* akibat dari proses *transportation material* di rantai produksi dan *waiting*.

Penelitian produktivitas dengan metode *lean six sigma* pernah dilakukan oleh zainuddin dan Mawardi, tujuan ke dua penelitian ini adalah mengurangi pemborosan dengan pendekatan metodologi six sigma (DMAIC). *Tools lean* yang digunakan dalam mengidentifikasi pemborosan adalah VALSTAT (*value stream analysis*). Sedangkan pada penelitian ini menambahkan metode yang digunakan yaitu *kaizen*, dimana proses penelitian menggunakan metodologi six sigma (DMAIC). *Tools lean* yang digunakan dalam penelitian ini adalah VSM (*value stream mapping*). *Tools* Implementasi *kaizen* yang digunakan adalah 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, dan Shitsuke*).

PT. "X" merupakan suatu perusahaan yang memproduksi tiang listrik beton yang dibutuhkan oleh PT. PLN (persero) untuk memenuhi jaringan listrik nasional khususnya Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. Dalam proses produksi terdapat beberapa masalah yang di hadapi seperti adanya produk cacat, pemborosan dalam proses produksi, *lead time* dan *work in process* (WIP). Masalah – masalah tersebut berpengaruh dalam proses peningkatan produktivitas dan kualitas.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana metode six sigma, lean dan *kaizen* dalam meningkatkan produktivitas perusahaan?

Tinjauan Pustaka Produktivitas

Produktivitas kerja didefinisikan sebagai perbandingan(rasio) antara *output* per *input*. Dengan diketahui nilai (indeks) produktivitas, maka akan diketahui pula seberapa efisien pula sumber – sumber input telah berhasil di hemat (wignosoebroto, 2003)

Six sigma

Six Sigma didefinisikan sebagai sebuah sistem yang luas dan komprehensif untuk membangun dan menopang kinerja, sukses, dan kepemimpinan bisnis (Pande, dkk., 2002)

Lean

Lean adalah suatu upaya terus – menerus untuk menghilangkan pemborosan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) produk (barang dan/atau jasa) agar memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*). Tujuan *Lean* adalah meningkatkan terus – menerus *customer value* melalui peningkatan terus – menerus rasio antara nilai tambah terhadap *waste* (*the value to waste ratio*) (Gaspersz, 2007).

Kaizen

Kaizen adalah suatu istilah dalam bahasa Jepang yang dapat diartikan sebagai perbaikan secara terus – menerus (*continuous improvement*) (Gaspersz, 2003).*Kaizen* pada setiap perusahaan, baik perusahaan manufaktur atau bukan, harus dimulai dengan tiga kegiatan ini : standarisasi, 5R dan penghapusan pemborosan.

Integrasi six sigma, Lean, dan Kaizen

Six Sigma, Lean, dan Kaizen masing-masing dengan caranya sendiri, adalah teknik pemecahan masalah yang strategis dalam dunia industri. Integrasi dari ketiga metode kualitas akan membawa alat yang paling ampuh untuk menghilangkan limbah dan meningkatkan produktivitas dan *profitability* (Taghizadegan, 2006).

Metodologi Six Sigma

Upaya peningkatan menuju target *Six Sigma* dapat dilakukan menggunakan dua metodologi, yaitu (1) *Six Sigma*—DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), dan (2) *design for Six Sigma*—DFSS DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design, Verify*) (Gaspersz, 2007).

Metode Penelitian

Variabel yang diteliti dalam penelitian untuk meningkatkan produktivitas perusahaan adalah proses kerja stasiun rangkaian rangka dan *waste* proses produksi tiang listrik beton.

Proses pengukuran waktu normal proses kerja digunakan waktu baku dengan metode *stopwatch time study*, sedangkan untuk *waste* proses produksi diolah dengan menggunakan *value stream mapping* dan peta kerja.

Metode penelitian menggunakan metodologi six sigma yang terdiri dari *Define, Measure, Analyze, dan Improve* (DMAI). Langkah – langkah penelitian disajikan pada gambar di bawah ini.

Hasil dan Pembahasan

Define

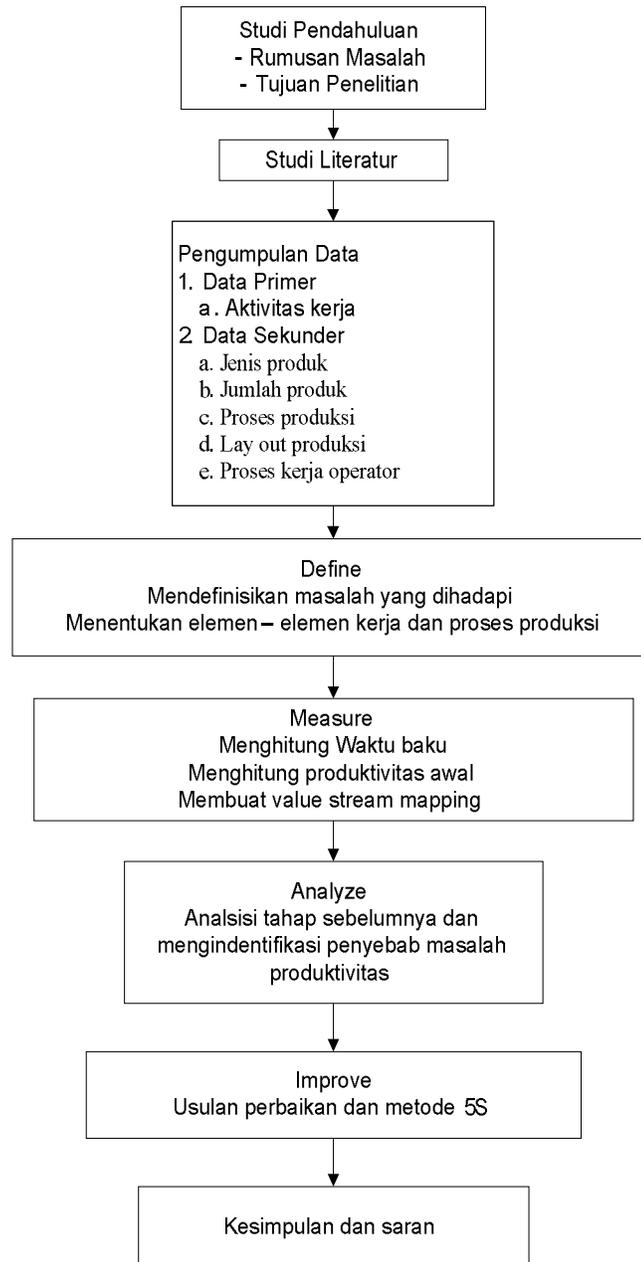
Pada tahap ini dilakukan proses:

1. Aktivitas kerja

Elemen – elemen kerja yang dilakukan oleh operator pada proses rangkaian rangka adalah:

