

**PENGURANGAN PEMBOROSAN PADA PROSES PRODUKSI BLOK REM
KERETA API METALIK TIPE T.358 DENGAN PENDEKATAN *LEAN*
MANUFACTURING
(Studi Kasus: Koperasi Industri Pengecoran Logam dan Permesinan “Batur
Jaya“)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Prodi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Nama : Bhaskara Siregar
No. Mahasiswa : 11522306

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016**

PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah, saya akui bahwa karya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, November 2016



Bhaskara Siregar

11522306

LEMBAR PENGESAHAN PERUSAHAAN**batur jaya**

KOPERASI INDUSTRI PENGECORAN LOGAM DAN PERMESINAN

SURAT KETERANGAN

No. 19 /S.Ket/KBJ/IX/2016

Yang bertandatangan dibawah ini Pimpinan Koperasi Industri Batur Jaya, menerangkan bahwa :

Nama : BHASKARA SIREGAR
No.Mhs : 11522306
Prog.Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Béнар-benar telah mengadakan Tugas Akhir di Koperasi Industri Batur Jaya Batur, Cepér, Klatén terhitung mulai bulan Juni s/d September 2016 dengan baik guna melengkapi tugas / keperluan studi.

Demikian Surat Keterangan ini diberikan agar dapat dipergunakan sebagaimana perlunya.

Klatén, 23 September 2016
Koperasi Industri Batur Jaya

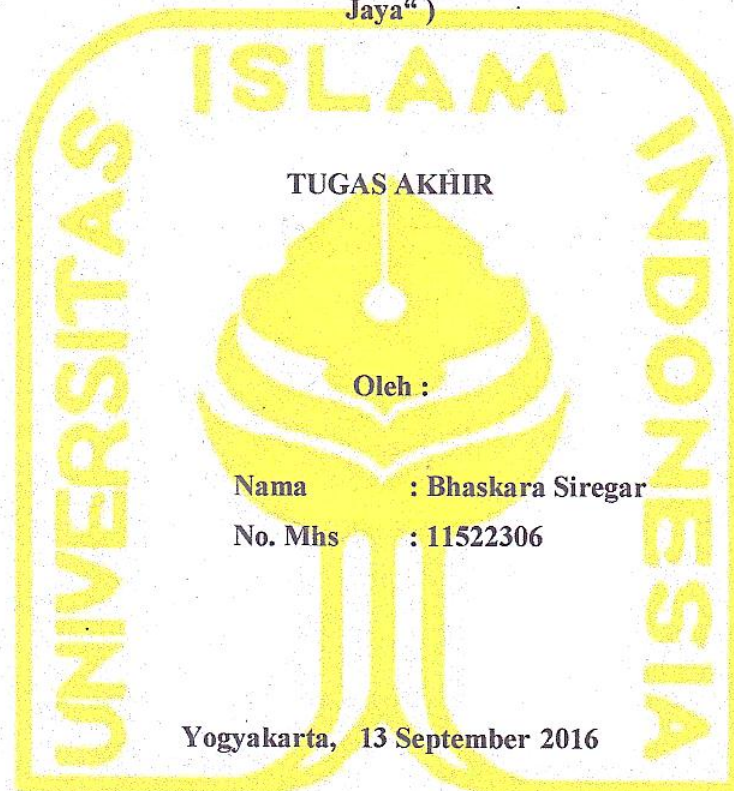


[Signature]
H. Affan Susanto
Manajer

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

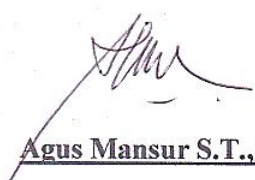
**PENGURANGAN PEMBOROSAN PADA PROSES PRODUKSI BLOK REM
KERETA API METALIK TIPE T.358 DENGAN PENDEKATAN *LEAN*
*MANUFACTURING***

**(Studi Kasus: Koperasi Industri Pengecoran Logam dan Permesinan “Batur
Jaya“)**



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

Pembimbing


Agus Mansur S.T., M.Eng.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PENGURANGAN PEMBOROSAN PADA PROSES PRODUKSI BLOK REM KERETA API METALIK TIPE T.358 DENGAN PENDEKATAN *LEAN* *MANUFACTURING*

(Studi Kasus: Koperasi Industri Pengecoran Logam dan Permesinan "Batur Jaya"
)

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Bhaskara Siregar
No Mahasiswa : 11522306

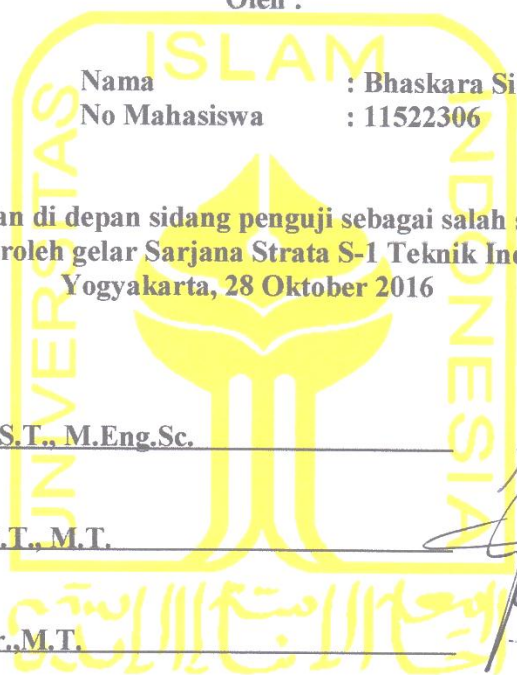
Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata S-1 Teknik Industri
Yogyakarta, 28 Oktober 2016

Tim Penguji

Agus Mansur, S.T., M.Eng.Sc.
Ketua 1

Dian Janari, S.T., M.T.
Anggota 1

Ali Parkhan, Ir., M.T.
Anggota 2



[Handwritten signatures of Agus Mansur, Dian Janari, and Ali Parkhan]

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



[Handwritten signature]
Yuh. Agusti Rochman, S.T., M.Eng.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan rasa syukur Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Allah Subhanahu Wata'ala atas curahan rahmat dan limpahan kasih sayang serta ridho-Nya sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Untuk kedua Orang tua, serta adik-adik saya tercinta yang selalu memberikan do'a, semangat, pengorbanan dan dukungannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Untuk Dosen Pembimbing Bapak Agus Mansur yang telah banyak membantu dan membimbing selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Untuk Pakde Nunung dan keluarga di Klaten yang telah memberikan *support* yang sangat besar selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman Teknik Industri angkatan 2011 pada umumnya dan para teman-teman dari Koloni Utara serta anak kos ragil mulya yang selalu memberikan dukungan dan hiburan selama pengerjaan skripsi ini.
6. Terakhir untuk seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا (٥) إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا (٦)

*“Karena sesungguhnya bersama setiap kesulitan ada kemudahan,
Sesungguhnya bersama setiap kesulitan ada kemudahan.”*

(Q.S : Al-Insyirah ayat 5-6)

"ومن سلك طريقًا يلتمس فيه علما سهل الله له به طريقًا إلى الجنة"
((رواه مسلم))

“Barang siapa yang menempuh suatu perjalanan dalam rangka menuntut ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga“

(HR Muslim)

Man Shabara Zhafira

“Siapa yang bersabar maka ia akan beruntung”
-(Pepatah Arab)-

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warratullaahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamiin segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **PENGURANGAN PEMBOROSAN PADA PROSES PRODUKSI BLOK REM KERETA API METALIK T.358** (Studi Kasus: Koperasi Industri Pengeceoran Logam dan Permesinan“Batur Jaya“). Tidak lupa salawat serta salam semoga selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga dan para sahabat serta pengikut beliau yang setia hingga akhir zaman.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapat saran, dorongan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala hormat dan kerendahan hati perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
2. Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
3. Yth. Bapak Agus Mansur, H, ST, Meng.Sc. Selaku pembimbing yang telah memberikan bantuan dan arahnya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Kepada orang tua, saudara dan keluarga besar atas doa serta dukungan dan kasih sayang yang selalu tercurah kepada penulis.
5. Yth. Bapak Affan Susanto selaku Manajer dan Bapak Budi Wahyono selaku Assisten Manajer di Koperasi Batur Jaya yang telah bersedia menerima penulis untuk melakukan penelitian di Koperasi Batur Jaya.
6. Bapak Suharto, Bapak Sugeng dan Bapak Marsono selaku Kepala Produksi, Kepala Pergudangan dan Kepala Pengecoran di Koperasi Batur Jaya yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Herdin selaku Assisten Kepala Pengecoran di Koperasi Batur Jaya yang telah membantu dalam pengumpulan data dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman mahasiswa Teknik Industri, FTI, UII, yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.
9. Semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada saya yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari para pembaca sangat diharapkan.

Wassalaamu'alaikum Warramatullaahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 27 Agustus 2016

Bhaskara Siregar

ABSTRAK

Koperasi Industri Batur Jaya merupakan sebuah koperasi yang bergerak di bidang industri pengecoran dan permesinan. Penelitian ini difokuskan pada proses produksi blok rem kereta api metalik tipe T.358. Pada Koperasi Batur Jaya masih ditemukan permasalahan berupa waste pada proses produksi. Pada penelitian ini digunakan pendekatan lean manufacturing menggunakan VSM dan FMEA untuk mengeliminasi waste yang ada. Dari VSM dan data perusahaan ditemukan waste pada proses produksi berupa inventori berupa barang jadi dan work in process (WIP,), waiting time dan defect. Jenis defect yang terjadi pada produk rem kereta api metalik T.358 ada 8 jenis yaitu, Surgical sand, uncomplete, rongga gas, core defect, Shrinkage, cros joint, dan penetration. Dari diagram pareto, dapat dilihat bahwa jenis cacat yang berkontribusi sebanyak 84.63% dari total jumlah jenis cacat yang ada adalah, Surgical sand (C1), Rongga gas (C2), Uncomplete (C3) dan Core Defect (C4). Analisis Akar penyebab (RCA) masalah dari keempat jenis cacat dilakukan dengan menggunakan diagram fishbone. Dari diagram fishbone didapatkan bahwa kecacatan produk dapat disebabkan oleh faktor manusia, proses, dan measurement/pengukuran. Setelah menemukan akar penyebab masalah, proses selanjutnya adalah mencari modus kegagalan yang akan diprioritaskan dengan FMEA. Dari FMEA didapatkan 5 modus kegagalan dengan nilai RPN tertinggi yaitu, Cetakan lembab (441), Cairan tumpah (441), Posisi inti/core tidak kokoh (441), Cairan kurang (270) dan Terdapat kotoran dalam leburan (162). Tindakan perbaikan yang dilakukan dengan pendekatan lean adalah pengurangan waiting time antara proses inspeksi dan machining dari 3 hari menjadi 1 hari dengan prinsip continuous flow. Pencegahan modus kegagalan dapat dilakukan dengan cara memperketat pengawasan terhadap setiap proses penyiraman dan pastikan pasir cetak baru digunakan 6 jam setelah dilakukan penyiraman, Membuat standarisasi kadar penyiraman, Pemasangan inti diwajibkan menggunakan kawat, Minimalkan proses estafet pada proses penuangan besi cor, Operator pembuang kotoran disarankan melakukan tetes mata secara berkala.

Kata kunci : Waste, Lean Manufacturing, VSM, FMEA , Pareto, RCA

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PERUSAHAAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kajian Teoritis.....	7
2.1.1 Lean Manufacturing	7
2.1.2 Pemborosan (<i>waste</i>)	8
2.1.3 Value Stream Mapping (VSM)	10
2.1.4 Diagram <i>Pareto</i>	12
2.1.5 Cause Effect Diagram (Sebab-Akibat, Fishbone)	13
2.1.6 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	14
2.1.7 Penentuan Nilai <i>Severity</i> , <i>Occurrence</i> dan <i>Detection</i>	15
2.1.8 Menentukan Nilai RPN (<i>Risk Priority Number</i>)	17
2.1.9 Menentukan Waktu Standar	17
2.2 Kajian Empiris.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Objek Penelitian	22
3.2 Jenis Data	22
3.3 Metode Pengumpulan data	23
3.3.1 Observasi	23
3.3.2 Wawancara	23
3.3.3 Studi Pustaka	23
3.4 Pengolahan Data.....	23
3.4.1 Pembuatan Current State Map.....	23
3.4.2 Time Study	24
3.4.3 Uji kecukupan data.....	24
3.4.4 Uji Keseragaman Data.....	25
3.4.5 Perhitungan Waktu Standar.....	25
3.4.6 Identifikasi <i>Waste</i>	26

