

Analisa Waste Waiting pada Pembuatan Produk Full Hard dengan Menggunakan Process Activity Mapping pada Plant Cold Rolling Mill

Noka Lisano, Aries Susanty

*Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik – Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH Tembalang Semarang 50239*

e-mail : nokalisano@gmail.com

Abstrak

PT.Krakatau Steel adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam industri baja. Perusahaan ini memegang peran penting dalam pembangunan Indonesia, dimana Indonesia per tahunnya membutuhkan 9 juta ton baja guna membangun infrastruktur dalam pertumbuhan ekonomi Indonesia. Salah satu sub pabrik yang terdapat pada perusahaan ini adalah CRM (Cold Rolling Mill) dimana sub pabrik ini memproduksi baja lembaran dengan ketebalan dibawah 3 mm. Lead time pembuatan salah satu produk dengan frekuensi pembuatan tertinggi yaitu full hard adalah 30 hari kerja, sehingga diperlukan analisis terkait hal tersebut. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan salah satu VALSAT (value stream analysis tools) yaitu process activity mapping, didapatkan VA (value added activity) sebesar 76,01 menit, NVA (non value added activity) sebesar 31407,26 dan NNVA (necessary not value added activity) sebesar 89,40 menit. Tingginya NVA dikarenakan lamanya proses penyimpanan material pada storage N1, N2, dan N3, dimana proses penyimpanan ini tidak memberikan nilai tambah pada produk dengan total waktu 31200 menit atau 98,82% dari total lead time. Untuk mengetahui penyebab lamanya penyimpanan ini dilakukan analisis kembali dengan menggunakan diagram fishbone dan didapatkan bahwa penyebab lamanya penyimpanan adalah karena rendahnya availability dari mesin utama, yaitu CTCM (Cold Tandem Cold Mill) yang dikarenakan umur mesin yang sudah tua. Selain itu, lamanya waktu penyimpanan ini dikarenakan material yang tidak sesuai spesifikasi, sehingga dilakukan proses pemesanan kembali ke sub pabrik sebelumnya yaitu HRM (Hot Rolling Mill), dan material terkait menunggu untuk di produksi ulang.

Kata Kunci : VALSAT (Value Stream Analysis Tools), Process Activity Mapping

Abstract

PT.Krakatau Steel is an Indonesian steel manufacture company. This company hold a big role in the nation growth, where Indonesia needs 9 millions of steel per year to accomplish the infrastructure development in order to fulfill the growth of the nation economy. One of the plant in this company is CRM (Cold Rolling Mill) where this plant produce the below 3mm steel sheet. The lead time to make the highest selling frequency product, which name is full hard, is 30 days. Based on this long lead time, an analysis to find the root cause of this problem is a must. From the analysis using one of the VALSAT (value stream analysis tools) which is process activity mapping, there are VA (value added activity) amounted to 76.01 minutes, NVA (non-value added activity) amounted to 31407.26 and NNVA (Necessary not value added activity) by 89 , 40 minutes. This high NVA caused by the long storage time in N1, N2 and N3, where this storage doesn't give the value to the product, with total 31200 minutes time, or 98,82% from the total lead time. To identify the root cause of this problem, the fishbone diagram used and the root cause of this long time storage problem is the low availability of the main machine, which is CTCM (Cold Tandem Cold Mill), due to the old age of this machine. Furthermore, this long time storage time caused by the wrong material specification ordered, so, the CRM have to order the new material to the other plant, which is HRM (Hot Rolling Mill) and the material needs to wait to be reproduced.

Keywords : VALSAT (Value Stream Analysis Tools), Process Activity Mapping

1. Pendahuluan

PT.Krakatau Steel adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam industri baja. Perusahaan ini memegang peran penting dalam pembangunan Indonesia, dimana Indonesia per tahunnya membutuhkan 9 juta ton baja guna membangun infrastruktur dalam pertumbuhan ekonomi