- a. Mengambil besi PC wire

- b. Memasang besi PC wire pada tempat rangkaian
- c. Mengencangkan konis pada PC wire
- d. Menunggu kawat spiral
- e. Mengambil kawat Spiral
- f. Memasang kawat spiral pada PC Wire
- g. Meregangkan kawat spiral dari atas sampai bawah
- h. Mengambil kawat bendrat
- i. Mengikat kawat spiral pada PC wire dengan kawat bendrat
- j. Mengencangkan kawat spiral pada PC Wire dengan kawat bendrat
- k. Melepaskan konis pada PC Wire
- l. Menurunkan hasil rangkaian rangka
- m. Membawa ke tempat penyimpanan



Gambar 1. Diagram Penelitian

2. Masalah dan tujuan proyek six sigma

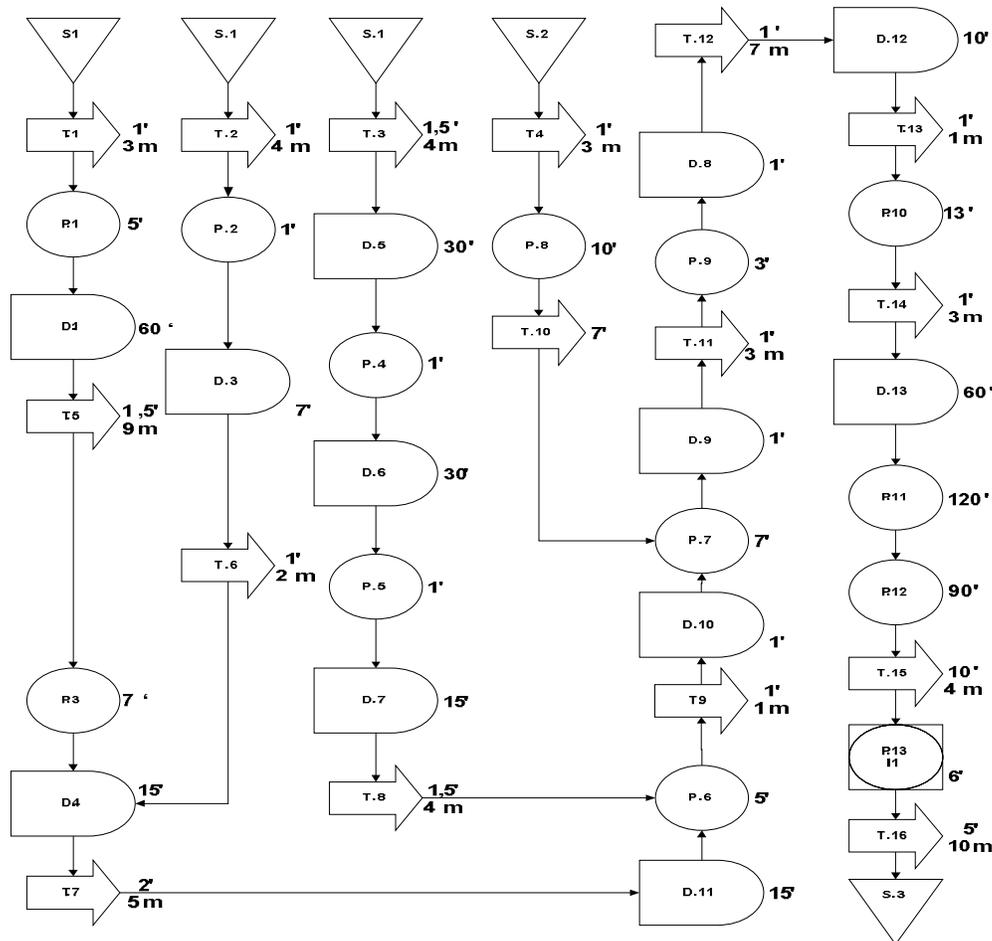
Produksi tiang listrik PT. "X" menggunakan *make to stock*. Dimana stock maksimal produk jadi yang harus ada digudang adalah 2000 unit tiang listrik. Sedangkan pengiriman tiang listrik kepada pelanggan PT. PLN (Persero) dilakukan setiap hari sesuai permintaan yang diinginkan, sehingga untuk menjaga stock tersebut, perusahaan berproduksi setiap hari dengan target 2000 unit tiang listrik dalam satu bulan. Gudang produk jadi PT. "X" tidak akan mengalami kekosongan produk jadi. Daftar produksi selama tahun 2013 disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Data jumlah produksi

No	Bulan	Jumlah Produksi (batang)
1	Januari	2087
2	Februari	2304
3	Maret	1758
4	April	1035
5	Mei	1181
6	Juni	1085
7	Juli	1233

8	Agustus	722
9	September	2970
10	Oktober	692
11	November	1432
12	Desember	2015
Total		18514

Pada tabel jika dihitung rata – rata jumlah produksi perbulan adalah 18514 unit / 12 bulan = 1542.83 unit \approx 1543 unit / bulan, maka target produksi per bulan selama tahun 2013 belum tercapai. Masalah yang dihadapi PT. "X" seperti banyaknya produk cacat, pemborosan dalam proses produksi, dan *work in proses* yang tidak terkendali mengakibatkan *output* yang dihasilkan atau target produksi tidak tercapai. Pada peta proses operasi saat ini ditemukan aktivitas operasi = 13 dengan waktu 317 menit, aktivitas pemeriksaan = 1 dengan waktu 6 menit, aktivitas penyimpanan = 3, aktivitas transportasi = 16 dengan waktu 37,5 menit dan aktivitas menunggu = 13 dengan waktu 305menit. Gambar peta proses operasi disajikan pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Peta proses operasi awal

Keterangan :

Keterangan :	P.7 : Pengecoran
S.1 : Gudang bahan baku besi beton, PC Wire	P.8 : Adukan cor
S.2 : Gudang bahan baku pasir, split, kerikil	P.9 :
S.3 : Gudang produk jadi	Press/stressing
P.1 : Pemotongan PC Wire	P.10 : Spinning
P.2 : Pembuatan Spiral	P.11 : Steam
P.3 : Rangkaian rangka tiang listrik	P.12 : Pendinginan
P.4 : Pemotongan besi arde/ground	P.13 : Inspeksi dan Finishing
P.5 : Pengelasan besi arde/ground	T : Transportasi
P.6 : Pemasangan rangka tiang listrik	D : Delay

No	Proses	Waktu siklus (CT) (jam)	Work In Process (unit)
4.	Pembuatan arde/ground	0.07	50
5.	Pemasangan rangka	0.12	30
6.	Adukan cor	0.17	0
7.	Pengecoran	0.13	0
8.	Proses press/stressing	0.07	0
9.	Spinning	0.25	25
10.	Steam	2	25
11.	Pendinginan	1.5	25
12.	Finishing	0.12	25
	Total	4.71	299

Data *work in process* yang ada dalam proses produksi disajikan pada tabel 2.

Dalam proses produksi masih ada beberapa aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non value added*) dikarenakan ada stasiun yang jaraknya berjauhan. Tata letak pabrik disajikan pada gambar 2.