3.4.7 Diagram Pareto.....	26
3.4.8 Root Cause Analysis (RCA).....	26
3.4.9 Failure Mode Effect Analysis (FMEA).....	26
3.4.10 <i>Future State Map</i>	26
3.5 Kerangka Penelitian	27
BAB VI PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	31
4.1 Pengumpulan Data	31
4.1.1 Sejarah perusahaan.....	31
4.1.2 Blok Rem Kereta Api Tipe T.358	32
4.1.3 Bahan baku	32
4.1.4 Inventory	32
4.1.5 Proses Produksi	33
4.1.6 Kapasitas Produksi	37
4.1.7 Aliran Informasi (Information Flow)	37
4.1.8 Data Produk Cacat.....	38
4.2 Pengolahan Data.....	39
4.2.1 Uji Kecukupan Data	39
4.2.2 Uji Keseragaman Data.....	41
4.2.3 Perhitungan Waktu Standar.....	42
4.3 Pembuatan Current Value Stream	45
4.3.1 Data Pada <i>Box</i> Dalam VSM	45
4.3.2 <i>Timeline</i> Pada VSM.....	46
4.4 Pembuatan Process Activity Mapping (PAM)	49
4.5 Identifikasi <i>Waste</i>	55
4.6 Analisis Produk Cacat	56
4.7 Diagram <i>Pareto</i> Produk Cacat	58
4.8 Root Cause Analysis (RCA).....	59
4.8.1 Diagram <i>Fishbone</i> Untuk Jenis Cacat <i>Surgical sand</i>	60
4.8.2 Diagram <i>Fishbone</i> Untuk Jenis Cacat Rongga gas	61
4.8.3 Diagram <i>Fishbone</i> Untuk Jenis Cacat <i>Uncomplete</i>	62
4.8.4 Diagram <i>Fishbone</i> Untuk Jenis Cacat <i>Core Defect</i>	63
4.9 Perhitungan nilai <i>Risk Priority Number</i> (RPN) Dengan FMEA	64
4.10 <i>Continuous Flow</i>	67
4.11 Usulan <i>Future State Map</i>	67
BAB V PEMBAHASAN.....	69
5.1 Current State Map	69
5.2 <i>Waste</i>	70
5.3 Diagram <i>Pareto</i>	70
5.4 <i>Root Cause Analysis</i> (RCA)	71
5.5 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	73
5.6 <i>Future State Map</i>	75
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	77
6.1 Kesimpulan.....	77
6.2 Saran.....	78
Daftar Pustaka.....	79
Lampiran	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jenis Pemborosan.....	7
Tabel 2.2 Simbol-simbol <i>Value Stream</i>	10
Tabel 2.5 Penentuan Nilai <i>Severity</i>	14
Tabel 2.6 Penentuan Nilai <i>Occurrence</i>	15
Tabel 2.5 Penentuan Nilai <i>Detection</i>	16
Tabel 2.8 Ringkasan Kajian Empiris.....	20
Tabel 3.9 <i>Westinghouse Rating</i>	26
Tabel 4.11 Komposisi Kimia Blok Rem Metalik Tipe T.358.....	34
Tabel 4.12 Inventory pada 15 Agustus 2016.....	35
Tabel 4.14 Data Jumlah Produk Cacat.....	39
Tabel 4.15 Hasil Uji Kecukupan Data.....	40
Tabel 4.16 Hasil Uji Keseragaman Data.....	42
Tabel 4.17 Hasil <i>Westinghouse Rating</i>	43
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Waktu Siklus.....	44
Tabel 4.19 Jumlah <i>Operator</i> dan <i>Cycle Time</i> Setiap <i>Work Center</i>	48
Tabel 4.20 <i>Waiting Time</i> yang Terjadi antar <i>Work Center</i>	48
Tabel 4.22 Process Activity Mapping Pembuatan Blok Rem Kereta Api T.358.....	50
Tabel 4.23 Pengelompokan Aktivitas Proses Produksi.....	54
Tabel 4.24 Pengelompokan Aktivitas VA, NVA dan NNVA.....	54
Tabel 4.25 Waste yang Terjadi dan Akar Penyebabnya.....	55
Tabel 4.26 Jenis Cacat dan Kodenya.....	57
Tabel 4.28 Data Produk Cacat Periode Januari – April 2016.....	59
Tabel 4.33 Hasil Perhitungan Nilai RPN.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.3 Diagram Pareto	12
Gambar 2.4 Fishbone	13
Gambar 3.10 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 4.13 Diagram Alir Proses Produksi Blok Rem Metalik Tipe T.358.....	35
Gambar 4.21 Value Stream Mapping Proses Produksi Blok Rem Metalik T.358	48
Gambar 4.27 Diagram Pareto Produk Cacat.....	59
Gambar 4.29 Diagram <i>Fishbone</i> Jenis Cacat <i>Surgical sand</i> (C1).....	61
Gambar 4.30 Diagram <i>Fishbone</i> Jenis Cacat Rongga gas (C2).....	61
Gambar 4.31 Diagram <i>Fishbone</i> Jenis Cacat <i>Uncomplete</i>	62
Gambar 4.32 Diagram <i>Fishbone</i> Jenis Cacat <i>Core Defect</i>	63
Gambar 4.34 Usulan <i>Future State Map</i> Proses Produksi Blok Rem Metalik T.358 ...	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Globalisasi mengakibatkan semakin ketatnya iklim persaingan dalam bidang manufaktur. Salah satu faktor penting dalam memenangkan pasar adalah pengeluaran biaya yang lebih efektif dan efisien tanpa mengorbankan kualitas barang yang diproduksi. Oleh karena itu setiap perusahaan dalam bidang manufaktur harus mampu untuk selalu memperbaiki kinerjanya terutama dalam sistem produksi. Faktor penting yang mengakibatkan besarnya pengeluaran biaya adalah tingginya tingkat *waste* yang terjadi.

Waste merupakan segala aktifitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah (*non value added activity*) sepanjang aliran proses pada proses perubahan *input* menjadi *output* produk. Contoh *waste* dalam manufaktur adalah *overproduction*, *over processing*, *waiting*, *unnecessary part movement*, *excessinventory* dan *defects* (Neha, Singh, Simran, & Pramod, 2013).

Koperasi Industri Batur Jaya merupakan sebuah koperasi yang bergerak di bidang pengecoran logam dan permesinan. Koperasi yang berada di desa Tegalrejo kecamatan Ceper, Klaten, Jawa Tengah ini merupakan pemasok utama blok rem metalik kereta api bagi PT Kereta Api Indonesia (KAI). Sebagai pemasok utama blok rem kereta api, Koperasi Batur Jaya dituntut untuk dapat memproduksi dengan cepat dan dengan kualitas yang tepat. Dari hasil pengamatan awal diketahui bahwa didalam aliran proses produksinya Koperasi masih memiliki aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah atau *waste* seperti produk *defect* dan *inventories* baik berupa barang jadi atau work in process (WIP)

Setiap tahun Koperasi Batur Jaya memasok sekitar 250.000 blok rem pada PT KAI. Koperasi Batur Jaya memiliki kapasitas produksi yang terbatas. Untuk memenuhi permintaan lelang yang besar, Koperasi harus melakukan *stocking* terlebih dahulu sehingga akan menimbulkan adanya inventori barang jadi di gudang.

Untuk mempertahankan statusnya sebagai supplier utama PT KAI Koperasi Batur Jaya dituntut untuk memiliki sistem produksi yang efisien dan efektif, sehingga Koperasi akan mampu memenuhi permintaan konsumen dari segi kuantitas dan kualitas pada waktu yang ditentukan. Salah satu konsep yang dapat digunakan untuk mencapai sistem produksi yang efisien adalah konsep *Lean manufacturing*. *Lean manufacturing* adalah sebuah konsep sistem produksi yang bertujuan untuk meminimalkan *waste* atau aktifitas yang tidak menambah nilai suatu produk. *Lean manufacturing* merupakan konsep *Toyota Production System* dengan tujuan untuk meningkatkan nilai tambah kerja dengan menghilangkan *waste* dan mengurangi pekerjaan yang tidak perlu, biaya yang lebih rendah, kualitas yang lebih tinggi dan *lead time* yang lebih pendek (Gasperz, 2012). Salah satu *tool* pada konsep lean manufacturing adalah *Value Stream Mapping* atau VSM.

Metode ini juga berasal dari konsep *Toyota Production System* (TPS) yang disebut sebagai "*material and information flow mapping*". *Tool mapping* ini digunakan untuk menganalisa dan mengevaluasi *work processes* dalam operasi manufaktur (Apel, Li, & Walton, 2007). VSM membagi aktivitas berupa *value added*, *non value added* dan *nessesary non value added activity*. VSM mampu memvisualisasikan aliran produk dan mengidentifikasi pemborosan yang ada. Metode ini adalah salah satu bentuk dari proses *mapping* yang menunjukkan secara detail aliran material, aliran informasi, parameter frekuensi pengiriman, jumlah *manpower*, jumlah *inventory*, *setup time*, *process time*, efisiensi proses secara keseluruhan dan *quality rate* produk.

Waste yang sudah diidentifikasi selanjutnya akan diklasifikasikan ke dalam 7 jenis waste menurut ohno (1988). *Waste* jenis *defect* akan diberi perhatian khusus pada penelitian ini, hal ini dikarenakan *waste* jenis ini yang menjadi permasalahan utama di Koperasi Batur Jaya. Barang yang *defect* mengakibatkan produk yang sudah dikirim harus dikembalikan, sehingga menyebabkan kerugian bagi perusahaan berupa ongkos kirim. Data produk cacat akan dibuat kedalam diagram

pareto untuk melihat jenis cacat yang paling berkontribusi terhadap seluruh produk cacat yang terjadi. Langkah selanjutnya adalah mencari akar penyebab masalah dengan pendekatan RCA (*Root Cause Analysis*) terhadap jenis cacat dominan. *Tool* yang digunakan untuk mencari akar penyebab masalah adalah *fishbone diagram*. Hasil analisis penyebab kecacatan tersebut selanjutnya akan diolah dengan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).

FMEA merupakan suatu prosedur yang terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan sebelum kegagalan tersebut terjadi (McDermott, Mikulak, & Beauregard, 2009). Dari hasil RCA tersebut maka di hitung nilai RPN dengan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) yang nantinya hasil dengan RPN tertinggi akan diprioritaskan untuk dieliminasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Apa saja waste/pemborosan yang terjadi pada proses produksi dan *value stream* ?
2. Saran apa yang harus dilakukan untuk mengeliminasi *waste* yang terjadi ?
3. Bagaimana rancangan *future VSM* setelah dilakukan perbaikan ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mempermudah dalam pemecahan masalah dan agar penelitian ini lebih terarah, mudah dipahami dan topik yang dibahas tidak meluas, maka peneliti membatasi ruang lingkup permasalahan, adapun batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Koperasi Industri Pengecoran Logam Dan Permesinan Batur Jaya.
2. Penelitian hanya dilakukan pada produk rem kereta api tipe T.358.
3. Penelitian dilakukan pada jam kerja yaitu mulai jam 07.30-16.00 WIB.

4. Data observasi lapangan untuk *current state map* dilakukan pada bulan Agustus 2016.
5. *Value stream mapping* (VSM) yang dibuat adalah VSM proses produksi ketika perusahaan sedang melakukan *stocking*.
6. *Waste* yang akan dieliminasi hanya *waste* yang mungkin dihilangkan dengan keadaan perusahaan saat menggunakan kebijakan *stocking*.
7. Metode FMEA hanya digunakan untuk analisis *waste* jenis *defect*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi *waste* yang ada dengan *value stream mapping* (VSM).
2. Merumuskan usulan perbaikan untuk mengurangi *waste* yang teridentifikasi.
3. Membuat usulan *future state map* proses produksi.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi semu pihak yaitu:

1. Bagi peneliti dengan dilakukannya penelitian ini maka peneliti dapat memahami penggunaan *value stream mapping* (VSM) dan *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) dalam mendukung terwujudnya *lean manufacturing*.
2. Bagi perusahaan dengan diadakannya penelitian ini akan dapat mengurangi pemborosan yang ada pada sistem produksi sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan profit serta kualitas.
3. Bagi pembaca dapat digunakan sebagai referensi untuk menambah wawasan dan ilmu pengetahuan serta dapat digunakan sebagai pembanding bagi penelitian yang akan datang.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan dibuat untuk membantu memberikan gambaran secara umum tentang penelitian yang akan dilakukan. Secara garis besar sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini akan menjelaskan secara singkat mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan TA.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Bab kedua ini memuat kajian literatur deduktif dan induktif yang dapat membuktikan bahwa topik TA yang diangkat memenuhi syarat serta kriteria yang telah dijelaskan diatas.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini memuat obyek penelitian, data yang digunakan serta tahapan yang telah dilakukan dalam penelitian secara ringkas dan jelas. Metode ini dapat meliputi metode pengumpulan data, alat bantu analisis data yang akan dipakai dan sesuai dengan bagan alir yang telah dibuat. Urutan langkah yang telah ditetapkan tersebut merupakan suatu kerangka yang dijadikan pedoman dalam pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi tentang data yang diperoleh selama penelitian dan bagaimana menganalisa data tersebut. Hasil pengolahan data ditampilkan baik dalam bentuk tabel maupun grafik. Pada sub bab ini merupakan acuan untuk pembahasan yang akan ditulis pada sub bab V yaitu pembahasan hasil penelitian.

BAB V PEMBAHASAN

Bab ini berisi pembahasan hasil yang diperoleh dalam penelitian dimana kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian akan menghasilkan sebuah rekomendasi bagi perusahaan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh melalui pembahasan penelitian. Kemudian saran dibuat berdasarkan pengalaman dan pertimbangan penulis yang ditujukan kepada para peneliti dalam bidang sejenis yang dimungkinkan hasil penelitian tersebut dapat dilanjutkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teoritis

2.1.1 Lean Manufacturing

Lean manufacturing adalah sebuah konsep sistem produksi yang bertujuan untuk meminimalkan *waste* atau aktifitas yang tidak menambah nilai suatu produk. *Lean manufacturing* merupakan konsep *Toyota Production System* dengan tujuan untuk meningkatkan nilai tambah kerja dengan menghilangkan *waste* dan mengurangi pekerjaan yang tidak perlu, biaya yang lebih rendah, kualitas yang lebih tinggi dan *lead time* yang lebih pendek (Gasperz, 2012).

Womack dan Jones (1996) merumuskan 5 prinsip yang harus dilakukan agar tercapainya *lean manufacturing* pada proses produksi, kelima prinsip tersebut adalah :

1. Spesifikasikan *value*, nilai/*value* hanya bisa didefinisikan oleh konsumen. Konsumen di sini adalah keseluruhan proses selanjutnya. Aliran nilai harus dijamin dalam setiap departemen agar tidak menghasilkan output yang salah.
2. Membuat *value stream mapping*, dengan memetakan aliran nilai kita dapat mengidentifikasi setiap pemborosan yang ada.
3. *Continous flow*, ketika *waste* dan variasi telah dieliminasi, maka proses selanjutnya adalah menjaga aliran produksi tetap terjaga. Tujuan dari prinsip

ini adalah aliran produk dari konsep sampai ke tangan konsumen tanpa gangguan dan delay (Gao & Low, 2014).