Indonesia. Salah satu sub pabrik yang terdapat pada PT.Krakatau Steel adalah CRM (Cold Rolling Mill) dimana sub pabrik ini memproduksi baja lembaran dengan ketebalan dibawah 3 mm. Sub pabrik CRM mendapat bahan baku langsung dari sub pabrik PT.Krakatau Steel lainnya yaitu dari sub pabrik HRM (Hot Rolling Mill), dimana perbedaan antara kedua pabrik ini adalah CRM tidak memerlukan

suhu yang sangat tinggi dalam pengolahan baja, sedangkan HRM membutuhkan suhu yang sangat tinggi. Untuk menghadapi persaingan global dalam produksi baja, tentunya PT. Krakatau Steel harus tetap berkembang agar tidak kehilangan pangsa pasar. Dimana dalam hal ini, PT. Krakatau Steel harus dapat memproduksi produk yang sesuai dengan spesifikasi dan permintaan pasar, serta pemenuhan konsumsi dalam dan luar negeri.

Pabrik CRM memproduksi berbagai jenis baja lembaran dalam bentuk gulungan (*Coil*) dengan proses produksi yang berbeda beda. Salah satu produk dari pabrik ini adalah *Full Hard* dengan *quality code* CQUN dimana rata-rata *lead time* dari pembuatan produk ini adalah 22 hari. Dalam proses produksinya terdapat salah satu pemborosan yang terjadi yaitu *waiting* atau material menunggu. *Waste* dapat didefinisikan sebagai segala aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses transformasi input menjadi output sepanjang *value stream*. Dari hasil *brainstorming* dengan salah seorang staff produksi, didapatkan fakta bahwa penyimpanan yang terjadi pada N1 pabrik CRM ini mencapai 15 hari dan pada N2 selama 6 hari. Selain itu, penyimpanan pada N3 mencapai 8 jam dan penyuimpanan pada *holding area* dimana produk menunggu untuk dikirim selama 6 jam. Dalam penyimpanan ini, bahan baku tidak mengalami aktifitas yang menambah nilai, sehingga hal ini dapat disimpulkan sebagai salah satu jenis pemborosan yaitu *waiting*. Penyimpanan pada gudang merupakan suatu permasalahan mengingat adanya biaya *inventory* yang tidak pernah dihitung oleh PT. Krakatau Steel sebelumnya. Dengan mengidentifikasi pemborosan yang ada, serta mencari penyebab lamanya *lead time* dari produk maka akan memberikan dampak positif pada perusahaan. Selain keuntungan akan naik karena aktifitas yang tidak menambah nilai dapat diminimalisir, tingkat kepuasan pelanggan karena sampainya produk kepada pelanggan dengan waktu yang lebih cepat, dapat tetap menjaga citra baik perusahaan.

Dalam melakukan identifikasi waste yang ada, maka digunakan metode yang bernama *Value Stream Analysis Tools*. Menurut Hines (1997) *Process Activity Mapping* merupakan pendekatan teknis yang biasa dipergunakan pada aktivitas-aktivitas di lantai produksi. Walaupun demikian, perluasan dari *tool* ini dapat digunakan untuk mengidentifikasikan *lead time* dan produktivitas baik aliran produk fisik maupun aliran informasi, tidak hanya dalam ruang lingkup perusahaan namun juga pada area lain dalam *supply chain*. Dengan menggunakan metode ini maka waste yang terdapat pada proses produksi pembuatan produk *Full Hard* dapat teridentifikasi, serta kita dapat mencari solusi untuk mengatasi pemborosan tersebut. Dengan pengaplikasian metode ini diharapkan aktifitas yang tidak memberikan nilai

tambah (*non-value added*) dapat diidentifikasi dan diminimalisir. Dengan demikian, maka tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui alur proses produksi produk *full hard* di pabrik CRM PT. Krakatau Steel, mengklasifikasikan aktifitas *value added activity*, *non - value added activity* serta *necessary not value added activity* pada proses pembuatan produk *full hard*, mengetahui aktifitas penyebab lamanya *lead time* dari produk *Full Hard* serta Menyusun rekomendasi perbaikan untuk meminimalisir *lead time* dari produk *full hard*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Lean Manufacturing