Tabel 2. Work in proses

No	Proses	Waktu siklus (CT) (jam)	Work In Process (unit)
1.	Pemotongan PC wire	0.03	47
2.	Proses kawat spiral	0.12	40
3.	Rangkaian rangka	0.13	32

Penelitian pada gambar 3 bertujuan untuk meningkatkan *output* dengan mengurangi *input* yaitu waktu proses produksi pada stasiun kerja dan pemborosan untuk mengurangi waktu *lead time* produksi. Pengukuran pemborosan dengan menggunakan peta kerja yang dilanjutkan dengan *value stream mapping*. Pengukuran dua variabel ini diharapkan bisa meningkatkan *output* produksi tiang listrik beton.

Measure

Pada tahap ini dilakukan proses:

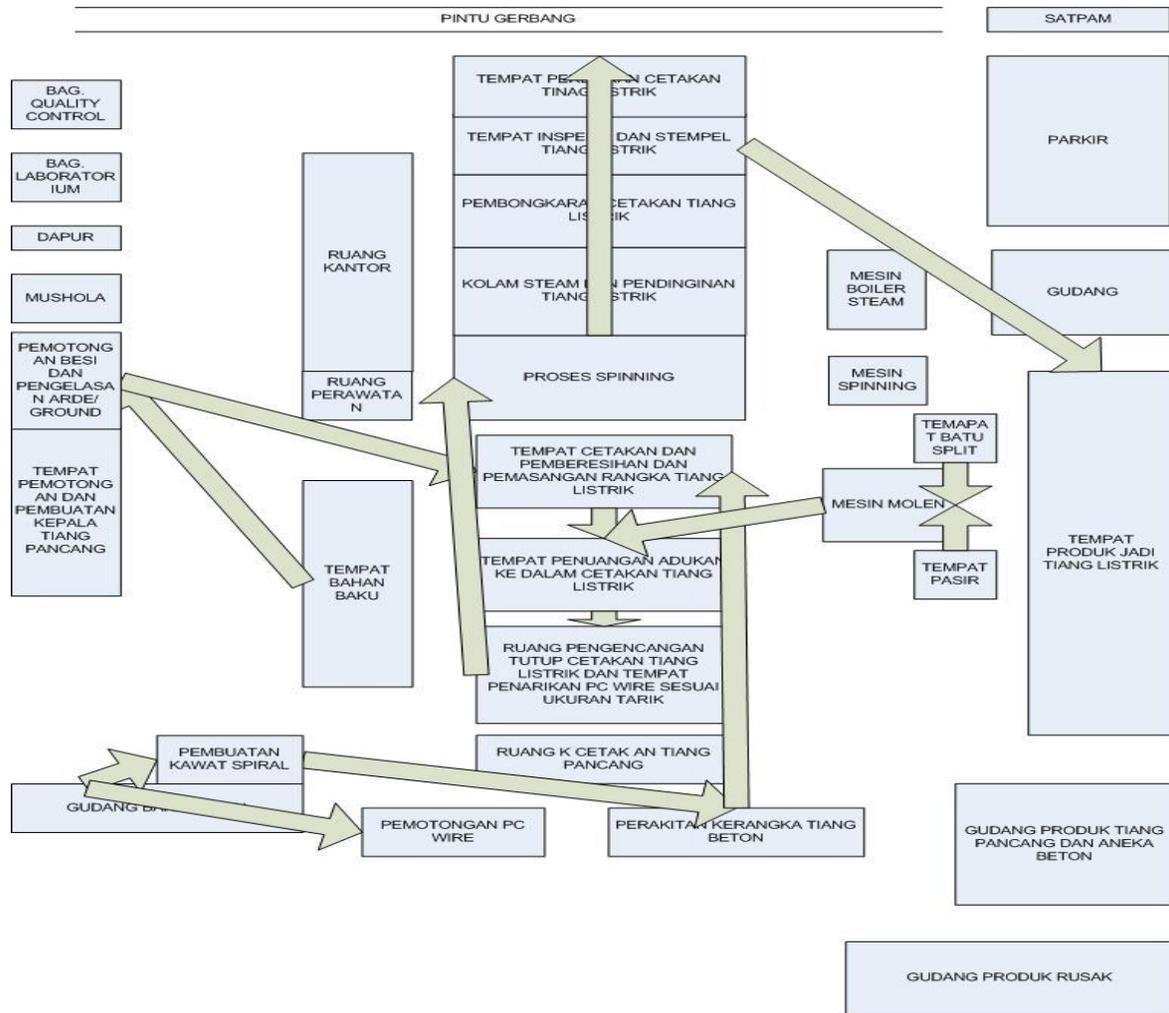
1. Menghitung waktu baku pada proses rangkaian rangka

Menghitung waktu baku diawali dengan menentukan uji kecukupan data. Hasil uji kecukupan data disajikan pada tabel 3.

Waktu baku untuk proses rangkaian rangka adalah 606.36 detik atau 10 menit. Hasil waktu baku disajikan pada tabel 4.

Tabel 3. Uji Kecukupan data

No	Elemen kerja	N	N'	Kecukupan Data	Keseragaman Data
1	Mengambil besi PC wire	30	4	Data Cukup	Data Seragam
2	Memasang besi PC wire pada tempat rangkaian	30	3	Data Cukup	Data Seragam
3	Mengencangkan konis pada PC wire	30	3	Data Cukup	Data Seragam
4	Menunggu kawat spiral	30	9	Data Cukup	Data Seragam
5	Mengambil kawat Spiral	30	9	Data Cukup	Data Seragam
6	Memasang kawat spiral pada PC Wire	30	4	Data Cukup	Data Seragam
7	Meregangkan kawat spiral dari atas sampai bawah	30	7	Data Cukup	Data Seragam
8	Mengambil kawat bendrat	30	6	Data Cukup	Data Seragam
9	Mengikat kawat spiral pada PC wire dengan kawat bendrat	30	3	Data Cukup	Data Seragam
10	Mengencangkan kawat spiral pada PC Wire dengan kawat bendrat	30	1	Data Cukup	Data Seragam
11	Melepaskan konis pada PC Wire	30	5	Data Cukup	Data Seragam
12	Menurunkan hasil rangkaian rangka	30	6	Data Cukup	Data Seragam
13	Membawa ke tempat penyimpanan	30	6	Data Cukup	Data Seragam