4. *Pull System*, dalam system tarik, material di tarik dari proses sebelum oleh proses sesudah. Proses sebelum tidak boleh memproduksi barang tanpa ada pesanan dari proses sesudah. system tarik dapat mengurangi *inventory* dan *overproduction*.
5. *Pursue perfection*, yang dimaksud oleh prinsip ini adalah pengeliminasian waste secara total sehingga seluruh aktivitas dalam value stream menciptakan nilai ” (Womack & Jones, 1996).

Kelima prinsip ini bersifat terkait dan integral, sehingga harus digunakan secara bersama-sama.

2.1.2 Pemborosan (*waste*)

Menurut Womack dan Jones (1996) waste merupakan apa saja yang menyerap resource tapi tidak menambah *value*. Waste yang dikenal di dunia industry terbagi menjadi 8 jenis. Pada awalnya waste dibagi menjadi 7 jenis oleh Ohno (1988) , yaitu (1) overproduction, (2) waiting, (3) transportation, (4) over processing, (5) inventory, (6) movement and (7) defect products. Kemudian dalam bukunya, Liker (2004) menambahkan satu jenis waste, (8) kreativitas karyawan yang tidak dimanfaatkan. Gasperz (2007) menyajikan 8 waste beserta akar penyebabnya dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 2.1 Jenis Pemborosan (*Waste*)

No	Jenis Pemborosan (<i>Waste</i>)	Akar Penyebab (<i>Root Cause</i>)
1.	<i>Transportation</i> : membawa barang dalam proses (WIP) dalam jarak jauh, menciptakan angkutan yang tidak efisien, memindahkan material, komponen atau barang jadi kedalam atau keluar gedung atau antar proses sehingga mengakibatkan waktu penanganan materil bertambah	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Poor Layout</i> - Ketiadaan koordinasi dalam proses - <i>Poor house keeping</i> - <i>Poor work place organization</i> - Lokasi penyimpanan material banyak dan saling berjauhan

No	Jenis Pemborosan (<i>Waste</i>)	Akar Penyebab (<i>Root Cause</i>)
2.	<i>Inventories</i> : kelebihan material, barang dalam proses, atau barang jadi menyebabkan <i>lead time</i> yang panjang, barang kadaluarsa, barang rusak, peningkatan biaya pengangkutan dan penyimpanan, dan keterlambatan. Persediaan berlebih juga menimbulkan masalah seperti ketidakseimbangan produksi, keterlambatan pengiriman dari pemasok, produk cacat, mesin rusak, dan waktu <i>set up</i> yang panjang.	<ul style="list-style-type: none"> - Peralatan yang tidak handal (unrealible equipment) - Aliran kerja yang tidak seimbang - Pemasok yang tidak kapabel - Peramalan kebutuhan yang tidak akurat - Ukuran batch yang besar - Long change-over time (waktu pergantian yang panjang)
3.	<i>Motion/Movement</i> : setiap gerakan karyawan yang mubazir saat melakukan pekerjaannya seperti mencari, meraih atau menumpuk komponen, alat dan lain sebagainya. Berjalan juga merupakan pemborosan.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Poor work place organization</i> - <i>Poor layout</i> - Metode kerja yang tidak konsisten - <i>Poor machine design</i>
4.	<i>Waiting</i> : para pekerja hanya mengamati mesin otomatis yang sedang berjalan atau berdiri menunggu langkah proses selanjutnya, alat, pasokan komponen selanjutnya dan lain sebagainya atau menganggur saja karena kehabisan material, keterlambatan proses, mesin rusak, dan <i>bottleneck</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Metode kerja yang tidak konsisten - <i>Long change over time</i> (waktu pergantian yang panjang)
5.	<i>Over Process</i> : melakukan langkah yang tidak diperlukan untuk memproses komponen. Melakukan pemrosesan yang tidak efisien karena alat yang buruk dan rancangan produk yang buruk, menyebabkan gerakan yang tidak perlu dan memproduksi barang cacat. Pemborosan terjadi ketika membuat produk yng memiliki kualitas lebih tinggi daripada yang diperlukan.	<ul style="list-style-type: none"> - Ketidaktepatan penggunaan - Pemeliharaan peralatan yang jelek - Gagal mengkombinasikan operasi-operasi kerja - Proses kerja dibuat serial padahal proses-proses itu tidak tergantung satu sama lain yang seyogyanya dapat dibuat parallel.
6.	<i>Over Production</i> : memproduksi barang-barang yang belum dipesan akan menimbulkadn pemborosan seperti kelebihan tenaga kerja dan kelebihan tempat penyimpanan serta biaya transportasi yang meningkat karena adanya persediaan berlebihan	<ul style="list-style-type: none"> - Ketiadaan komunikasi - Sistem balas dan penghargaan yang tidak tepat - Hanya berfokus pada kesibukan kerja bukan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan internal dan eksternal

No	Jenis Pemborosan (<i>Waste</i>)	Akar Penyebab (<i>Root Cause</i>)
7.	<p><i>Defective Products</i>: memproduksi komponen cacat atau memerlukan perbaikan. Perbaikan atau pengerjaan ulang, <i>scrap</i>, memproduksi barang pengganti, dan inspeksi berarti tambahan penanganan, biaya, waktu dan upaya yang sia-sia.</p> <p><i>Defective Design</i> : tidak memenuhi kebutuhan pelanggan, penambahan <i>features</i> yang tidak perlu</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Incapable process</i> - <i>Insufficient planning</i> - Ketiadaan SOP - <i>Lack of customer input in design</i> - <i>Over design</i>
8.	Kreativitas karyawan yang tidak dimanfaatkan : kehilangan waktu, gagasan, keterampilan, peningkatan dan kesempatan belajar karena tidak melibatkan tidak mendengarkan karyawan anda	

2.1.3 Value Stream Mapping (VSM)

Dalam bukunya yang terkenal, Rother dan Shook (1999) mendefinisikan *Value stream mapping* sebagai keseluruhan aksi (baik *value added* dan *non value added*) yang dibutuhkan untuk membawa produk melalui aliran utama yang essential ke setiap produk.

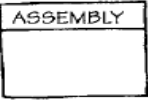

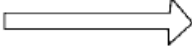



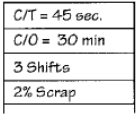


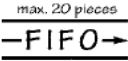



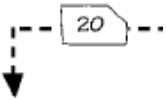

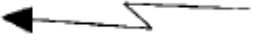





Dengan membuat value stream, kita dapat melihat keseluruhan proses sehingga kita dapat mengeliminasi waste pada sumbernya. Rother dan Shook (1999) menjelaskan mengapa VSM merupakan alat yang essential dalam beberapa point sebagai berikut :

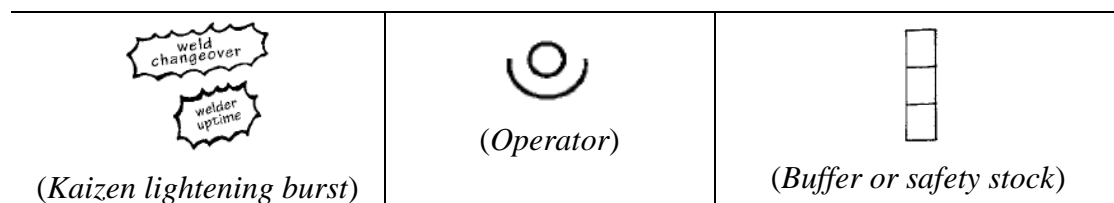
- VSM membantu memvisualisasikan lebih dari single-process level saja, i.e. assembly, welding, etc., dalam produksi. Kita dapat melihat alirannya.
- Dapat membantu kita melihat lebih dari sekedar pemborosan. Pemetaan/*mapping* membantu kita melihat sumber dari pemborosan dalam *value stream*.
- VSM membuat keputusan terhadap aliran/flow lebih jelas, sehingga kita dapat mendiskusikannya.
- VSM memperlihatkan hubungan antara aliran informasi dan aliran material.

- VSM mengintegrasikan konsep dan teknik *lean*, yang mana membantu kita menghindari “*cherry picking*”.

Berikut tabel yang menunjukkan symbol – symbol yang dipakai dalam value stream yang diambil dari buku Rother dan Shook (1999) :

Tabel 2.2 Simbol – simbol dalam *value stream*

VALUE STREAM ICON		
 (Proses Manufaktur)	 (Inventory)	 (Aliran Barang Jadi ke Konsumen)
 (Outside Source)	 (Truck Shipment)	 (Supermarket)
 (Data Box)	 (Movement material by PUSH)	 (Withdrawal)
 (Transfer of controlled quantity material in FIFO sequence)	 (Aliran Informasi)	 (Signal kanban)
 (Withdrawal kanban)	 (Kanban Produksi)	 (Informasi)
 (Aliran informasi elektronik)	 (“Go-see” production scheduling)	 (Load leveling)
 (Kanban arriving in batches)	 (Kanban post)	 (Sequence pullball)



Berikut merupakan langkah – langkah pembuatan VSM :

Step 1 : Identifikasi produk target, product family atau service

Step 2 : Gambar *current state value stream map* dalam rantai produksi.

Step 3 : Eliminasi *waste* dari *current value stream map* untuk menciptakan *flow*.

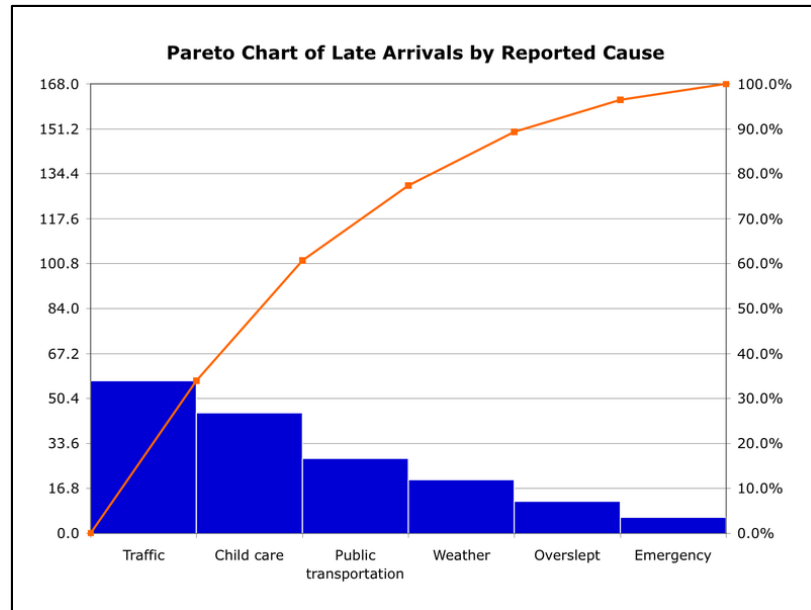
Step 4 : Gambar *future* VSM.

Step 5 : Bekerja menuju kondisi masa depan.

2.1.4 Diagram Pareto

Diagram pareto digunakan untuk mengidentifikasi faktor kritis yang menyebabkan kecacatan pada produk (Wilkinson,2006). Pareto menggunakan perbandingan 80:20 yang artinya 80% peningkatan dapat dicapai dengan memecahkan 20% masalah terpenting yang dihadapi. Diagram pareto biasanya digunakan untuk (Zulian Yamit, 2005) :

- Menentukan prioritas karena keterbatasan sumberdaya.
- Menggunakan kearifan tim secara kolektif.
- Menghasilkan *consensus* atau keputusan akhir.
- Menempatkan keputusan pada data kuantitatif.

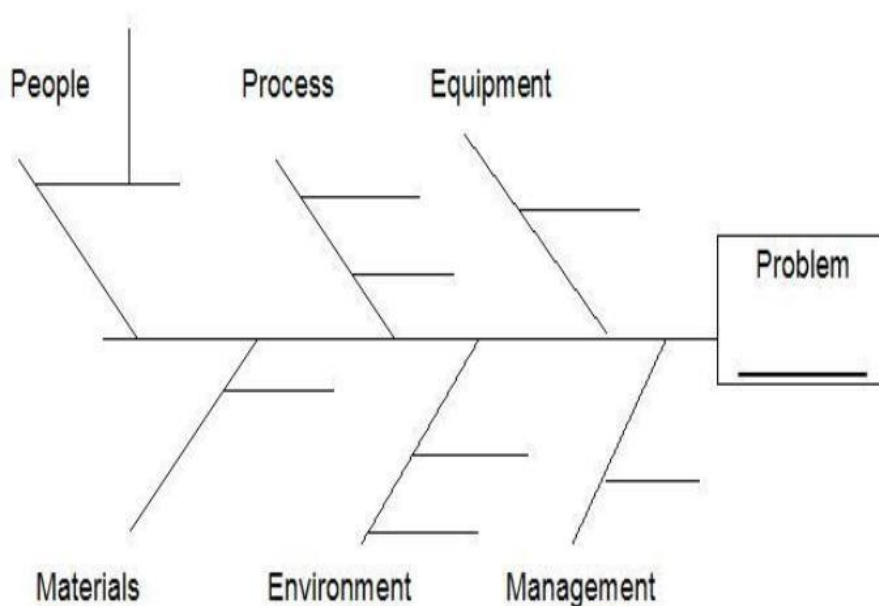


Gambar 2.3 Diagram Pareto

Sumber : (Wikipedia)

2.1.5 Cause Effect Diagram (Sebab-Akibat, Fishbone)

Fishbone diagram (*Cause Effect Diagram*) adalah suatu *tools* yang membantu tim untuk menggabungkan ide-ide mengenai penyebab potensial dari suatu masalah. Diagram ini juga biasa disebut dengan diagram *fishbone* karena bentuknya yang seperti tulang ikan. Masalah yang terjadi dianggap sebagai kepala ikan sedangkan penyebab masalah dilambangkan dengan tulang-tulang ikan yang dihubungkan menuju kepala ikan. Tulang paling kecil adalah penyebab yang paling spesifik yang membangun penyebab yang lebih besar (tulang yang lebih besar).