Gaspersz (2007) menyatakan bahwa *Lean* dapat didefinisikan sebagai suatu pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (*waste*) atau kegiatan-kegiatan tidak bernilai tambah (*non-value-adding activities*) melalui peningkatan terus-menerus secara radikal dengan cara mengalirkan produk (*material, work-in-process, output*) dan informasi menggunakan sistem tarik (*pull system*) dari pelanggan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan. Menurut Satalaksana (1979) tujuan dari penerapan *Lean Manufacturing* adalah untuk meningkatkan kinerja manufaktur. Sebagai gambaran, industri yang menerapkan *Lean Manufacturing* secara keseluruhan mencapai kemajuan berikut ini:

1. Mengurangi *manufacturing lead times*,
2. Meningkatkan ketersediaan tenaga kerja langsung,
3. Meningkatkan keterpakaian tenaga kerja langsung,
4. Pengurangan persediaan (*inventory*)

Menurut Hines & Taylor (2000), konsep *lean thinking* diprakarsai oleh sistem produksi Toyota di Jepang. *Lean* dirintis oleh Taichi Ohno dan Sensei Shigeo Shingo.

2.2 Jenis – Jenis Pemborosan

Shingo (1990) menyatakan bahwa pendekatan *Lean* berfokus pada peningkatan terus – menerus *customer value* melalui identifikasi dan eliminasi aktivitas – aktivitas tidak bernilai tambah yang merupakan pemborosan (*waste*). *Waste* dapat didefinisikan sebagai segala aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses transformasi input menjadi output sepanjang *value stream*. *Waste* yang hendak dihilangkan tersebut pada perspektif *Lean*, terbagi menjadi dua katagori utama, yaitu *Type one waste* dan *Type two waste*.

Type One Waste adalah aktivitas kerja yang tidak menciptakan nilai tambah dalam proses transformasi input menjadi *ouput* sepanjang *value*

stream, namun aktivitas tersebut pada saat sekarang tidak dapat dihilangkan dikarenakan beberapa alasan. Misalnya, pengawasan terhadap aktivitas orang, merupakan aktivitas yang tidak bernilai tambah berdasarkan perspektif *Lean*, namun hal tersebut masih dibutuhkan dikarenakan orang tersebut baru direkrut untuk mengerjakan hal tersebut. Dalam jangka panjang, aktivitas *Type One Waste* tersebut harus dihilangkan atau minimal dikurangi. *Type One Waste* ini sering disebut sebagai *Incidental Activity* atau *Incidental Work* yang termasuk aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non value adding work or activity*).

Jenis *waste* yang berikutnya adalah *Type two waste*, merupakan aktivitas yang tidak menciptakan nilai tambah dan dapat dihilangkan dengan segera. Misalnya, menghasilkan cacat produk (*defect*) atau melakukan kesalahan (*error*). *Type Two Waste* ini sering disebut sebagai *waste* saja, karena merupakan pemborosan dan harus diidentifikasi dan dihilangkan dengan segera.

Menurut Shingo (1990) berikut ini penjelasan mengenai tujuh tipe-tipe pemborosan, yaitu:

1. Produksi berlebih, stasiun kerja atau unit kerja sebelumnya memproduksi terlalu banyak sehingga mengakibatkan terganggunya aliran material dan inventory berlebih.
2. Menunggu, kondisi dimana tidak terdapat aktivitas yang terjadi pada produk, maupun pekerja (misalnya: operator menunggu material atau part yang akan diproses, material atau part menunggu untuk diproses, operator menunggu instruksi kerja, dan sebagainya) sehingga mengakibatkan waktu tunggu yang lama.
3. Transportasi berlebih, proses perpindahan baik manusia, material atau produk yang berlebihan sehingga mengakibatkan pemborosan waktu, tenaga, dan biaya.
4. Proses tidak sesuai, kesalahan proses produksi yang disebabkan oleh kesalahan penggunaan mesin atau maupun system.
5. Persediaan tidak perlu, penyimpanan berlebih dan penundaan material dan produk sehingga mengakibatkan peningkatan biaya.
6. Gerakan tidak perlu, berhubungan dengan kondisi lingkungan kerja yang dapat mempengaruhi performansi operator, misalnya terlalu banyak membungkuk, berjongkok.

Cacat, yaitu pengerjaan ulang (*rework*) pada produk maupun pada desain serta cacat pada produk yang dihasilkan.