Gambar 3. Tata letak pabrik

Tabel 3. Uji Kecukupan data

No	Elemen kerja	N	N'	Kecukupan Data	Keseragaman Data
1	Mengambil besi PC wire	30	4	Data Cukup	Data Seragam
2	Memasang besi PC wire pada tempat rangkaian	30	3	Data Cukup	Data Seragam
3	Mengencangkan konis pada PC wire	30	3	Data Cukup	Data Seragam
4	Menunggu kawat spiral	30	9	Data Cukup	Data Seragam
5	Mengambil kawat Spiral	30	9	Data Cukup	Data Seragam
6	Memasang kawat spiral pada PC Wire	30	4	Data Cukup	Data Seragam
7	Meregangkan kawat spiral dari atas sampai bawah	30	7	Data Cukup	Data Seragam
8	Mengambil kawat bendrat	30	6	Data Cukup	Data Seragam
9	Mengikat kawat spiral pada PC wire dengan kawat bendrat	30	3	Data Cukup	Data Seragam
10	Mengencangkan kawat spiral pada PC Wire dengan kawat bendrat	30	1	Data Cukup	Data Seragam
11	Melepaskan konis pada PC Wire	30	5	Data Cukup	Data Seragam
12	Menurunkan hasil rangkaian rangka	30	6	Data Cukup	Data Seragam
13	Membawa ke tempat penyimpanan	30	6	Data Cukup	Data Seragam

Tabel 4. Hasil waktu baku

No	Elemen kerja	Waktu Siklus (detik)	Waktu Normal (detik)	Waktu Baku (detik)
1	Mengambil besi PC wire	32.67	36.91	40.56
2	Memasang besi PC wire pada tempat rangkaian	59.17	66.86	73.47
3	Mengencangkan konis pada PC wire	60.00	67.87	74.51
4	Menunggu kawat spiral	22.4	25.31	27.82
5	Mengambil kawat Spiral	22.23	25.12	27.61
6	Memasang kawat spiral pada PC Wire	32.23	36.42	40.03
7	Meregangkan kawat spiral dari atas sampai bawah	22.8	25.76	28.31
8	Mengambil kawat bendrat	22.6	25.54	28.06
9	Mengikat kawat spiral pada PC wire dengan kawat bendrat	70.2	79.33	87.17
10	Mengencangkan kawat spiral pada PC Wire dengan kawat bendrat	67.47	76.24	83.78
11	Melepaskan konis pada PC Wire	27.47	31.04	34.11
12	Menurunkan hasil rangkaian rangka	26.37	29.79	32.74
13	Membawa ke tempat penyimpanan	22.7	25.65	28.19
	Total	488.31	551.84	606.36

2. Menentukan produktivitas awal

Menentukan indeks produktivitas perusahaan pada tahun 2013 menggunakan data pada tabel 1 disajikan jumlah *output* yang dihasilkan selama tahun 2013 sebesar 18514 batang, dibuat rata – rata hasil produksi selama satu bulan adalah 18514 batang / 12 bulan = 1543 batang/bulan, dengan jumlah hari kerja dalam satu bulan selama 25 hari, maka produksi dalam satu hari adalah 1543 batang/bulan / 25 hari/bulan = 62 batang/hari, waktu kerja dalam satu hari adalah 7 jam, maka jumlah produksi dalam satu hari kerja adalah 62 batang/hari / 7 jam/hari = 9 batang/jam. Produksi tersebut masih kurang dari target, dimana target yang harus dihasilkan dalam satu hari kerja adalah 12 batang/jam untuk mencapai target 2000 batang/bulan. Maka nilai DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) sebesar $\frac{3}{12} \times 1000000 = 250000$ yang berarti bahwa kinerja

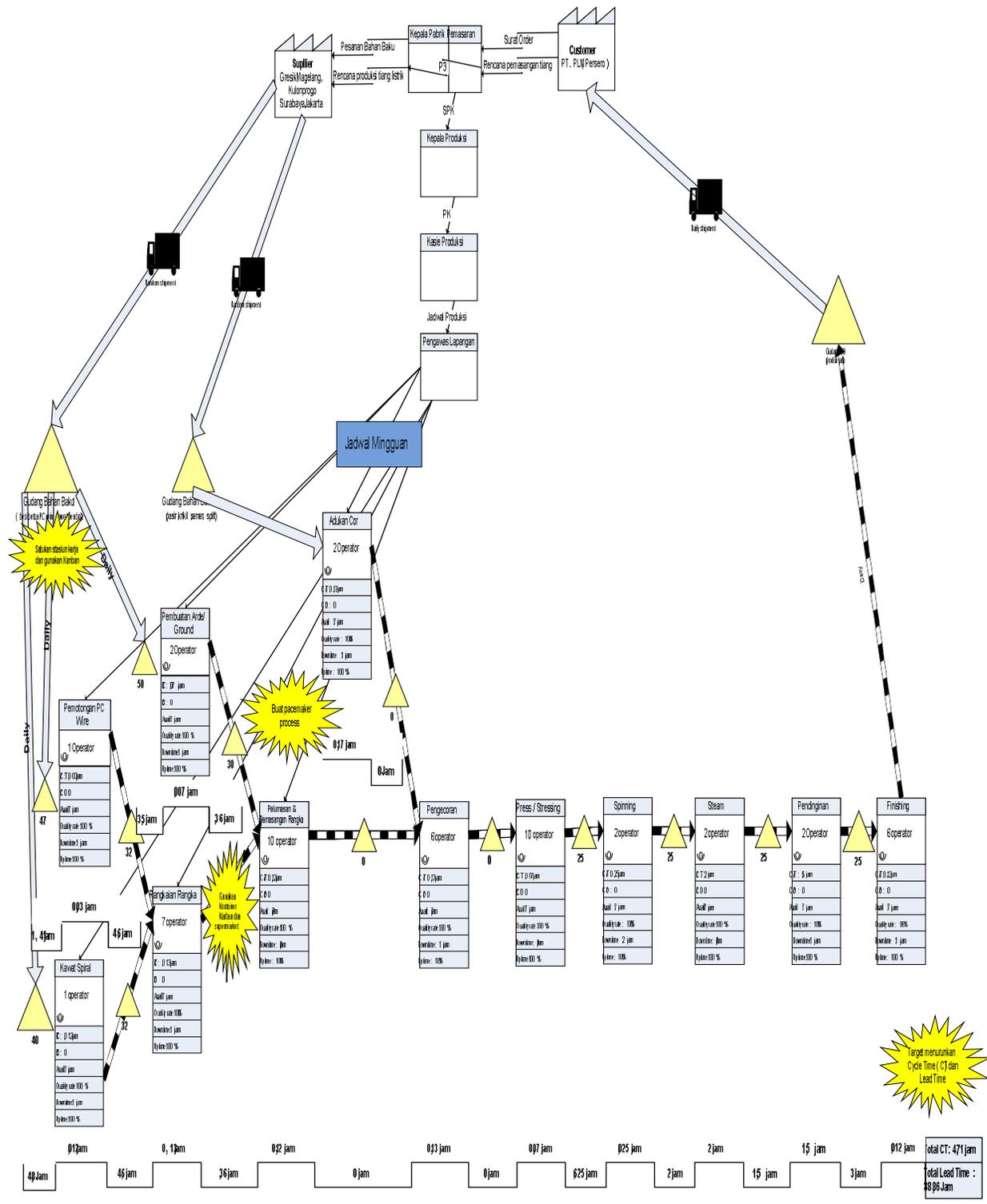
produktivitas tahun 2013 pada posisi 2,17 sigma. Menentukan produktivitas kerja pada proses rangkaian rangka dengan menggunakan variabel *input* yaitu waktu baku (standar) sebesar 10 menit, maka produktivitas awal pada proses rangkaian rangka adalah 1 / 10 menit = 0,1 menit/batang. Output yang di hasilkan dalam satu hari adalah 420

menit / 10 menit = 42 batang/hari. Sedangkan output target adalah 80 batang/hari untuk mencapai 2000 batang/bulan. Maka nilai DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) sebesar $\frac{38}{80} \times 1000000 = 475000$

yang berarti kinerja produktivitas proses rangkaian rangka pada posisi 1.56 sigma. Untuk meningkatkan produktivitas perlu melakukan perbaikan proses untuk mengurangi waktu kerja dengan menghilangkan pemborosan (*waste*) dalam proses kerja.