Gambar 2.4 Diagram *Fishbone*

2.1.6 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan suatu prosedur yang terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan. Metode ini pertama kali digunakan secara formal pada pertengahan tahun 1960 pada industry pesawat luar angkasa dan berfokus pada isu keselamatan (McDermott, Mikulak, & Beauregard, 2009).

FMEA dapat membantu menghilangkan kegagalan yang disebabkan oleh perubahan – perubahan dalam variabel proses, misalnya ukuran yang tidak tepat, tekstur dan warna yang tidak sesuai, ketebalan yang tidak tepat, dll.

Dalam buku *The Basic of FMEA* edisi kedua, McDermott, Mikulak, & Beauregard (2009) menjabarkan langkah – langkah FMEA sebagai berikut :

1. Mengkaji ulang proses atau produk.
2. Melakukan *brainstorming* terhadap potensi modus kegagalan.
3. Mencatat efek potensial dari setiap modus kegagalan.
4. Menetapkan bobot *severity* terhadap setiap efek kegagalan.
5. Menetapkan bobot *occurrence* terhadap setiap modus kegagalan.
6. Menetapkan bobot *detection* terhadap setiap modus atau efek kegagalan.
7. Menghitung nilai *risk priority number* (RPN) untuk setiap efek kegagalan.
8. Memprioritaskan modus kegagalan dengan nilai RPN tertinggi.

9. Melakukan tindakan untuk mengurangi modus kegagalan dengan resiko tertinggi.
10. Menghitung kembali nilai RPN setelah dilakukan pengeliminasian atau pengurangan terhadap modus kegagalan.

Dengan mengurangi atau mengeliminasi setiap mode kegagalan, maka FMEA akan meningkatkan keandalan dari produk dan pelayanan sehingga meningkatkan kepuasan pelanggan yang menggunakan produk dan pelayanan tersebut.

2.1.7 Penentuan Nilai *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*

2.1.7.1 *Severity*

Severity adalah nilai yang berkaitan dengan efek atau akibat pada mode kesalahan *Severity* merupakan angka 1 sampai 10 dimana 1 merupakan tingkat paling rendah dan 10 tingkat paling tinggi. Berikut ini merupakan kriteria *severity*.

Tabel 2.5 Penentuan Nilai *Severity*

Rating/Skala	Kriteria
1	<i>Negligible severity</i> (pengaruh buruk yang dapat diabaikan). Kita tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kualitas produk. Konsumen mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan ini
2	<i>Mild severity</i> (pengaruh buruk yang ringan).
3	Akibat yang ditimbulkan bersifat ringan, konsumen tidak akan merasakan penurunan kualitas.
4	<i>Moderate Severity</i> (pengaruh buruk yang moderate). Konsumen akan merasakan
5	penurunan kualitas, namun masih dalam batas toleransi.
6	
7	<i>High Severity</i> (pengaruh buruk yang tinggi).
8	Konsumen akan merasakan penurunan kualitas yang berada diluar batas toleransi
9	<i>Potential severity</i> (pengaruh buruk yang sangat tinggi). Akibat yang ditimbulkan sangat
10	berpengaruh terhadap kualitas lain, konsumen tidak akan menerima.

Sumber: (Gaspersz, 2002)

2.1.7.2 Occurrence

Occurrence adalah seberapa sering kemungkinan penyebab potensi kesalahan akan terjadi kemungkinan dari peringkat *occurrence* memiliki makna relatif dari pada nilai absolut. Peringkat *occurrence* dari potensi mode kesalahan dimulai dari skala 1 sampai 10. Table dibawah ini menunjukkan peringkat kriteria *occurrence*.

Tabel 2.6 Penentuan Nilai *Occurrence*

Rating/Skala	Degree	Frekuensi kejadian
1	<i>Remote</i>	0,01 per 1000 item
2	<i>Low</i>	0,1 per 1000 item
3		05 per 1000 item
4	<i>Moderate</i>	1 per 1000 item
5		2 per 1000 item
6		5 per 1000 item
7	<i>High</i>	10 per 1000 item
8		20per 1000 item
9	<i>Very High</i>	50 per 1000 item
10		100 per 1000 item

Sumber : (Gaspersz, 2002)

2.1.7.3 Detection

Detection adalah peringkat yang berhubungan dengan control deteksi (ketelitian). *Detection* merupakan peringkat relatif dalam lingkup FMEA. Berikut ini merupakan tabel peringkat *detection*:

Tabel 2.7 Penentuan Nilai *Detection*

Rating/ Skala	Kriteria	Frekuensi Kejadian
1	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan penyebab mungkin muncul	0,01 per 1000 item
2	kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah	0, 1 per 1000 item
3		05 per 1000 item
4	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderate. Metode pencegahan kadang	1 per 1000 item
5	memungkinkan penyebab itu terjadi	2 per 1000 item
6		5 per 1000 item
7	Kemungkinan penyebab terjadi masih tinggi.	10 per 1000 item
8	Metode pencegahan kurang efektif. Penyebab masih terulang kembali.	20per 1000 item

Rating/ Skala	Kriteria	Frekuensi Kejadian
9	Kemungkinan penyebab terjadi masih sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif.	50 per 1000 item
10	Penyebab masih terulang kembali.	100 per 1000 item

Sumber : Sumber : (Gaspersz, 2002)

2.1.8 Menentukan Nilai RPN (*Risk Priority Number*)

Risk Priority Number (RPN) merupakan pengukuran resiko relatif dengan mengalihkan nilai *severity*, *occurrence* dan *detection*. Dalam lingkup FMEA, nilai ini dapat berkisar antara 1 sampai 1000. Penggunaan ambang batas RPN tidak disarankan dipraktikkan untuk menentukan kebutuhan akan tindakan. Nilai tersebut diasumsikan bahwa RPN adalah ukuran resiko relatif dan perbaikan terus-menerus yang tidak diperhatikan.

$$RPN = S \times O \times D \quad (2.1)$$

Pada persamaan (2.1) merupakan perkalian dari efek/keparahan (*S*), frekuensi penyebab kesalahan (*O*) dan kontrol deteksi (*D*). RPN ditentukan sebelum menerapkan rekomendasi tindakan perbaikan dan digunakan untuk memprioritaskan tindakan.

2.1.9 Menentukan Waktu Standar

Untuk menghitung waktu standar, setiap stasiun kerja akan di *rating* menggunakan metode *westinghouse rating*.

Tabel 3.9 *Westinghouse Rating*

Skill			Effort		
+0,15	A1	Superskill	+0,13	A1	Excessive
+0,13	A2	Superskill	+0,12	A2	Excessive
+0,11	B1	Excellent	+0,10	B1	Excellent
+0,08	B2	Excellent	+0,08	B2	Excellent
+0,06	C1	Good	+0,05	C1	Good
+0,03	C2	Good	+0,02	C2	Good
+0,00	D	Average	+0,00	D	Average
-0,05	E1	Fair	-0,04	E1	Fair

Skill			Effort		
-0,10	E2	Fair	-0,08	E2	Fair
-0,16	F1	Poor	-0,12	F1	Poor
-0,22	F2	Poor	-0,17	F2	Poor
Condition			Consistency		
+0,06	A	Ideal	+0,04	A	Perfect
+0,04	B	Excellent	+0,03	B	Excellent
+0,02	C	Good	+0,01	C	Good
+0,00	D	Average	+0,00	D	Average
-0,03	E	Fair	-0,02	E	Fair
-0,07	F	Poor	-0,04	F	Poor

Setelah dilakukan rating terhadap setiap stasiun kerja, langkah selanjutnya adalah menghitung waktu normal. Perhitungan waktu normal dilakukan menggunakan rumus berikut (Sutalaksana, 2006) :

$$W_n = W_s \times p \quad (3.5)$$

Dengan :

W_n = Waktu normal

W_s = Waktu siklus

p = Total rating

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai waktu standar. Dalam perhitungannya, waktu standar akan melibatkan persentase *allowance* atau kelonggaran. Waktu standar dihitung dengan rumus :

$$W_b = W_n \times (1 + Allowance) \quad (3.6)$$

Dengan :

W_b = Waktu baku / Waktu standar

W_n = Waktu normal

Allowance = Kelonggaran yang diberikan

2.2 Kajian Empiris

Dalam kajian literatur ini berisi tentang penelitian sebelumnya, antara lain :

- a. Penelitian dengan judul “*penerapan Lean Manufacturing untuk mengidentifikasi dan minimasi waste produksi benang Polyester pada mesin Carding dan mesin Drawing (Studi kasus di departemen produksi PT. X Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta)*” oleh Ardiansah Rahmiyarno, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, 2013. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tentang Value Stream Mapping (VSM). Untuk memenuhi permintaan dan kepuasan konsumen, perusahaan ini selalu berusaha meningkatkan produksinya dengan tepat waktu. Namun dalam pembuatan produk tersebut sering terjadi beberapa jenis pemborosan. Dengan melakukan perincian aktivitas dan mengelompokannya dengan menggunakan *Value Stream Mapping*, proses *Mapping Activity* serta *Fishbone* diagram maka peneliti berhasil melakukan identifikasi dan analisa pemborosan yang terjadi pada rantai produksi.
- b. Penelitian dengan judul “*penerapan Lean Manufacturing dalam mengidentifikasi dan meminimasi Waste (studi kasus PT. Hilon Surabaya)*” oleh Sabta Adi Kusuma Universitas Pembangunan Nasional “VETERAN” Jawa Timur. Dalam penelitian ini yaitu pendekatan lean manufacturing yang merupakan suatu upaya strategi perbaikan secara continue dalam proses produksi untuk mengidentifikasi jenis-jenis dan factor penyebab terjadinya *waste* dengan meminimasi *waste* agar aliran nilai (*value stream*) dapat berjalan lancar sehingga waktu produksi lebih efisien.
- c. Penelitian dengan judul “*perancangan lean production system dengan pendekatan cost integrated value stream mapping studi kasus pada industry otomotif*” oleh Faisal Akbar, Universitas Indonesia. Dalam penelitian ini digunakan metode *value stream mapping* (VSM) yang diintegrasikan dengan *Activity based Costing* (ABC) untuk merancang suatu *system lean*

pada produksi *stamping* guna mengurangi pemborosan dengan menghitung biaya untuk mengurangi *manufacturing cost*.

- d. Penelitian dengan judul “*Application of lean value stream mapping to reduce waste and improve productivity : a case of tile manufacturing company in Zimbabwe*” oleh Muvunzi *et al* dilakukan dengan menerapkan *value stream mapping* (VSM) pada *proses manufacturing* produk *micro-concrete roof tile production* (MCR) di Afrika selatan dengan tujuan mengurangi waste dan menambah produktivitas. Hasil dari penelitian ini adalah *Future state map* (FSM) yang dapat menghemat biaya *raw material* sampai \$2993.76 per bulan, meningkatkan produktivitas dari 20.220 unit per bulan sampai 28.350 unit per bulan, mengurangi *defect* dari 245 unit per hari ke 10 unit per hari dan juga mengurangi *lead time* sampai 46.8 menit.
- e. Penelitian yang berjudul “*An Application of Value Stream Mapping In Automotive Industry: A Case Study*” oleh Belokar *et al* mengaplikasikan *value stream mapping* (VSM) pada industri *automotive* di perusahaan CAPARO LIMITED di Bawal (Rewari) India. Penelitian ini berfokus pada pengurangan *cycle time*, hasilnya adalah pengurangan *cycle time* dari 43 detik menjadi 22 detik.
- f. Penelitian dengan judul “*Value stream mapping in glide manufacturing: A case study of Insti-Tools in Zimbabwe*” dilakukan oleh Maxwell Dzanya dan Caroline Mukada di Zimbabwe. Penelitian ini berfokus pada pengeliminasian waste dengan menggunakan *value stream mapping* (VSM) di perusahaan milik kementerian usaha kecil – menengah Zimbabwe. Hasil dari penelitian ini adalah *Future state map* (FSM) yang berpotensi untuk mengurangi *lead time* sampai 60.88%, waktu proses dikurangi sebesar 4% dan pengurangan pekerja sampai 25%.
- g. Penelitian dengan judul “*Process Planning Through Value Stream Mapping In Foundry*” yang dilakukan oleh Muruganathan *et al* di salah satu perusahaan yang bergerak di *industry casting* di Coimbatore, India. Metode yang digunakan adalah *value stream mapping* (VSM) yang nantinya perbaikan pada proses produksi dilakukan dengan *tool 5S*, hasilnya adalah pengurangan *lead time*.