2.3 VALSAT(Value Stream Analysis Tools)

Menurut Hines dan Rich (1997) pada prinsipnya, *value stream analysis tool* digunakan sebagai alat bantu untuk memetakan secara detail aliran nilai (*value stream*) yang berfokus pada *value adding process*. *Detail mapping* ini kemudian

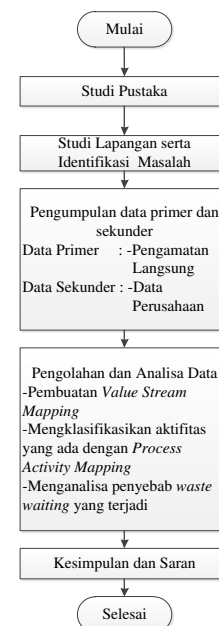
dapat digunakan untuk menemukan penyebab *waste* yang terjadi.

Terdapat 7 macam *detail mapping tools* yang paling umum digunakan yaitu *process activity mapping*, *Supply Chain Response Matrix*, *Production Variety Funnel*, *Quality Filter Mapping*, *Demand Amplification Mapping*, *Decision Point Analysis* serta *Physical Structure*. Pada penelitian ini, tools yang digunakan adalah *process activity mapping*.

Process Activity Mapping merupakan pendekatan teknis yang biasa dipergunakan pada aktivitas-aktivitas di lantai produksi. Walaupun demikian, perluasan dari *tool* ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi *lead time* dan produktivitas baik aliran produk fisik maupun aliran informasi, tidak hanya dalam ruang lingkup perusahaan namun juga pada area lain dalam *supply chain*. Konsep dasar dari *tool* ini adalah memetakan setiap tahap aktivitas yang terjadi mulai dari operasi, transportasi, inspeksi, *delay*, dan *storage*, kemudian mengelompokkannya ke dalam tipe-tipe aktivitas yang ada mulai dari *value adding activities*, *necessary non value adding activities*, dan *non value adding activities*. Tujuan dari pemetaan ini adalah untuk membantu memahami aliran proses, mengidentifikasi adanya pemborosan, mengidentifikasi apakah suatu proses dapat diatur kembali menjadi lebih efisien, mengidentifikasi perbaikan aliran penambahan nilai.

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan jelas dan terstruktur. Metodologi dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Metodologi Penelitian

4. Pengolahan Data dan Analisis

4.1 Waktu Siklus Mesin CRM

Tabel 1 berikut menunjukkan waktu siklus dari mesin yang ada pada plant CRM, dimana waktu siklus yang dibutuhkan adalah waktu siklus pembuatan produk jenis *lite*

Tabel 1 Waktu Siklus Mesin CRM

Jenis	Ukuran	CPL	CTCM	ECL1
<i>Lite</i>	$\leq 0,2$ mm	12.66	26.96	24.39
<i>Medium</i>	$> 0,2 - < 0,6$ mm	-	19.10	18.28
<i>Heavy</i>	$\geq 0,6$ mm	9.45	13.53	-

4.2 Pembuatan Value Stream Mapping

Fungsi dari *Value Stream Mapping* ini adalah untuk mengetahui proses produksi produk secara garis besar serta didalamnya terkandung informasi – informasi yang diperlukan untuk melihat pemborosan yang terjadi dalam kondisi saat ini. Gambar 2 adalah *Value Stream Mapping* dari proses produksi produk *Full Hard*

4.3 Pembuatan Process Activity Mapping

Proses Activity Mapping merupakan salah satu *tools VALSAT* yang digunakan untuk menggambarkan proses secara lengkap dari mulai material datang hingga selesai diproduksi dan sampai ke konsumen. Penggambaran peta ini bertujuan untuk melihat kegiatan – kegiatan apa saja yang dilakukan, serta mengkategorikan apakah kegiatan tersebut termasuk kegiatan yang menambah nilai, kegiatan yang tidak menambah nilai atau kegiatan yang tidak menambah nilai namun perlu dilakukan. penggambaran peta ini dapat digunakan untuk membantu mengidentifikasi adanya pemborosan dalam *value stream mapping*, mengidentifikasi apakah proses dapat dibuat lebih efisien, dan mengidentifikasi bagian-bagian proses yang sekiranya dapat dilakukan perbaikan dengan mengeliminasi aktivitas yang tidak perlu, sehingga proses dapat berjalan lebih efisien.