3. Membuat current value stream mapping (CVSM)

Value stream mapping merupakan *tools* yang digunakan dalam metode *Lean* untuk mengidentifikasi pemborosan dalam proses produksi. *Value stream mapping* dibuat dalam dua tahap yaitu *current state value stream mapping*(CVSM) dan *future state value stream mapping*(FVSM). *Current state value stream mapping* adalah suatu keadaan aktual proses produksi perusahaan PT."X". Pada CVSM ditemukan waktu siklus = 4.71 jam, *lead time*= 38,86 jam dengan total WIP = 299 unit. Gambar current value stream mapping disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. Curret Value Stream Mapping

Analyze

Proses yang dilakukan pada tahap *analyze* sebagai berikut:

1. Aktivitas value added dan non value added

Dalam proses produksi atau proses kerja terdapat dua jenis aktivitas, yaitu aktivitas *value added* dan

aktivitas *non value added*. Aktivitas *value added* merupakan suatu aktivitas dalam proses produksi yang memberikan nilai tambah terhadap produk. Sedangkan aktivitas *non value added* merupakan aktivitas dalam proses produksi yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk. Aktivitas jenis ke dua dalam proses produksi harus dikurangi atau dihilangkan.

Pada proses produksi tiang listrik di PT."X" khususnya pada proses kerja rangkaian rangka terdapat aktivitas *non value added*, sebagai berikut :

- a. Mengambil besi PC wire
Proses mengambil dengan berjalan antara proses kerja satu ke proses kerja lainnya yang mengakibatkan proses terhenti akibat perjalanan operator mengambil bahan baku (*material*). Proses ini dapat dihilangkan dengan menggabungkan atau mendekatkan antara proses kerja sehingga pengambilan dilakukan dengan tangan tanpa harus berjalan.
- b. Menunggu kawat spiral
Proses menunggu didefinisikan sebagai menunggu proses kerja karena bahan baku tidak ada dan bahan baku yang menunggu dikerjakan (antrian). Proses menunggu dapat mengakibatkan tidak efisiennya proses produksi, oleh karena itu perlu perbaikan dengan menyeimbangkan pekerjaan antara proses kerja selain menata ulang tata letak pabrik.
- c. Mengambil kawat spiral
Proses mengambil terjadi karena jarak yang jauh antara proses rangkaian rangka dengan proses kawat spiral.
- d. Mengambil kawat bendrat
Proses yang terjadi dalam proses rangkaian rangka dimana penyimpanan kawat bendrat tidak teratur atau tidak disimpan pada tempatnya sehingga operator harus mengambil atau bahkan mencari posisi kawat bendrat.
- e. Membawa ke tempat penyimpanan
Proses rangkaian rangkai selesai, rangka tiang listrik disimpan di daerah penyimpanan proses rangkaian listrik, kemudian operator pemasangan rangkaian akan menyambil rangka tiang listrik untuk disimpan di sekitar proses pemasangan rangka.

Aktivitas *non value added* di atas terjadi karena tidak efisiennya tata letak proses produksi.

2. Peta kerja

Peta kerja dibuat untuk melihat aktivitas – aktivitas dalam proses produksi baik yang bernilai tambah ataupun yang tidak bernilai tambah. Pada peta proses operasi kondisi saat ini (Gambar 1) jumlah transportasi antar stasiun kerja sebanyak 16 kali dengan total waktu 37,5 menit dan jarak 60 meter. Selain itu banyaknya operasi menunggu (*delay*) antar stasiun sebesar 13 kali dengan total waktu 305 menit. Transportasi dan *delay* merupakan bentuk pemborosan dalam proses produksi yang harus dikurangi atau diminimalkan.

3. Analisis current value stream mapping (CVSM)

Rencana yang akan dilakukan untuk pengurangan pemborosan dalam proses produksi adalah sebagai berikut:

- a. Proses saling terhubung dengan aliran yang *continous* dan tarikan material pada proses Pematangan PC Wire, Kawat Spiral, Pembuatan Arde dan Ground dan rangkaian rangka. Proses – proses tersebut akan digabungkan menjadi satu area kerja yang berdekatan sesuai urutan operasi proses produksi, yang sebelumnya area kerjanya terpisah – pisah dan jauh.
- b. Setiap *value stream* dan putaran aliran dalam *value stream* akan memiliki proses “penentu kecepatan” yang menentukan kecepatan untuk semua operasi lainnya. Pengontrolan dan penjadwalan produksi dilakukan pada proses rangkaian rangka dan pemasangan rangka. Karena proses produksi tiang listrik diawali dengan tersedianya rangkaian rangka dan kemudian pemasangan rangka pada cetakan tiang listrik.
- c. Menurunkan waktu *cycle time* dan *lead time*
- d. Jadwal mingguan dirubah menjadi jadwal harian yang merata.

4. Identifikasi penyebab masalah pemborosan (waste)

Penyebab terjadinya pemborosan tersebut disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Penyebab pemborosan pada proses kerja dan produksi

Pemborosan	Penyebab
Transportation dan waiting	1. Jarak yang jauh antara proses kerja (work station) seperti proses kerja kawat spiral ke proses kerja rangkaian rangka
	2. Perbedaan waktu baku antara proses kerja mengakibatkan operator kerja menunggu datangnya material.
	3. Menunggu akibat proses adukan sampai tempat pembawa adukan penuh.
	4. Menunggu akibat terjadinya kerusakan mesin spinning dan mesin stressing

Pemborosan	Penyebab
Persediaan berlebihan (excess inventory)	1. Tidak adanya pengendalian antara proses kerja, setiap proses kerja memproduksi material tanpa memperhatikan proses berikutnya akibatnya WIP tinggi pada setiap proses kerja 2. Perbedaan waktu baku dalam menyelesaikan material produk 3. Tidak adanya penjadwalan untuk setiap proses kerja (sistem kejar target)
Gerakan berlebihan (excess motion)	Gerakan mencari alat dan mengambil material sewaktu proses kerja berjalan serta meminjam alat punya operator lain

Improve

Pada tahap *improve* dilakukan proses sebagai berikut:

1. Usulan peta kerja

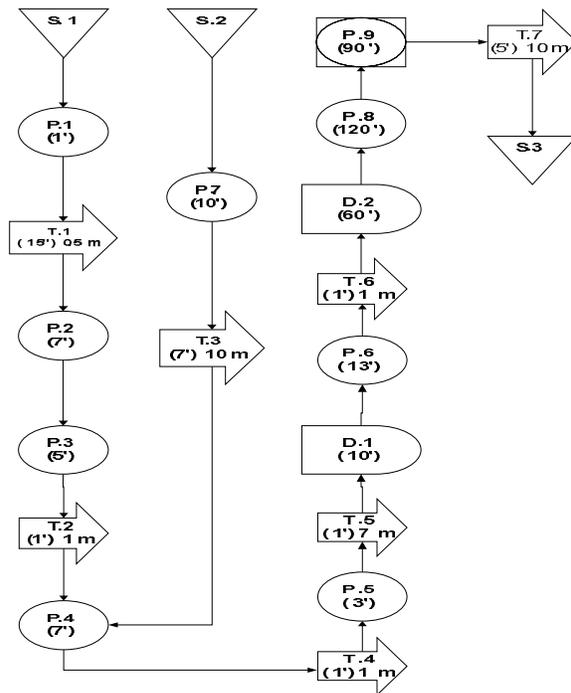
Pada peta kerja proses saat ini yang sudah dilakukan di tahap *analyze* (analisis), menemukan banyak terjadi proses transportasi dan proses menunggu barang baik itu sebelum diproses maupun sesudah diproses. Banyaknya waktu menunggu barang menyebabkan produk cacat dan menimbulkan penumpukan barang setengah jadi pada proses produksi. Perbaikan peta kerja operasi berdasarkan metode ECRS (*Eliminate, Combine, Rearrange, and Simplify*). Peta proses operasi usulan untuk mengurangi proses transportasi dan proses menunggu. Pada peta kerja usulan terjadi penurunan aktivitas transportasi dari 16 kali menjadi 7 kali dengan waktu 16,25 menit dan aktivitas menunggu (*delay*) juga terjadi penurunan dari 13 kali menjadi 2 kali dengan waktu 70 menit. Gambar peta proses operasi usulan disajikan pada gambar 5.

2. Pengukuran produktivitas kerja hasil perbaikan

Perbaikan untuk peningkatan produktivitas dilakukan dengan mengurangi atau menghilangkan pemborosan (*waste*) yang terjadi pada proses kerja rangkaian rangka dan proses produksi tiang listrik.

Pemborosan yang dihilangkan atau waktu bakunya dikurangi pada proses kerja rangkaian rangka telah dijelaskan pada tahap *analyze* (analisis) yaitu ada lima aktivitas kerja.

Menghilangkan atau mengurangi pemborosan (*waste*) dapat dilakukan dengan menggabungkan beberapa proses menjadi berdekatan atau satu *group* proses yang memiliki proses berurutan (aliran proses *continuous*). Maka, setelah menghilangkan lima aktivitas pemborosan, peningkatan produktivitas pada proses kerja rangkaian rangka adalah waktu total proses 7.57 menit, *output* yang dihasilkan sebesar 420 menit / 7.57 menit/batang = 55 batang/hari. Maka nilai DPMO $\frac{25}{30} \times 1000000 = 312500$ dengan nilai sigma sebesar 1.99 sigma.



Gambar 5. Peta proses operasi usulan

- Keterangan :
- S.1 : Gudang besi dan beton, PC Wire
 - S.2 : Gudang pasir, split, kerikil
 - S.3 : Gudang produk jadi
 - P.1 : Proses Spiral dan pemotongan PC Wire
 - P.2 : Rangkaian rangka dan pembuatan arde
 - P.3 : Tempat peluman dan pemasangan rangka
 - P.4 : Pengecoran
 - P.5 : Press/Stressing
 - P.6 : Spinning
 - P.7 : Adukan Cor
 - P.8 : Steam
 - P.9 : Pendinginan, Finishing dan Inspeksi
 - T : Transportasi
 - D : Delay

3. Future value stream mapping

Tujuan *value stream mapping* adalah untuk menyoroti sumber limbah (*waste*) dan menghilangkannya dengan penerapan *future value stream mapping*. Dalam *future value stream mapping*, sebuah rantai produksi dimana proses individu terkait dengan pelanggannya baik dengan aliran *continuous flow* atau *pull* (tarik), dan setiap proses akan mendapatkan sedekat mungkin untuk memproduksi hanya apa yang pelanggan butuhkan saat mereka membutuhkannya. Pada *current state value stream mapping* ditemukan proses pembuatan arde (*ground*) yang mempunyai nilai WIP terbesar. Proses tersebut menjadi prioritas untuk diperbaiki dalam meminimalkan WIP.

Pada *future value stream mapping*, proses produksi dibuat lebih sederhana dan fleksibel untuk mengurangi kegiatan – kegiatan yang tidak bernilai tambah atau *not value added* sehingga akan menurunkan waktu tenggang (*lead time*). Selain itu, dalam *future value stream mapping* aliran material dan informasi pada proses produksi harus lancar. Untuk melancarkan aliran informasi dan material pada proses produksi sering digunakan sistem kanban dan *pull system*. Pada FVSM dihasilkan waktu siklus = 4,399 jam, *lead time* = 30,01 jam dengan total WIP = 198 unit. FVSM disajikan pada gambar 6 di bawah ini.

4. Penerapan 5 S

Perbaikan tempat kerja (*gemba*) dari pemborosan (*waste*) gerakan berlebihan (*excess motion*) dengan *Kaizen* menggunakan five S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*) atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin) yang akan menghasilkan tempat kerja yang bersih, rapi, nyaman, teratur dan memiliki produktivitas yang tinggi dalam bekerja sehingga aktivitas pemborosan seperti gerakan berlebihan atau mencari – cari peralatan, kerusakan mesin, dan kesalahan prosedur bisa dikurangi. Berdasarkan hasil analisis lapangan, usulan untuk perbaikan secara terus menerus dengan five S adalah sebagai berikut:

a. Seiri (ringkas)

- Sebelum mulai pekerjaan, identifikasi barang atau alat yang akan digunakan di tempat kerja.
- Peralatan dan *material* yang digunakan disusun dan dikelompokkan berdasarkan kebutuhannya seperti setiap jam, setiap hari, dan setiap minggu. Semakin sering dibutuhkan, harus semakin dekat dengan operator.