Tabel 2.8. Ringkasan Kajian Empiris

Nama Peneliti	Objek Penelitian	Metode Penelitian
Ardiansah Rahmiyarno (Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta)	Produksi Benang <i>Polyster</i> pada Mesin <i>Carding</i> dan mesin <i>drawing</i>	Lean Manufacturing
Sabta Adi Kusuma (Universitas Pemabangunan Nasional "VETERAN" Jawa Timur)	PT. Hilon Surabaya	Lean Manufacturing (VALSAT dan FMEA)
Faisal Akbar (Universitas Indonesia)	Produk A	Lean Manufacturing (Integrasi VSM dan ABC <i>costing</i>)
Muvunzi <i>et al</i>	<i>micro-concrete roof tile production (MCR)</i>	Lean Manufacturing (VSM)
Belokar <i>et al</i>	<i>Automobile</i>	Lean Manufacturing (VSM)
Maxwell Dzanya dan Caroline Mukada	<i>Glide</i>	Lean Manufacturing (VSM)
Muruganathan <i>et al</i>	Proses <i> Casting</i>	Lean Manufacturing (VSM dan 5S)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Koperasi Industri Batur Jaya yang terletak di desa Tegalrejo, kecamatan Ceper, Klaten, Jawa Tengah. Perusahaan ini bergerak di bidang pengecoran dan permesinan. Penelitian ini difokuskan pada proses produksi blok rem kereta api metalik tipe T.358. Koperasi Batur Jaya merupakan pemasok utama blok rem metalik ke PT Kereta Api Indonesia (KAI). Kendala yang dihadapi oleh Koperasi Batur Jaya adalah jumlah permintaan yang melebihi kapasitas normal produksi, serta adanya barang cacat yang menyebabkan barang yang telah dikirim dikembalikan oleh konsumen, sehingga menimbulkan kerugian berupa ongkos kirim terhadap Koperasi Batur Jaya.

3.2 Jenis Data

Jenis data pada penelitian ini ada dua yaitu:

1. Data Primer

Merupakan data yang diperoleh langsung dari objek yang diteliti dilapangan. Data primer pada penelitian didapatkan dengan wawancara langsung dan dengan menggunakan *stopwatch*.

2. Data Sekunder

Merupakan data yang diperoleh melalui referensi tertentu atau berdasarkan literature-literatur mengenai data-data pendukung penelitian. Data sekunder

pada penelitian ini berupa data produksi dan data produk cacat yang tersedia di bagian produksi dan pengecoran.

3.3 Metode Pengumpulan data

3.3.1 Observasi

Observasi merupakan salah satu teknik pengumpulan data dimana peneliti mengadakan pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap objek yang diteliti. Observasi dilakukan untuk mengetahui dan memahami proses produksi pada proses produksi blok rem time T.358 serta pengambilan data waktu setiap elemen kerja dengan menggunakan *stopwatch time study*.

3.3.2 Wawancara

Wawancara merupakan salah satu teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan tanya jawab, baik secara langsung maupun tidak langsung dengan sumber data.

3.3.3 Studi Pustaka

Studi pustaka pada penelitian ini adalah data historis perusahaan seperti, data produksi, jumlah defect, jumlah inventory dan lain-lain.

3.4 Pengolahan Data

3.4.1 Pembuatan Current State Map

Langkah pertama dalam pengolahan data penelitian adalah pembuatan *current state value stream mapping*. *Current state value stream mapping* menunjukkan kondisi awal perusahaan sebelum dilakukan perbaikan. Berikut merupakan langkah – langkah pembuatan *current value stream mapping* (Hendrik & David, 2007):

1. Memilih *product family*. *value stream mapping* digunakan hanya untuk satu keluarga produk saja.
2. Mengumpulkan data permintaan konsumen.
3. Mengkonversikan proses produksi produk yang dipilih ke dalam symbol – symbol yang digunakan dalam *value stream mapping*.
4. Melakukan penghitungan *cycle time*, *work in process*, *inventory* dan jumlah operator.
5. Menghitung *value added time* dan *non value added time*.
6. Menganalisa aliran informasi yang berhubungan dengan proses produksi.

3.4.2 Time Study

Time study pada penelitian ini berfungsi untuk mencari *cycle time* pada setiap *workstation*, teknik *time study* yang dipakai pada penelitian ini adalah *stopwatch time study*.

3.4.3 Uji kecukupan data

Uji kecukupan data diperlukan untuk memastikan bahwa data yang telah dikumpulkan adalah cukup secara objektif. Tes kecukupan data dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Purnomo, 2004) :

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right] \quad (3.2)$$

Dimana:

N = Jumlah data pengamatan

N' = Jumlah data teoritis

s = Derajat ketelitian

k = Tingkat keyakinan

bila tingkat kepercayaan 99% $k = 2,58$

bila tingkat kepercayaan 95%, $k = 1,96$

Jika $N' \leq N$, data dianggap cukup, jika sebaliknya maka data dianggap tidak cukup dan perlu penambahan data.

3.4.4 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data digunakan untuk mengetahui data yang diambil seragam. Persamaan yang digunakan untuk menghitung keseragaman data adalah sebagai berikut (Purnomo, 2004):

$$BKA = \bar{x} + k\sigma \quad (3.3)$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma \quad (3.4)$$

Dimana:

BKA = Batas kontrol atas

BKB = Batas kontrol bawah

\bar{x} = Nilai rata – rata

σ = Standar deviasi

k = Tingkat keyakinan

bila tingkat kepercayaan 99% $k = 2,58$

bila tingkat kepercayaan 95%, $k = 1,96$

bila tingkat kepercayaan 68%, $k = 1,96$

3.4.5 Perhitungan Waktu Standar

Setelah dilakukan uji keseragaman dan uji kecukupan data, langkah selanjutnya adalah perhitungan waktu standar, waktu standar inilah yang akan digunakan sebagai waktu siklus untuk setiap proses pada *value stream mapping* (VSM).

3.4.6 Identifikasi Waste

Setelah dilakukan pemetaan pada proses produksi, maka peneliti akan lebih mudah mengidentifikasi *waste* yang ada pada proses produksi. *Waste* akan diklasifikasikan dengan merujuk pada 7 jenis *waste* yang dikelompokkan oleh Ohno (1988).

3.4.7 Diagram Pareto

Data produk cacat akan dibentuk ke dalam diagram pareto. Dari diagram pareto akan diseleksi jenis cacat yang berkontribusi terhadap 80% jumlah cacat yang terjadi. Jenis cacat yang telah diseleksi nantinya akan dicari akar permasalahan yang terjadi dengan menggunakan *fishbone diagram*.

3.4.8 Root Cause Analysis (RCA)

Pencarian akar masalah pada produk yang cacat akan dilakukan dengan menggunakan diagram sebab - akibat yang juga biasa disebut dengan diagram *fishbone*. Diagram *fishbone* akan dibentuk untuk masing – masing jenis kecacatan.

3.4.9 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Setelah dilakukan pencarian akar masalah pada jenis cacat yang terjadi, langkah selanjutnya adalah menentukan potensi kegagalan dari tiap jenis cacat mana yang akan diprioritaskan untuk dikurangi atau dieliminasi. Caranya adalah dengan menghitung nilai *Risk Priority Number (RPN)*. Jenis cacat dengan nilai RPN tertinggillah yang nantinya akan diprioritaskan untuk dikurangi atau dieliminasi.

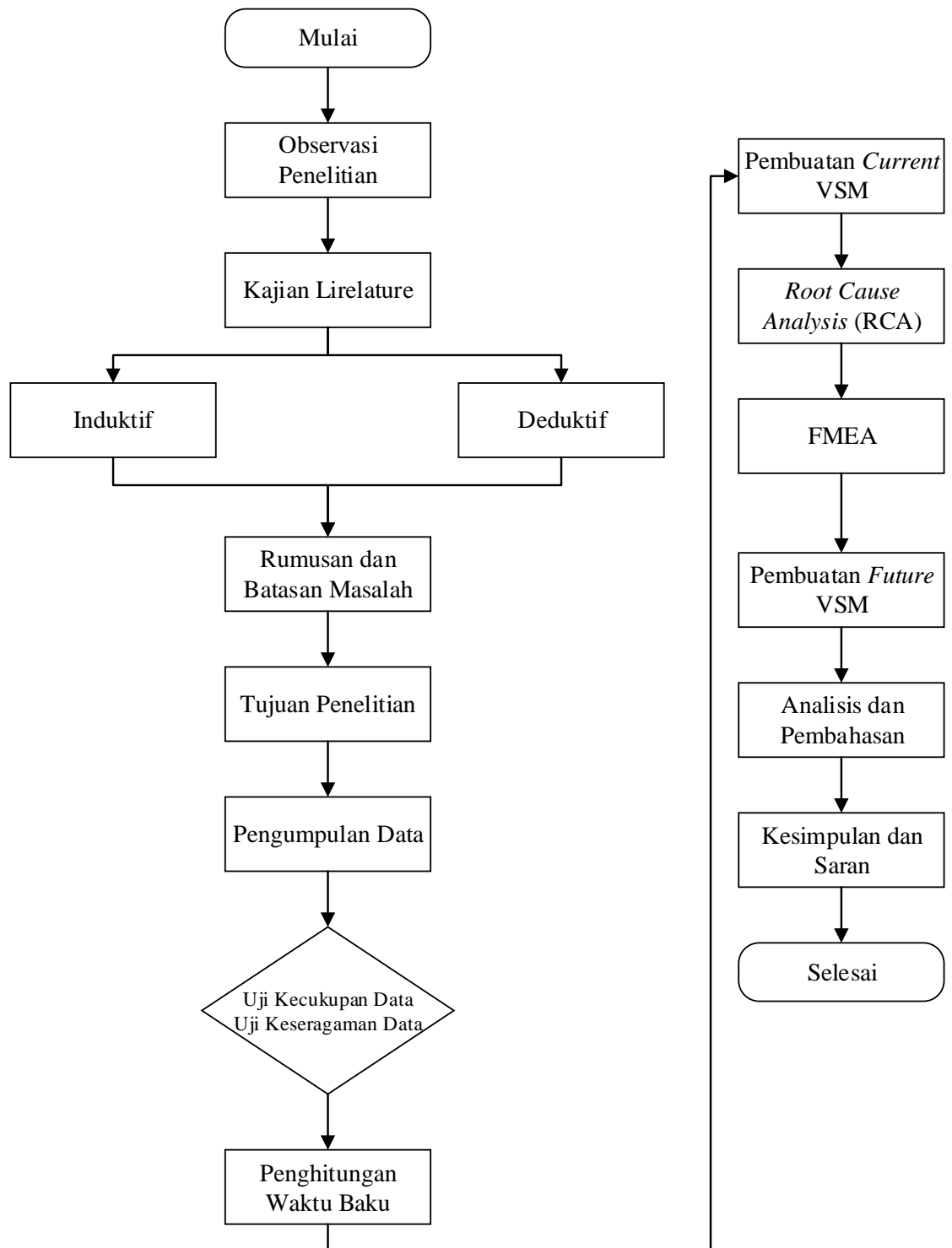
3.4.10 Future State Map

Future state map merupakan hasil dari pengeliminasian *waste* yang ada pada *current state map*. *Future state map* adalah gambaran yang ingin dicapai perusahaan

setelah penerapan konsep *lean manufacturing* dengan dasar *current state map* sebelumnya.

3.5 Kerangka Penelitian

Langkah-langkah penelitian perlu di susun secara baik untuk mempermudah penyusunan laporan penelitian. Adapun langkah-langkah penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.10 Diagram alir penelitian

Penjelasan konsep penelitian :

1. Observasi Penelitian

Langkah pertama ialah observasi dan identifikasi penelitian di Koperasi Industri Batur Jaya. Teknik observasi dilakukan dengan turun langsung kelapangan dan melakukan wawancara dengan Karyawan, Kepala produksi, Kepala Pergudangan dan Kepala Pengecoran perusahaan.

2. Kajian Pustaka

Terdapat dua kajian pustaka, yaitu kajian induktif dan deduktif. Kajian induktif didapatkan dari penelitian dan jurnal yang memiliki kesamaan tema. Sedangkan kajian deduktif didapatkan dari teori-teori yang sudah dibakukan. Dari sinilah nantinya penelitian dapat tangguhkan dan memiliki dasar yang kuat.

3. Perumusan dan batasan masalah

Dari latar belakang yang sudah diidentifikasi, maka dapat dirumuskan suatu masalah yang akan diselesaikan dari penelitian ini. Agar penelitian dapat tetap fokus maka diperlukan batasan masalah penelitian.

4. Tujuan penelitian

Tujuan penelitian dapat ditarik dari suatu rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya.

5. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan langsung, wawancara dan dari kajian pustaka. Jenis data dari penelitian ada dua, yaitu data primer dan sekunder. Pada langkah ini juga akan dilakukan *time study* menggunakan *stopwatch*.

6. Uji kecukupan data

Dari hasil *time study* yang dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan uji kecukupan data untuk melihat apakah data yang dikumpulkan sudah cukup. Bila data tidak mencukupi, maka harus dilakukan pengambilan data ulang.

7. Uji keseragaman data

Bila data yang dikumpulkan untuk setiap elemen kerja sudah mencukupi, maka proses selanjutnya adalah melakukan uji keseragaman data terhadap setiap stasiun kerja. Bila ada data yang tidak seragam, maka data tersebut akan dieliminasi dan dilakukan pengumpulan data ulang.

8. Penghitungan waktu baku

Data yang sudah lolos uji kecukupan dan keseragaman akan digunakan untuk menghitung waktu standar. Waktu standar inilah yang akan dimasukkan sebagai waktu siklus dalam *current state map*.

9. Pembuatan *current state map*.

Setelah melakukan penghitungan waktu baku, langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data untuk pembuatan *current state map*. *Current state map* mencerminkan aliran proses bisnis sesungguhnya dari perusahaan.

10. *Root cause analysis* (RAC)

Langkah ini dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya kecacatan pada produk. Diagram *fishbone* akan digunakan untuk mencari faktor – faktor penyebab terjadinya produk cacat. Diagram *fishbone* akan dibentuk untuk setiap jenis cacat yang terjadi.

11. Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Dengan metode FMEA ini akan dilakukan penghitungan nilai *risk priority number* (RPN). Modus kegagalan dengan nilai RPN tertinggi akan diprioritaskan untuk dieliminasi.

12. Pembuatan *future state map*

Dari hasil eliminasi *waste* yang dilakukan, maka dalam tahap ini peneliti bisa membuat rekomendasi *future state map* yang merupakan perbaikan dari *current state map* dengan konsep *lean manufacturing*.