Data yang digunakan dalam proses pembuatan *Proses Activity Mapping* ini adalah dari hasil

pengamatan, wawancara kepada staff produksi, serta data sekunder perusahaan. Berikut adalah *Proses Activity Mapping* dari pabrik CRM PT.Krakau Steel. *Process activity mapping* penelitian ini dapat dilihat pada lampiran. Tabel 2 adalah rekapitulasi waktu *process activity mapping* berdasar jenis nilai tamba aktifitas yang ada

Tabel 2 Rekapitulasi Waktu Berdasar Jenis Aktivitas

Aktifitas	Jumlah	Waktu (Menit)	Persentase
VA	4	76.01	0.24%
NNVA	13	89.40	0.28%
NVA	7	31407.26	99.48%
Jumlah	24	31572.67	100%

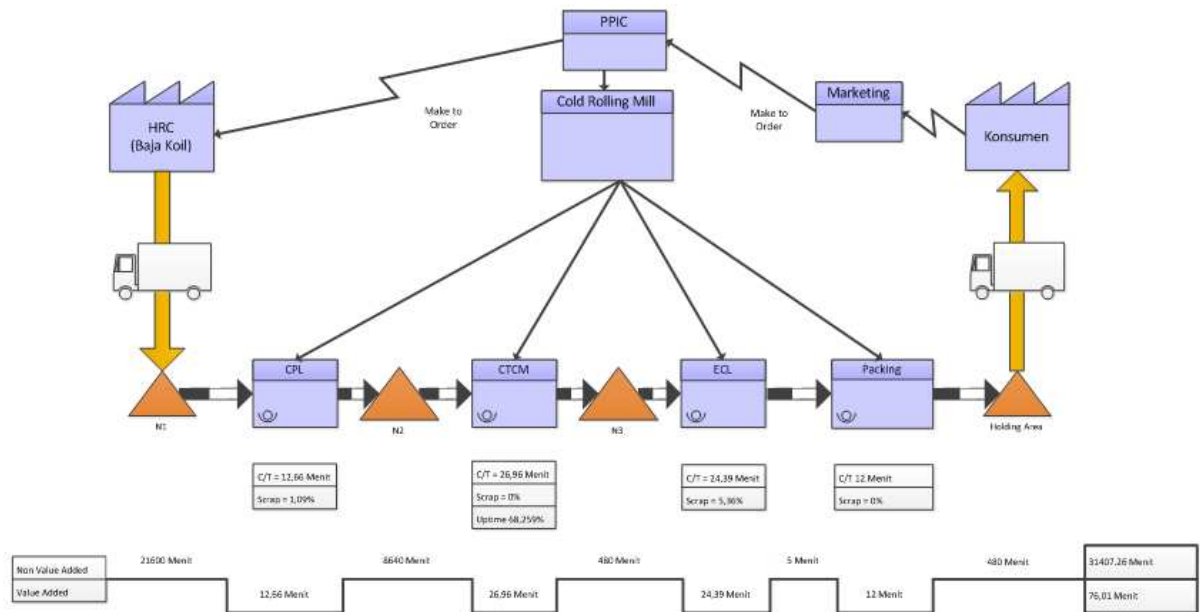
Tabel 3 berikut adalah rekapitulasi serta aktivitas – aktivitas yang dikelompokkan berdasar kegiatannya, yaitu operasi, inspeksi, transportasi, penyimpanan serta keterlambatan.