- Operator harus menjalankan tugas sesuai dengan tugasnya masing – masing.
- Buang barang atau alat yang tidak digunakan (rusak).
- Bersihkan alat atau barang jika sudah dipakai

b. Seiton (rapi)

- Alat dikelompokkan berdasarkan fungsi, jenis, dan ukurannya di sebuah tempat khusus atau kotak alat.
- Susun peralatan berdasarkan sering atau jarangnyanya pemakaian. Jika pemakaiannya sering, disimpan di dekat operator.
- Produk jadi dengan produk setengah jadi (WIP) harus dipisahkan.
- Bereskan dengan baik produk setengah jadi, utamakan penyimpanan produk WIP di tempat aman dan jangan ditumpuk.

c. Seiso (resik)

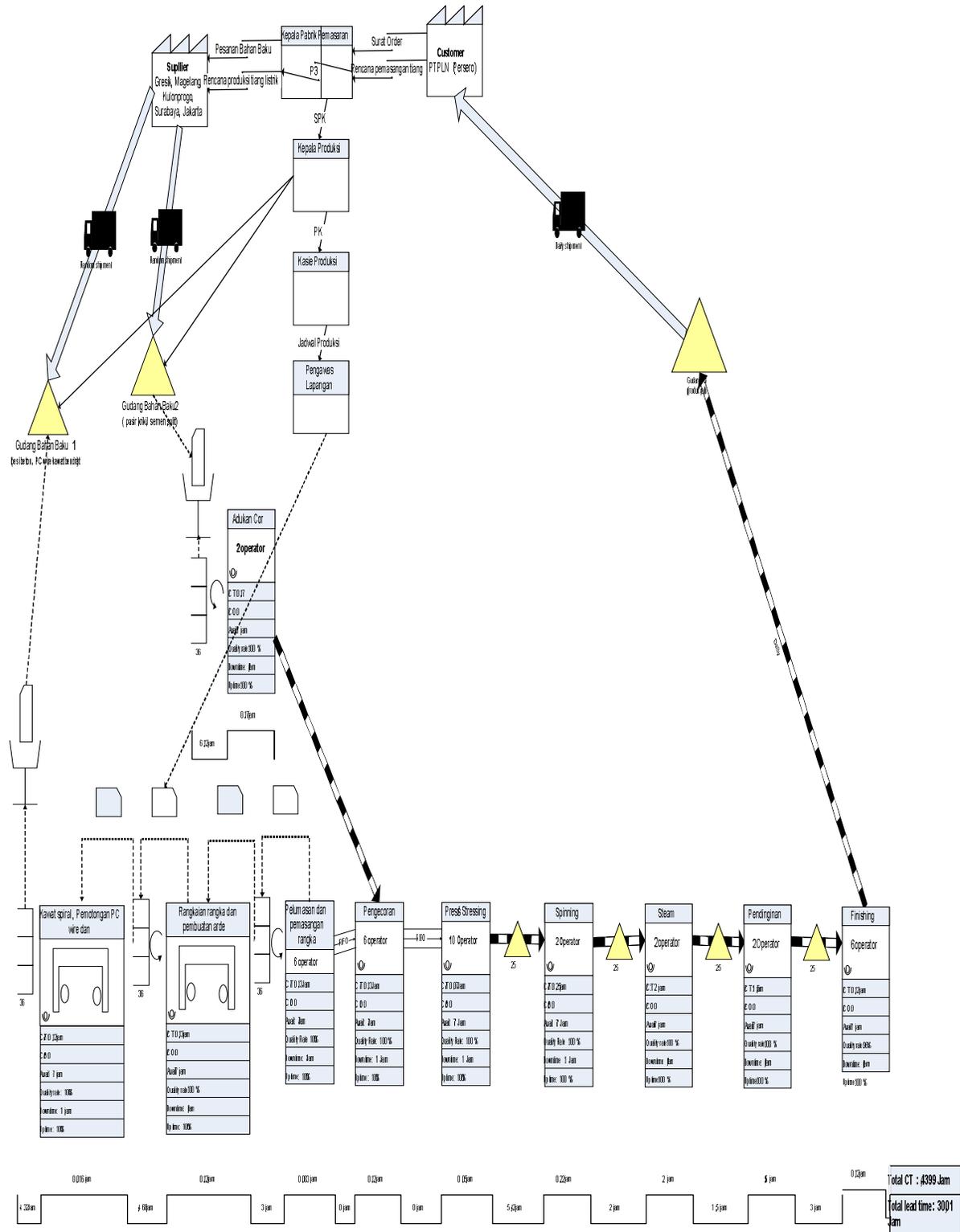
- Sebelum dan sesudah pekerjaan, tempat kerja harus dibersihkan. Operator membersihkan setiap area yang menjadi tanggung jawabnya.
- Melakukan pemeliharaan dan perawatan tempat kerja, dimulai dari tempat kerja, lantai produksi dan material lainnya.
- Membuat aturan jadwal piket

d. Seiso (rawat)

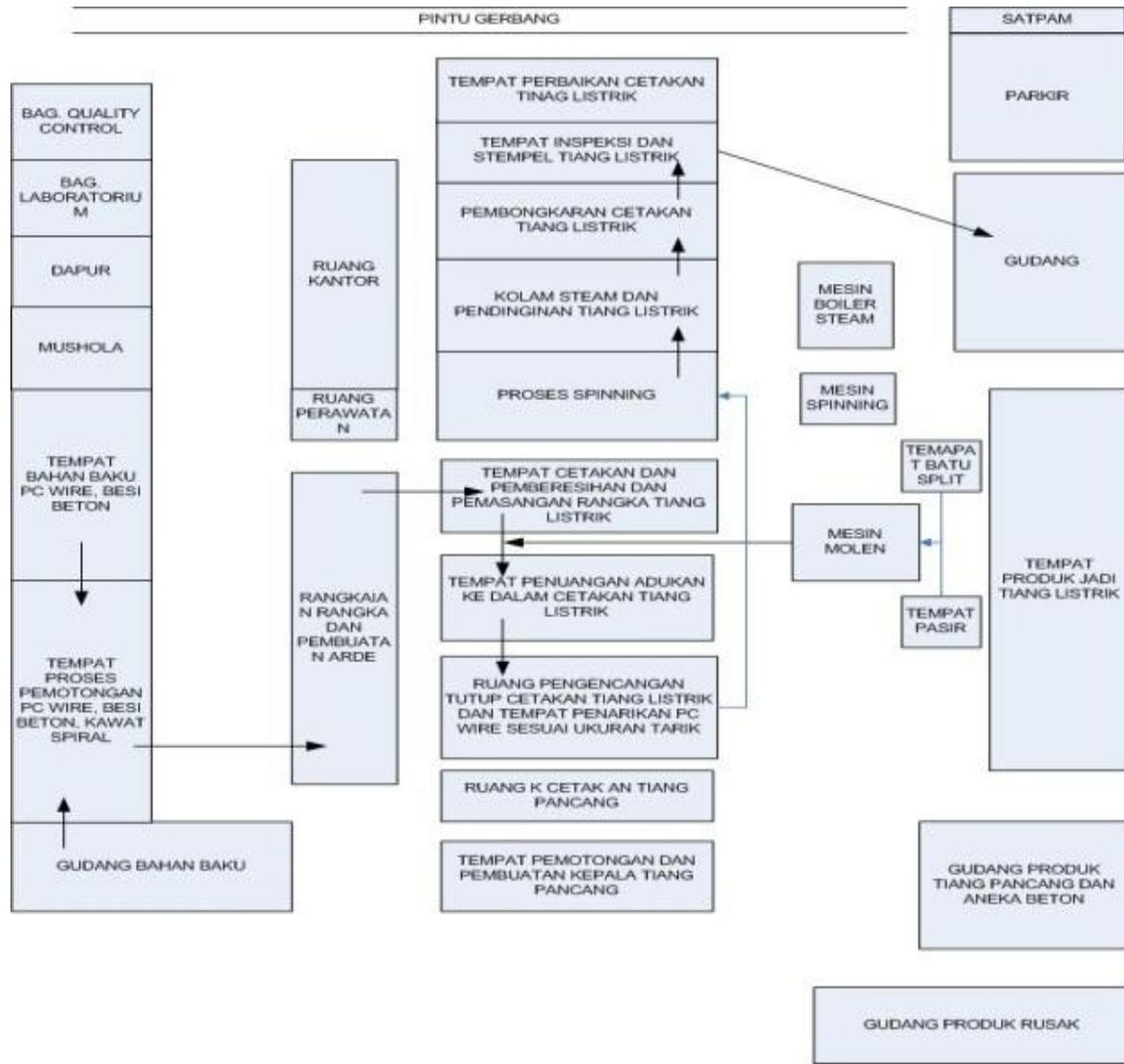
- Menempel label pada peralatan sesuai dengan fungsi, jenis, dan ukurannya
- Membuat standar operational prosedur untuk operator
- Membuat tanda atau petunjuk pada tempat penyimpanan alat, material, dan barang yang sedang maupun sudah diproses
- Menyediakan tempat bak sampah di dekat pengerjaan operator
- Membuat buku evaluasi *checklist* yang ditempel dekat alat, pintu, atau objek yang tampak kelihatan secara langsung oleh operator