13. Analisa dan pembahasan.

Merupakan uraian pembahasan dari pengolahan data yang sudah dilakukan. Analisis dan pembahasan hasil penelitian nantinya akan menjadi kesimpulan ditahap selanjutnya.

14. Kesimpulan dan saran

Di bagian ini akan dideskripsikan kesimpulan hasil dari penelitian ini dan saran untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya.

BAB VI

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Sejarah perusahaan

Koperasi Industri Batur Jaya (KBJ) merupakan sebuah koperasi yang bergerak di bidang industri pengecoran logam dan permesianan. Produk – produk yang dihasilkan oleh koperasi batur jaya antara lain, lampu antik, kursi antik, blok rem kereta api, serta komponen mesin dan berbagai pompa. Koperasi ini juga melayani pembuatan barang logam sesuai dengan *design* dari konsumen. Koperasi Industri Batur Jaya terletak di Batur RT.02/RW.01, Tegalrejo, Kecamatan Ceper, Klaten, Jawa Tengah.

Koperasi yang memiliki visi “koperasi industri yang merakyat, terbuka, unggul, inovatif, partisipatif dan modern” ini didirikan pada tanggal 23 Juli 1976. Pendirian koperasi ini merupakan hasil dari program pemerintah untuk membuat suatu wadah atau lembaga untuk para pengusaha cor logam di sentra batur. Pada waktu itu sudah terdapat ± 103 orang pengusaha yang semuanya orang pribumi Klaten. Pada awalnya Koperasi ini didirikan dengan nama Koperasi Pemesinan Pengerjaan Logam “Batur Jaya”. Pada saat ini Koperasi Batur Jaya telah memiliki 247 anggota.

Penelitian ini berfokus pada produk blok rem kereta api metalik tipe T.358. Produk ini merupakan produk andalan dari Koperasi Batur Jaya. Konsumen dari produk blok rem ini adalah PT Kereta Api Indonesia. Setiap tahun PT KAI akan mengadakan tender untuk pengadaan blok rem metalik ini, dan hampir seluruh tender dimenangkan oleh Koperasi Batur Jaya.

4.1.2 Blok Rem Kereta Api Tipe T.358

Blok rem kereta api yang digunakan oleh PT KAI ada 2 jenis, yaitu blok rem metalik dan blok rem komposit. Untuk blok rem metalik, PT KAI menerima pasokan dari perusahaan pemenang lelang. Sampai saat ini hampir seluruh tender pengadaan blok rem kereta api metalik dimenangkan oleh Koperasi Batur Jaya. Spesifikasi dari blok rem metalik tipe T.358 ditentukan oleh PT KAI. Berikut merupakan komposisi kandungan kimia blok rem yang dibuat di Koperasi Batur Jaya :

Tabel 4.11 Komposisi kimia blok rem metalik tipe T.358

No.	Unsur	Komposisi
1	Karbon	3,10% - 3,40%
2	Silikon	1,00% - 2,20%
3	Mangan	0,30% - 0,60%
4	Phospor	Max 0,10%
5	Sulfur	Max 0,20%

4.1.3 Bahan baku

Untuk memproduksi blok rem kereta api, dibutuhkan beberapa bahan baku seperti, baja bekas, karbon, silikon, serta pasir dan inti (resin). Untuk keperluan bahan baku berupa baja bekas, Koperasi Batur Jaya membeli dari anggotanya sendiri. Setiap bulan Koperasi Batur Jaya membeli baja bekas sebesar 450 – 500 ton.

Untuk kebutuhan bahan – bahan lain seperti, pasir, karbon, silikon serta inti dapat dibeli di toko – toko yang ada disekitar Kecamatan Ceper. Secara keseluruhan, Koperasi Batur Jaya belum mengalami kendala yang berarti dari segi pengadaan bahan baku untuk proses produksi.

4.1.4 Inventory

Koperasi Batur Jaya selalu melakukan *stocking* karena kapasitas produksi yang terbatas, sehingga akan selalu ada *inventory* dalam bentuk barang jadi. Bahan baku berupa baja bekas juga dibeli dalam jumlah yang sangat besar, terutama ketika harga

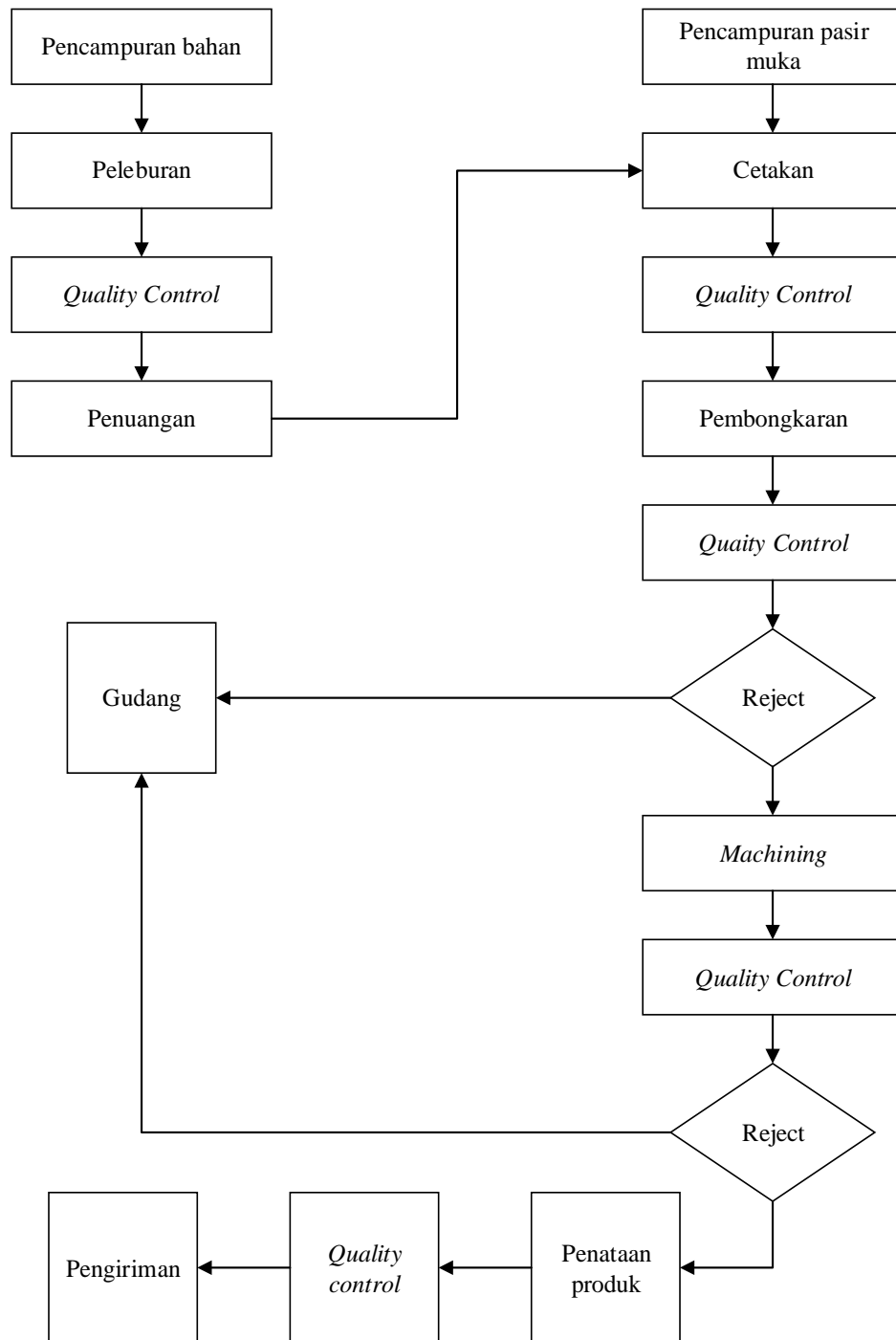
sedang murah. Tabel menunjukkan jumlah inventory bahan baku dan barang jadi di Koperasi Batur Jaya tanggal 15 Agustus 2016.

Tabel 4.12 *Inventory* tanggal 15 Agustus 2016

No	Nama	Jumlah	Satuan
1	Baja Bekas	462	Ton
2	Blok Rem	28342	Unit
3	Karbon	48	Kg
4	Silikon	56	Kg
5	Inti	3500	Unit

4.1.5 Proses Produksi

Proses produksi rem metalik di Koperasi Batur Jaya sudah menggunakan peralatan yang modern. Peleburan logam sudah menggunakan mesin induksi yang merupakan hibah dari Ditjen Industri Kecil dan Menengah (IKM) Kementerian Perindustrian. Mesin induksi yang dimiliki Koperasi Batur Jaya mampu menampung 500 Kg bahan baku. Untuk mengangkut bahan baku serta tungku yang berisi leburan blok rem sudah menggunakan crane. Bahan baku berupa scrap juga biasa diangkut ke mesin induksi menggunakan *conveyor*. Berikut merupakan diagram proses produksi yang didapat dari perusahaan :



Gambar 4.13 Diagram alir proses produksi blok rem metalik tipe T.358

Keterangan proses produksi blok rem metalik di KBJ :

1. Pencampuran pasir muka, langkah pertama dari proses produksi adalah pembuatan alas pasir yang nantinya akan digunakan untuk pembuatan cetakan pasir. Pasir yang digunakan di KBJ adalah pasir jenis *greensand*.

2. Proses selanjutnya adalah pembuatan cetakan. Pembuatan cetakan harus dibuat dengan angat hati – hati, proses ini sangat berpengaruh terhadap hasil kualitas blok rem yang dibuat.
3. Pencampuran bahan dan peleburan, bahan – bahan berupa karbon, silica dan besi cor di lebur ke dalam sebuah tungku induksi dengan kapasitas 500 kg.
4. *Quality control* di mesin induksi, proses *quality control* pada mesin induksi dilakukan dengan pengecekan komposisi dan membuang kotoran – kotoran yang ada pada proses peleburan. Kotoran berupa karat pada besi cor akan berada di permukaan tungku yang nantinya akan dibuang oleh operator dengan menggunakan bambu.
5. Proses penuangan ke cetakan, bahan yang sudah dilebur selanjutnya akan dituangkan dari mesin induksi ke sebuah *ladle*/kowi dengan ukuran yang sama. *Ladle* kemudian akan di angkut dengan menggunakan mesin pengait ke tempat yang dekat dengan cetakan yang tersedia. Kemudian operator akan menuangkan bahan dari *ladle* ke centong dengan berat ± 15 kg yang selanjutnya akan dituangkan ke cetakan.
6. *Quality control* setelah penuangan, proses *quality control* setelah penuangan dilakukan dengan mengawasi volume besi lebur yang dituangkan.
7. Pembongkaran, proses pembongkaran dilakukan setelah 6-7 jam pasca penuangan.
8. *Quality control* setelah pembongkaran, proses *quality control* setelah penuangan dilakukan dengan mengidentifikasi prosuk cacat yang bisa langsung terlihat seperti *surgical sand*/bedah. Produk yang *reject* akan langsung dikirim ke gudang untuk kemudian bisa dilebur kembali
9. *Machining*, proses *machining* dilakukan di bagian *finishing*. Ada dua tahap pada proses *machining*, yaitu *grinding*. Proses *grinding* dilakukan di gudang untuk meminimalisir proses transportasi.
10. *Quality control* setelah *machining*, proses *quality control* setelah *machining* dilakukan untuk mengontrol hasil *grinding* agar sesuai dengan hasil yang diinginkan dan juga menemukan produk cacat yang lolos dari *quality control* sebelumnya.
11. Penataan produk, produk yang telah lolos QC pasca *machining* akan ditata digudang untuk menunggu proses penarikan.

12. *Quality control* sebelum pengiriman, proses *quality control* ini dilakukan untuk menjamin produk yang dikirim bebas dari cacat.
13. Pengiriman, proses pengiriman dilakukan sesuai dengan kesepakatan kontrak lelang.

4.1.4.1 Peleburan

Proses peleburan merupakan proses ketika bahan baku padat dicairkan dengan panas yang tinggi. Proses peleburan pada Koperasi Batur Jaya dilakukan dengan menggunakan mesin induksi dengan kapasitas tungku 500Kg. jumlah operator yang menangani proses ini berjumlah 3 orang. Pada proses ini bahan baku dilebur dengan suhu 1400 – 1550 C°. Komposisi bahan baku pada proses peleburan di cek menggunakan CE meter yang terhubung dengan monitor. Setiap sebelum leburan dituang ke proses berikutnya, operator akan mengambil *sample* dengan cintang kecil yang akan dituang ke CE meter. Dengan CE meter dapat diketahui komposisi karbon dan silicon pada leburan serta suhunya.

4.1.4.2 Pencetakan

Proses pencetakan adalah proses pembuatan cetakan untuk leburan. Bentuk cetakan mengikuti bentuk produk yang akan dibuat. Pasir cetak yang digunakan adalah jenis pasir *greensand* dari pasir sungai. Sebelum melakukan proses pencetakan, pasir akan dilakukan penyiraman dengan air sebagai perekat. Pasir baru bisa digunakan setelah 6 jam pasca penyiraman. Pekerja pada proses ini berjumlah 8 orang. Pekerja dibayar sesuai dengan jumlah cetakan yang dibuat.

4.1.4.3 Pengecoran

Proses pengecoran merupakan proses penuangan leburan ke dalam cetakan yang telah dibuat. Alat bantu yang digunakan adalah cintang dengan berat 15 KG.

operator yang bertugas dalam proses ini berjumlah 4 orang yang juga merupakan pembuat cetakan.

4.1.4.4 Inspection dan Final Inspection

Proses inspeksi merupakan proses pengendalian kualitas berupa pengidentifikasian produk cacat. Proses inspeksi dilakukan setelah pembongkaran dan *machining*. Proses ini dilakukan langsung oleh Kepala Seksi Pengecoran dan seorang asistennya. Pengidentifikasian kecacatan dilakukan secara *visual* dengan mengandalkan pengalaman *inspector*.