Tabel 3 Rekapitulasi Waktu Berdasar Kegiatan

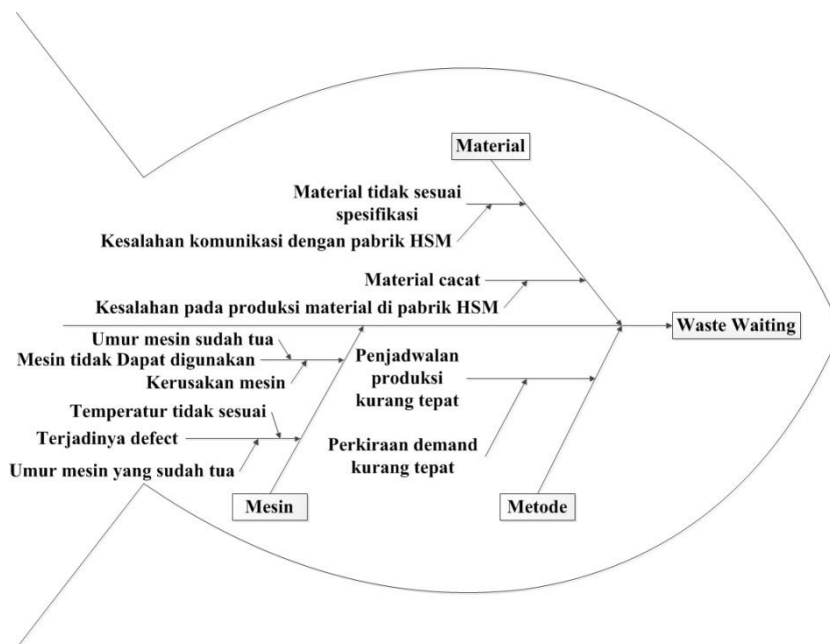
Aktifitas	Jumlah	Waktu (Menit)	Persentase
<i>Operation</i>	5	78.01	0.25%
<i>Transport</i>	11	67.4	0.21%
<i>Inspect</i>	1	20	0.06%
<i>Storage</i>	4	31200	98.82%
<i>Delay</i>	3	207.26	0.66%
Jumlah	24	31572.67	100

4.4 Analisis Fishbone

Fishbone mengenai analisis terkait tingginya *storage time* dapat dilihat pada gambar 3. Berikut adalah penjabaran dari masing – masing *root cause* yang ada pada *fishbone*.



Gambar 2 Value Stream Mapping



Gambar 3 Diagram Fishbone

- Material**
 Material yang tidak sesuai dengan spesifikasi menyebabkan waktu tunggu yang lama. Hal ini dikarenakan kesalahan komunikasi antara pabrik CRM dengan pabrik HRM sehingga spesifikasi tidak sesuai dan juga dikarenakan tidak adanya inspeksi saat *raw material* datang dari pabrik HRM. Selain itu material cacat juga mengakibatkan waktu tunggu yang lama. Hal ini dikarenakan pabrik CRM harus memesan ulang material kepada pabrik HRM dan membutuhkan waktu yang lama untuk menunggu material yang sesuai dengan spesifikasi datang.
- Mesin**
 Ketidaktersediaan mesin merupakan salah satu penyebab terjadinya waktu tunggu yang lama. Hal ini dikarenakan 2 sebab yaitu kerusakan pada mesin serta umur mesin yang sudah tua. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa availability dari mesin CTCM pada pabrik CRM hanya 68%. Hal ini menyebabkan material menunggu untuk di produksi yang

berakibat *lead time* menjadi semakin panjang. Selain itu, hal lain dari mesin yang menyebabkan waktu tunggu yang lama adalah defect. Mesin yang berumur lebih dari 30 tahun pada pabrik CRM sering kali menyebabkan defect. Hal ini mengakibatkan harus adanya produksi ulang sehingga waktu tunggu semakin panjang.

- Metode
Perencanaan produksi yang tidak tepat baik dalam penjadwalan dan juga peramalan pesanan menjadikan waktu tunggu semakin panjang. Hal ini dikarenakan bagian PPIC salah memprediksi pemesanan dari konsumen, yang membuat antrian produksi semakin panjang. Selain itu keputusan mengenai pemesanan *raw material* yang kurang tepat juga menghasilkan waktu tunggu yang lama, akibat adanya penumpukan pada *storage*.

4.5 Rekomendasi Perbaikan

Rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan perusahaan terkait *root cause* dari *fishbone* yang ada dapat dilihat pada tabel 4, 5 dan 6.