e. Shitsuke (rajin)

- Biasakan lakukan seiri, seiton, seiso dalam waktu sebelum bekerja dan sesudah bekerja.
- Tidak membiarkan peralatan, sisa material dan barang yang sudah digunakan dan diproses berserakan di lantai.
- Rajin melakukan penyimpanan alat ditempat yang telah ditentukan.
- Rajin melakukan penggunaan alat yang hanya jika alat itu betul – betul akan digunakan.
- Rajin untuk selalu membersihkan dan membereskan tempat kerja sebelum dan setelah bekerja.



Gambar 6. Future value stream mapping.



Gambar 7. Tata letak pabrik usulan

5. Usulan tata letak pabrik

Berdasarkan observasi dan pengolahan data melalui peta proses produksi usulan, maka usulan tata letak proses produksi yang diusulkan digambarkan pada gambar 7.

Pada tata letak pabrik usulan, aliran material berurutan secara continue sesuai dengan urutan proses produksi dengan jarak antar stasiun yang berdekatan sehingga dapat mengurangi pemborosan transportasi dan menunggu.

Kesimpulan

Peningkatan produktivitas dapat dilakukan dengan metode six sigma, lean dan kaizen dengan mengurangi waktu proses kerja, *work in process* dan *lead time* proses produksi melalui eliminasi pemborosan (*waste*). Produktivitas kerja awal rangkaian rangka sebesar 1,56

sigma, setelah dilakukan perbaikan menjadi 1,99 sigma. Pada peta proses operasi saat ini ditemukan waktu transportasi = 37,5 menit dan waktu delay = 305 menit. Pada peta kerja usulan dihasilkan waktu transportasi = 16,25 menit dan waktu delay = 70 menit. Pada CVSM waktu siklus = 4,71 jam, dan *lead time* = 38,86 jam dengan total WIP = 299 unit. Pada FVSM waktu siklus = 4,399 jam, dan *lead time* = 30,01 jam dengan total WIP = 198 unit.

Daftar Pustaka

- Ariani, D.W., 2004, Pengendalian Kualitas Statistik Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Gaspersz, Vincent. 2000. *Manajemen Produktivitas Total*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

- Gaspersz, V., 2005, Production Planning and Inventory Control Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufaktur 21, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Gaspersz, Vincent. 2007. *Lean Six Sigma for manufacturing and service industries* strategi dramatik reduksi cacat/kesalahan, biaya, inventori, dan lead time dalam waktu kurang dari 6 bulan, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Gaspersz, Vincent .2003. *Total quality management*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hines, P., and D. Taylor. 2000. *Going Lean, Lean Enterprise research center*, Cardiff Business School.
- Liker, J. K., 2004, *The Toyota Way*, McGraw-Hill.
- Liker, J. K., dan Meier, D., 2006, *The Toyota Way Fieldbook A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*, McGraw-Hill Companies.
- Mawardi, Shulton Haryono, Lucia Aridinanti. 2012. Peningkatan Efisiensi Aktifitas *IPQC Inspector* dengan Pendekatan *LeanSix Sigma* Di PT. "X". *Jurnal Sains Dan Seni ITS* Vol. 1, No. 1, (Sept. 2012) ISSN: 2301-928X
- Ortiz, Chris. 2006. *Kaizen Assembly Designing constructing and managing a lean assembly line*. CRC taylor and francis group. London
- Pande, Pete, dan Larry Holpp 2002, *what is six sigma*, the McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Ristono, A., 2010, Sistem Produksi Tepat Waktu, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Rother, M., and J. Shook, *Learning to See: value stream mapping to add value and eliminate muda* (1.2 edition; Brookline, MA: The Lean Enterprise Institute, Inc., 1999)
- Rother, Mike, John Shook. 2009. *Learning To See Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate muda*. *The Enterprise Institute*, Brookline Massachusetts. USA. www.lean.org
- Schneider Electric Production System, 2007, Value Stream Mapping, France: George Consulting, L.P.
- S. Pande, Peter, Robert P. Neuman, dkk., *The Six Sigma Way – How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance*. *The McGraw-Hill Companies, Inc.*
- Sinungan, Muchdarsyah. 2009. *Produktivitas : Apa dan Bagaimana*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Taghizadegan, Salman. 2006. *Essentials of Lean Six Sigma*. Elsevier Inc., London.
- Wicaksono, A., 2012, Analisis Perbaikan Lantai Produksi Menggunakan VSM dan PDCA Berdasarkan Pendekatan Lean Manufacturing (studi kasus di PT. Pratama Abadi Industri), Skripsi Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
- Widyarto, W. O., 2009, Identifikasi Pemborosan dan Analisis Efektivitas Mesin Produksi dengan Kombinasi Metode Six Sigma, Tesis MTI, Program Pascasarjana Magister Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Wignosoebroto, Sritomo. 2003. *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. GunaWidya, Surabaya.
- Wignosoebroto, Sritomo. 2003. *Pengantar Teknik dan Manajemen Industri*. Guna Widya, Surabaya.
- Zainuddin, Sri Mumpuni Retnaningsih, Pendekatan *Lean Six Sigma* untuk Peningkatan Produktivitas Proses *Butt Weld Orbital* , *Jurnal Sains Dan Seni ITS* Vol. 1, No. 1, (Sept. 2012) Issn: 2301-928x