4.1.4.5 Machining

Proses *machining* merupakan proses penghalusan produk blok rem dengan menggunakan mesin gerinda. Pada saat *stocking* penggerindaan dilakukan 4 hari sekali. Operator *grinding* berjumlah 5 orang. Operator *grinding* dibayar sesuai jumlah pekerjaan yang diselesaikan.

4.1.6 Kapasitas Produksi

Pada Koperasi Batur Jaya, target produksi dilakukan dengan satuan *taping* bukan satuan unit. Dalam satu *taping* dapat dihasilkan 42 unit blok rem. Dalam keadaan lelang, Koperasi dalam sehari dapat melakukan hingga 20 *taping* dengan sistem 2 *shift*. Dalam keadaan *stocking* Koperasi hanya melakukan 8 *taping* sehari atau memproduksi sekitar 336 unit.

4.1.7 Aliran Informasi (Information Flow)

Aliran informasi dimulai ketika *customer* melakukan *order* kepada perusahaan. Di Koperasi Batur Jaya, *customer* mengirimkan detail order seperti spesifikasi produk, jumlah produk, bahan yang digunakan, dan *due date* pengiriman langsung kepada

bagian produksi. Terkadang *costumer* membawa langsung *prototype* produk yang diinginkan. Kepala bagian produksi atau kepala seksi pengecoran akan meninjau apakah produk memungkinkan untuk dibuat. bila produk dimungkinkan untuk dibuat, maka selanjutnya akan dilakukan negosiasi berupa harga, bahan yang digunakan, jumlah serta *due date* pengiriman.

Untuk produk blok rem metalik, *costumer* yaitu PT Kereta Api Indonesia (KAI) persero menggunakan sistem lelang. Lelang biasa dilakukan 2 kali dalam setahun. Sebagai salah satu supplier tetap, Koperasi Batur Jaya akan menerima informasi dari PT KAI 1-2 bulan sebelum diadakan lelang. PT KAI kemudian akan mengupload Dokumen Pengadaan/Rencana Kerja Syarat (RKS) blok rem metalik di website resmi PT KAI, yang isinya berupa syarat-syarat dan aturan pelelangan. Masa kerja atau produksi untuk pemenuhan permintaan lelang dilaksanakan selama 3 bulan.

Bagian Pergudangan bertugas untuk mengecek stok produk barang jadi, dan bahan baku. Kepala bagian pergudangan dan Kepala bagian produksi berada dalam satu kantor, sehingga memudahkan aliran informasi. Dengan informasi bahan baku dan barang jadi yang ada, kepala bagian pengecoran akan membuat jadwal produksi harian dengan ukuran jumlah *taping*/proses peleburan. Semua supplier bahan baku Koperasi Batur Jaya berasal dari daerah Klaten. Bahan baku utama berupa baja bekas dibeli dari anggota Koperasi sebulan sekali, sedangkan bahan baku lain berupa karbon, silicon dan inti dibeli di toko yang letaknya berdekatan dengan Koperasi Batur Jaya.

4.1.8 Data Produk Cacat

Data produk cacat pada penelitian ini adalah data pada periode bulan Januari-April 2016. Tabel memperlihatkan persentase data jumlah produk cacat terhadap total produksi setiap bulan.

Tabel 4.14 Data jumlah produk cacat blok rem metalik kereta api tipe T.358

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Produk Cacat	Persentase (%)
Januari	18349	427	2.33

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Produk Cacat	Persentase (%)
Februari	17574	404	2.3
Maret	19319	422	2.184
April	19119	334	1.747
Total	74361	1587	2.134

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Uji Kecukupan Data

Pengambilan *sample* dilakukan sebanyak 10 kali pengamatan untuk setiap aktivitas dalam proses produksi. Kemudian akan dilakukan uji kecukupan data dengan tingkat keyakinan sebesar 95% dan tingkat ketelitian sebesar 5%. Uji kecukupan data untuk aktivitas memisahkan rangka cetak dalam proses pembuatan cetakan adalah sebagai berikut:

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{S} \sqrt{(N \Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}}{\Sigma x} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{(10)(105.4453) - (32.43)^2}}{32.43} \right]^2$$

$$N' = 4.19$$

Berdasarkan hasil perhitungan, maka untuk data aktivitas memisahkan rangka cetak dianggap cukup karena $N'(4.19) < N(10)$. Dengan menggunakan rumus dan cara perhitungan sama dengan diatas, maka didapatkan hasil uji kecukupan data seperti pada tabel 4.14.

Tabel 4.15 Hasil Uji Kecukupan Data

NO	Proses	Aktivitas	Nilai N	Nilai N'	Keterangan
1	Pembuatan cetakan	Pisahkan rangka cetak	10	4.19	Cukup
2		Masukkan pola ke rangka cetak	10	6.87	Cukup
3		Gabungkan kembali rangka cetak	10	9.7	Cukup
4		Beri anti air pada pola	10	4.29	Cukup
5		Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh	10	6.07	Cukup
6		Tumbuk pasir bagian samping	10	2.04	Cukup
7		Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh	10	8.32	Cukup
8		Tumbuk pasir sampai rata	10	5.79	Cukup
9		Balik rangka cetak	10	1.46	Cukup
10		Beri anti air pada pola dan taruh pipa	10	5.65	Cukup
11		Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh	10	4.14	Cukup
12		Tumbuk pasir	10	2.25	Cukup
13		Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh	10	6.67	Cukup
14		Tumbuk pasir sampai rata	10	2.96	Cukup
15		Cabut pipa	10	7.05	Cukup
16		Pisahkan rangka cetak	10	5.15	Cukup
17		Cabut pola cetak	10	6.45	Cukup
18		Taruh inti ke dalam cetakan	10	2.7	Cukup
19		Tambahkan pasir basah ke inti	10	3.29	Cukup
20		Gabungkan kembali rangka cetak	10	6.89	Cukup
21		Cabut rangka cetak	10	7.5	Cukup
22	Peleburan	Melakukan penimbangan bahan baku	10	2.49	Cukup
23		Membawa bahan baku ke mesin induksi	10	2.47	Cukup
24		Timbang karbon	10	9.74	Cukup
25		Masukkan karbon ke tungku	10	7.19	Cukup
26		Masukkan skrap logam ke tungku	10	3.64	Cukup
27		Aduk bahan baku	10	1.44	Cukup
28		Buang kotoran dari tungku	10	1.41	Cukup
29		Timbang silikon	10	4.85	Cukup
30		Masukkan silikon ke tungku	10	2.54	Cukup
31		Masukkan batang logam ke tungku	10	1.65	Cukup
32		Aduk bahan baku	10	0.16	Cukup
33		Buang kotoran dari tungku	10	1.16	Cukup
34		Masukan skrap logam ke tungku	10	4.35	Cukup
35		Aduk bahan baku	10	2.38	Cukup
36		Buang kotoran dari tungku	10	1.41	Cukup
37		Masukan skrap logam ke tungku	10	6.23	Cukup

NO	Proses	Aktivitas	Nilai N	Nilai N'	Keterangan
38		Aduk bahan baku	10	1.75	Cukup
39		Buang kotoran dari tungku	10	0.7	Cukup
40		Masukan skrap logam ke tungku	10	1.51	Cukup
41		Aduk bahan baku	10	1.86	Cukup
42		Buang kotoran dari tungku	10	1.1	Cukup
43		Mengambil sample leburan	10	4.25	Cukup
44		Menuangkan sample ke CE meter	10	4.52	Cukup
45		Mengecek komposisi bahan melalui monitor	10	4.48	Cukup
46		Tunggu leburan sampai memerah	10	2.42	Cukup
47		Buang kotoran dari tungku	10	5.98	Cukup
48	Pengecoran	Membawa ladle ke depan tungku	10	2.18	Cukup
49		Menuangkan leburan dari tungku ke ladle	10	0.24	Cukup
50		Membawa ladle ke dekat cetakan	10	0.99	Cukup
51		Menuangkan leburan dari ladle ke cintang	10	9.98	Cukup
52		Membawa cintang ke cetakan	10	6.15	Cukup
53		Menuangkan leburan ke cetakan	10	8.1	Cukup
54		Mendiamkan leburan dalam cetakan	10	0	Cukup
55	Pembongkaran	Mengambil alat pencungkil cetakan	10	9.13	Cukup
56		Mengeluarkan produk dari cetakan	10	6.78	Cukup
57		Mendiamkan produk untuk menurunkan suhunya	10	0	Cukup
58	Inspection	Mengidentifikasi kecacatan produk	10	6	Cukup
59		Pencatatan	10	6.79	Cukup
60		Mengangkat Produk Ke Mobil	10	9.41	Cukup
61		Mengangkut Produk Ke Gudang	10	2.67	Cukup
62		Menyusun produk di atas kursi kayu	10	0.85	Cukup
63	Machining	Menyalakan mesin gerinda	10	6.28	Cukup
64		Menghaluskan produk	10	0.12	Cukup
65		Mematikan mesin gerinda	10	7.04	Cukup
66		Produk di taruh di lantai gudang	10	2.07	Cukup
67	Final Inspection	Mengidentifikasi kecacatan produk	10	4.09	Cukup
68		Pencatatan	10	5.29	Cukup

4.2.2 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan menggunakan *control chart*. Pengujian dilakukan untuk setiap proses yang ada. Hasil dari uji keseragaman data dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.16 Hasil Uji Keseragaman Data

No.	Nama Proses	BKA (Detik)	BKB (Detik)	Keterangan
1	Pembuatan Cetakan	171.01	164.41	Seragam
2	Peleburan	3430.09	3271.82	Seragam
3	Pengecoran	21721.19	21716.67	Seragam
4	Pembongkaran	605.09	604.21	Seragam
5	<i>Inspection</i>	26.76	22.38	Seragam
6	Penghalusan/ <i>Machining</i>	78.96	72.46	Seragam
7	<i>Final Inspection</i>	26.71	22.53	Seragam

Tabel 4.15 menunjukkan bahwa seluruh data seragam, yang artinya seluruh data observasi berada diantara Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB).

4.2.3 Perhitungan Waktu Standar

Waktu standar digunakan sebagai *cycle time* untuk setiap proses. Sebelum dilakukan perhitungan waktu standar, setiap *work center* akan di rating dengan metode *Westinghouse Rating*. Total rating untuk setiap *work center* ditunjukkan oleh tabel.

Tabel 4.17 Hasil *Westinghouse Rating* untuk setiap *work center*

Proses	Cetakan		Peleburan		Pembongkaran		Inspection		Machining		F.Inspection	
<i>Skill</i>	C2	+0.03	C2	+0.03	C2	+0.03	C1	+0.06	C2	+0.03	C1	+0.06
<i>Effort</i>	C2	+0.02	C2	+0.02	C2	+0.02	C2	+0.05	C2	+0.02	C2	+0.05
<i>Condition</i>	E	-0.03	E	-0.03	E	-0.03	E	-0.03	D	+0.00	E	-0.03
<i>Consistency</i>	C	+0.01	C	+0.01	C	+0.01	C	+0.01	C	+0.01	C	+0.01
Total Rating	+0.03		+0.03		+0.03		+0.09		+0.06		+0.09	

Nilai *allowance* atau waktu kelonggaran didapatkan dari hasil diskusi dengan pihak Koperasi, nilai *allowance* yang diberikan sebesar 25% untuk *work center* Pembuatan cetakan, Pengecoran dan Pembongkaran. Untuk *work center* Peleburan *Inspection*, *Machining* dan *Final Inspection* diberikan 20% *allowance*. Berdasarkan *rating* dan nilai *allowance* tersebut, maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan waktu siklus. Hasil perhitungan waktu siklus ditunjukkan dalam tabel.