Tabel 4 Rekomendasi Penggantian Mesin Pabrik CRM

Pergantian Mesin Pabrik CRM	
<i>What</i>	Pergantian Mesin
<i>Why</i>	Umur mesin sudah tua dengan availability rendah
<i>Where</i>	Pabrik CRM
<i>Who</i>	Divisi maintenance dan produksi
<i>When</i>	18 April 2015
<i>How</i>	Mengganti mesin lama dengan yang baru atau menambahkan mesin pada lokasi baru

Tabel 5 Rekomendasi Perbaikan Perencanaan Produksi

Produksi Sesuai dengan Demand	
<i>What</i>	Memproduksi produk sesuai dengan <i>demand</i> yang ada dan pengurangan <i>safety stock</i>
<i>Why</i>	Produksi tidak sesuai demand, mengakibatkan penumpukan material pada <i>storage</i>
<i>Where</i>	Pabrik CRM
<i>Who</i>	Bagian PPIC perusahaan
<i>When</i>	1 Januari 2015
<i>How</i>	Pengurangan <i>safety stock</i> dan produksi sesuai dengan <i>demand</i>

Tabel 6 Rekomendasi Perbaikan Inspeksi Raw Material

Inspeksi Produk Sebelum Masuk <i>Storage</i> N1	
<i>What</i>	Diadakannya inspeksi <i>raw material</i> sebelum disimpan
<i>Why</i>	Memastikan <i>raw material</i> sesuai spesifikasi
<i>Where</i>	<i>Storage</i> N1 Pabrik CRM
<i>Who</i>	Divisi Produksi
<i>When</i>	1 Januari 2015
<i>How</i>	Dilakukan inspeksi <i>raw material</i> sebelum disimpan pada <i>storage</i> N1

5. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan yang dilakukan, maka dapat didapatkan kesimpulan sebagai berikut : Dalam proses produksi produk *full hard*, membutuhkan 3 buah mesin, yaitu CPL (*Continous Picking Line*) CTCM (*Continous Tandem Cold Milling*) dan ECL1 (*Electrolytic Cleaning Line*). Pada mesin CPL, material mengalami pembersihan, pemotongan sisi sesuai ukuran, serta pemotongan ujung koil. Pada mesin CTCM material mengalami reduksi ketebalan, dan pada mesin ECL1 material mengalami pembersihan ulang.

Sesuai dengan hasil perhitungan Process Activity Mapping, maka didapat hasil sebagai berikut: Aktivitas VA (*Value Added Activity*) dengan total waktu 76.01 menit atau 0,24% dari keseluruhan proses. Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan karena merupakan aktivitas yang harus dilakukan dalam pembuatan produk *Full Hard*, karena menambah nilai dari produk.

Aktivitas NNVA (*Not Necessary Value Added Activity*) dengan total waktu 89,40 menit atau 0.28% dari keseluruhan proses. Aktivitas ini walaupun tidak menambahkan nilai pada produk, tetapi harus dilakukan sehingga tidak dapat dihilangkan.

Aktivitas NVA (*Non Value Added Activity*) nilai menempati urutan aktivitas tertinggi dengan total waktu 31407.26 menit atau 99,49 % dari total keseluruhan waktu proses. Aktivitas ini seharusnya dapat dihilangkan, terutama saat produk disimpan pada *storage* N1 dan N2, yang memakan waktu sehari – hari tanpa adanya proses yang dialami oleh material.

Aktivitas yang memakan waktu terbanyak pada proses produksi *full hard* dan memperpanjang *lead time* adalah *storage* atau penyimpanan dengan total waktu 31200 menit atau 98,82% dari total *lead*

time. Aktivitas berikutnya adalah *delay* dengan 207.26 menit atau 0.66%.

Sutalaksana, I, Z. 2006. *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung. ITB

Daftar Pustaka

Gaspersz, V. 2007. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

Hines, P. Rich, N. 1997. The seven value stream mapping tool. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol: 17 Iss: 1 pp. 46 – 64

Hines, P. Taylor, D. 2000. *Going Lean: A Guide to Implementation*,. Cardiff University. Lean Enterprise Research Centre

Shigeo, S. 1986. *Zero Quality Control : Source Inspection and the Poka –yoke System*. Massachusetts and Norwalk, Connecticut. Cambridge.