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Waktu Siklus

NO	Proses	Aktivitas	Rata-rata	Total Rating	Allowance (%)	Waktu Siklus
1	Pembuatan cetakan	Pisahkan rangka cetak	3.24	1.03	25	4.18
2		Masukkan pola ke rangka cetak	1.92	1.03	25	2.47
3		Gabungkan kembali rangka cetak	1.86	1.03	25	2.39
4		Beri anti air pada pola	8.09	1.03	25	10.41
5		Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh	10.18	1.03	25	13.10
6		Tumbuk pasir bagian samping	6.08	1.03	25	7.82
7		Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh	3.60	1.03	25	4.64
8		Tumbuk pasir sampai rata	15.95	1.03	25	20.54
9		Balik rangka cetak	8.43	1.03	25	10.85
10		Beri anti air pada pola dan taruh pipa	6.63	1.03	25	8.54
11		Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh	13.29	1.03	25	17.11
12		Tumbuk pasir	12.02	1.03	25	15.47
13		Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh	3.76	1.03	25	4.85
14		Tumbuk pasir sampai rata	13.42	1.03	25	17.27
15		Cabut pipa	1.43	1.03	25	1.83
16		Pisahkan rangka cetak	5.77	1.03	25	7.43
17		Cabut pola cetak	8.04	1.03	25	10.35
18		Taruh inti ke dalam cetakan	13.24	1.03	25	17.04
19		Tambahkan pasir basah ke inti	14.90	1.03	25	19.18
20		Gabungkan kembali rangka cetak	8.26	1.03	25	10.64
21		Cabut rangka cetak	7.60	1.03	25	9.79
22	Peleburan	Melakukan penimbangan bahan baku	32.82	1.03	20	38.88
23		Membawa bahan baku ke mesin induksi	14.63	1.03	20	18.09
24		Timbang karbon	11.98	1.03	20	14.81
25		Masukkan karbon ke tungku	7.98	1.03	20	9.86
26		Masukkan skrap logam ke tungku	16.49	1.03	20	20.38
27		Aduk bahan baku	300.63	1.03	20	371.58

NO	Proses	Aktivitas	Rata-rata	Total Rating	Allowance (%)	Waktu Siklus
28		Buang kotoran dari tungku	171.85	1.03	20	212.41
29		Timbang silikon	13.50	1.03	20	16.68
30		Masukkan silikon ke tungku	7.39	1.03	20	9.13
31		Masukkan batang logam ke tungku	61.70	1.03	20	76.27
32		Aduk bahan baku	301.27	1.03	20	372.37
33		Buang kotoran dari tungku	174.38	1.03	20	215.53
34		Masukan skrap logam ke tungku	15.86	1.03	20	19.61
35		Aduk bahan baku	319.61	1.03	20	395.04
36		Buang kotoran dari tungku	168.89	1.03	20	208.74
37		Masukan skrap logam ke tungku	17.03	1.03	20	21.05
38		Aduk bahan baku	321.83	1.03	20	397.78
39		Buang kotoran dari tungku	170.46	1.03	20	210.69
40		Masukan skrap logam ke tungku	16.72	1.03	20	20.67
41		Aduk bahan baku	334.84	1.03	20	413.86
42		Buang kotoran dari tungku	165.37	1.03	20	204.40
43		Mengambil sample leburan	7.04	1.03	20	8.70
44		Menuangkan sample ke CE meter	6.43	1.03	20	7.95
45		Mengecek komposisi bahan melalui monitor	10.88	1.03	20	13.45
46		Tunggu leburan sampai memerah	646.54	1.03	20	799.12
47		Buang kotoran dari tungku	34.82	1.03	20	43.04
48	Pengecoran	Membawa ladle ke depan tungku	24.65	1.03	25	31.73
49		Menuangkan leburan dari tungku ke ladle	54.22	1.03	25	69.81
50		Membawa ladle ke dekat cetakan	21.71	1.03	25	27.95
51		Menuangkan leburan dari ladle ke cintang	6.21	1.03	25	7.99
52		Membawa cintang ke cetakan	7.38	1.03	25	9.50
53		Menuangkan leburan ke cetakan	4.78	1.03	25	6.15
54		Mendiamkan leburan dalam cetakan	21600.00	-	-	21600.00

NO	Proses	Aktivitas	Rata-rata	Total Rating	Allowance (%)	Waktu Siklus
55	Pembongkaran	Mengambil alat pencungkil cetakan	1.85	1.03	25	2.38
56		Mengeluarkan produk dari cetakan	2.80	1.03	25	3.61
57		Mendiamkan produk untuk menurunkan suhunya	600.00	-	-	600.00
58	Inspection	Mengidentifikasi kecacatan produk	13.89	1.09	20	18.17
59		Pencatatan	10.68	1.09	20	13.97
60	Mengangkat Produk Ke Mobil		1.755	1.06	20	2.23
61	Mengangkut Produk Ke Gudang		14.639	1.06	20	18.62
62	Menyusun produk di atas kursi kayu		181.74	1.06	20	231.18
63	Machining	Menyalakan mesin gerinda	1.58	1.06	20	2.01
64		Menghaluskan produk	70.308	1.06	20	89.43
65		Mematikan mesin gerinda	1.48	1.06	20	1.88
66		Produk di taruh di lantai gudang	2.34	1.06	20	2.98
67	Final Inspection	Mengidentifikasi kecacatan produk	13.757	1.09	20	17.99
68		Pencatatan	10.866	1.09	20	14.21

4.3 Pembuatan Current Value Stream

Setelah mengetahui proses produksi atau aliran material dan aliran informasi pada proses pembuatan produk blok rem metalik T 358. Maka proses selanjutnya adalah pembuatan *current value stream*. *Current Value Stream Mapping* (VSM) merupakan gambaran keadaan awal daripada aliran material dan informasi perusahaan. Sebelum pembuatan VSM, dibutuhkan data untuk melengkapi keterangan yang ada dalam *box* dan *timeline*.

4.3.1 Data Pada Box Dalam VSM

Pada penelitian ini, box akan di isi dengan data *Cycle time*/waktu siklus dan jumlah operator. *Cycle time* (CT) merupakan waktu yang dihabiskan dari masuknya produk ke dalam *work center* sampai produk itu keluar. Data *cycle time* pada penelitian ini

mengacu pada tabel 4.17 . Data *cycle time* yang digunakan merupakan total waktu dari semua aktivitas pada setiap *work center*. Cycle time dan jumlah operator untuk setiap *work center* dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 4.19 Jumlah Operator dan *Cycle Time* Setiap *Work Center*

NO	Work Station	Jumlah Operator	<i>Cycle Time</i> (detik)
1	Peleburan	3	4140.09
2	Pencetakan	8	215.91
3	Pengecoran	6	23.63
4	Pembongkaran	8	5.99
5	<i>Inspection</i>	2	32.14
6	<i>Machining Final</i>	5	96.30
7	<i>Inspection</i>	2	32.21

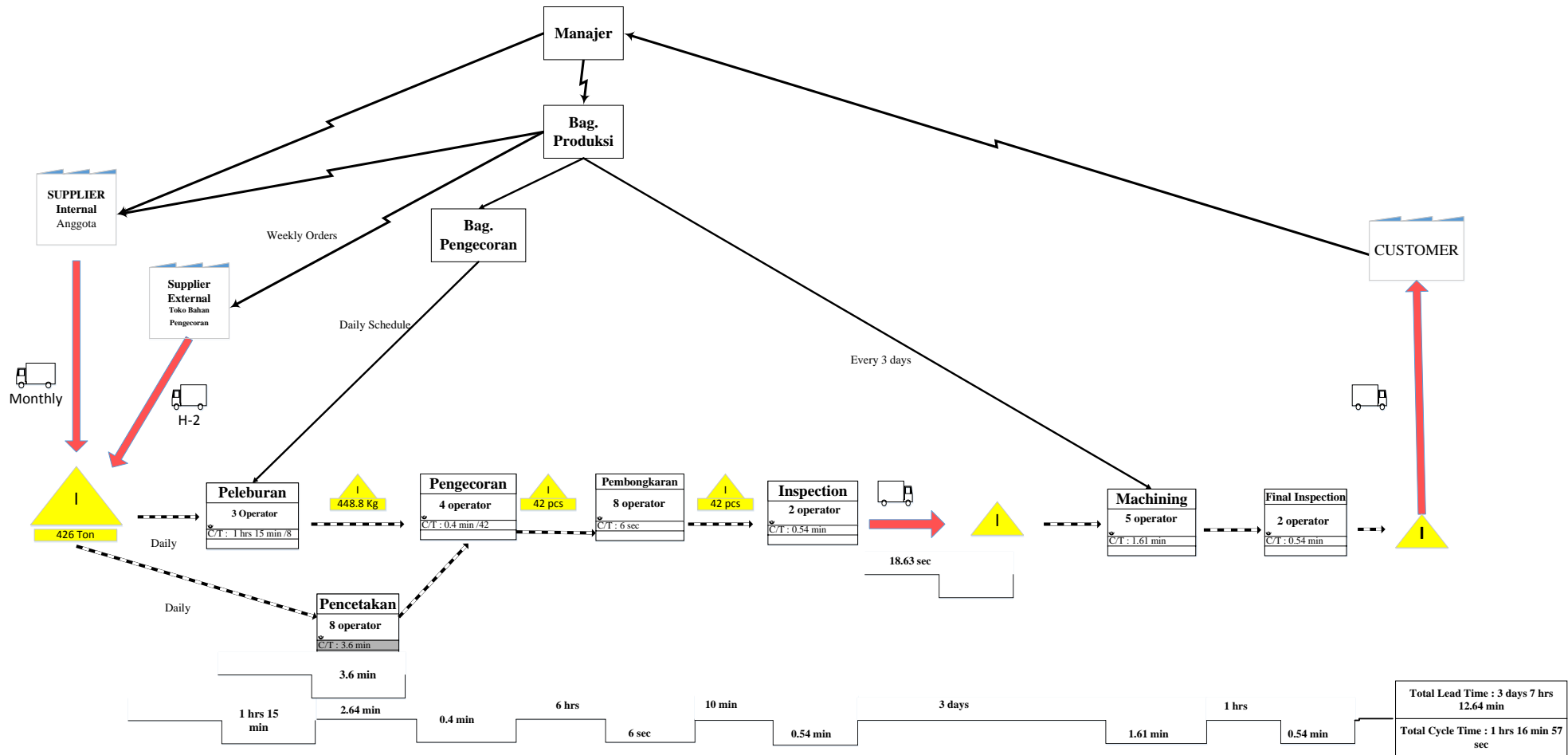
4.3.2 *Timeline* Pada VSM

Garis waktu pada VSM memuat informasi tentang lamanya *waiting time* atau waktu menunggu. Lamanya *waiting time* antar proses ditunjukkan pada tabel 4.20

Tabel 4.20 *Waiting time* yang terjadi antar *work center*

NO	Dari	Ke	Penyebab <i>Lead Time</i>	Waktu	<i>Waiting Time</i>
1	Peleburan	Pengecoran	Membawa ladle ke depan tungku	31.74 detik	2.64 menit
			Menuangkan leburan dari tungku ke ladle	1.64 menit	
			Membawa ladle ke dekat cetakan	28 detik	
2	Pengecoran	Pembongkaran	Mendiamkan leburan dalam cetakan	6 jam	6 jam
3	Pembongkaran	<i>Inspection</i>	Mendiamkan produk untuk menurunkan suhunya	10 menit	10 menit
4	<i>Inspection</i>	<i>Machining</i>	Menumpuk Produk selama 3 hari	3 hari	3 hari
5	<i>Machining</i>	<i>Final Inspection</i>	Menunggu Kasi Pengecoran menyelesaikan tugas.	1 jam	1 jam
Total				3 hari 7 jam 12.64 menit	

Setelah informasi yang dibutuhkan sudah lengkap, maka VSM sudah bisa dibuat. Pada penelitian ini VSM digambar dengan menggunakan software Microsoft visio 2013.



Gambar 4.21 Value Stream Mapping Proses Produksi Blok Rem Metalik T.358

4.4 Pembuatan Process Activity Mapping (PAM)

Sebelum dilakukan identifikasi waste pada VSM. Terlebih dahulu akan dilakukan pembuatan *Process Activity Mapping* (PAM). Dalam *process activity mapping*, setiap aktivitas dalam proses produksi akan dikelompokkan menjadi *value adding* (VA) *activities*, *necessary non value adding* (NNVA) *activities*, dan *non value adding activities* (NVA).

Fanani dan Singgih (2011) mengelompokkan operasi dan inspeksi termasuk kedalam aktivitas bernilai tambah (VA), transportasi dan *storage* termasuk kedalam aktivitas penting namun tidak memberikan nilai tambah (NNVA), sedangkan *delay* merupakan aktivitas berjenis tidak bernilai tambah (*non value added*) sehingga harus dihindari untuk terjadi. Tahapan proses pembuatan PAM seperti yang diungkapkan oleh Kamal (2009) adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengamatan awal pada proses secara keseluruhan
2. Mencatat secara rinci tiap tahapan proses mulai dari nama, aktivitas, operator, lokasi, waktu, jarak tempuh, *value added* atau *non-value added* dan sebagainya.
3. Membuat peta aliran proses berdasarkan data yang didapat.
Melakukan analisis dan perbaikan

Process activity mapping untuk proses produksi blok rem metalik T.358 ditunjukkan dalam tabel 4.22

Tabel 4.22 *Process Activity Mapping* Pembuatan Blok Rem Metalik Kereta Api Tipe T.358

NO	Work Center	Aktivitas	Jumlah	Mesin/ Alat Bantu	Jarak (Meter)	Waktu (Detik)	Jumlah Operator	Aktivitas					VA NNVA NVA
								O	T	I	S	D	
1	Pembuatan cetakan	Pisahkan rangka cetak		-	-	4.18	1	1					VA
2		Masukkan pola ke rangka cetak		-	-	2.47	1	1					VA
3		Gabungkan kembali rangka cetak		-	-	2.39	1	1					VA
4		Beri anti air pada pola		-	-	10.41	1	1					VA
5		Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh			Sekop	-	13.10	1	1				VA
6		Tumbuk pasir bagian samping			Sekop	-	7.82	1	1				VA
7		Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh			Sekop	-	4.64	1	1				VA
8		Tumbuk pasir sampai rata			Penumbuk	-	20.54	1	1				VA
9		Balik rangka cetak			-	-	10.85	1	1				VA
10		Beri anti air pada pola dan taruh pipa			-	-	8.54	1	1				VA
11		Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh			Sekop	-	17.11	1	1				VA
12		Tumbuk pasir			Penumbuk	-	15.47	1	1				VA
13		Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh			Sekop	-	4.85	1	1				VA
14		Tumbuk pasir sampai rata			Penumbuk	-	17.27	1	1				VA
15		Cabut pipa			-	-	1.83	1	1				VA
16		Pisahkan rangka cetak			-	-	7.43	1	1				VA
17		Cabut pola cetak			-	-	10.35	1	1				VA

NO	Work Center	Aktivitas	Jumlah	Mesin/ Alat Bantu	Jarak (Meter)	Waktu (Detik)	Jumlah Operator	Aktivitas					VA NNVA NVA
								O	T	I	S	D	
18		Taruh inti ke dalam cetakan	1 buah	-	-	17.04	1	1					VA
19		Tambahkan pasir basah/kawat ke inti		Kawat	-	19.18	1	1					VA
20		Gabungkan kembali rangka cetak		-	-	10.64	1	1					VA
21		Cabut rangka cetak		-	-	9.79	1	1					VA
22	Peleburan	Melakukan penimbangan bahan baku		Timbangan	-	38.88	1	1					VA
23		Membawa bahan baku ke mesin induksi	500Kg	Conveyor	5 m	18.09	1	1					NNVA
24		Timbang karbon		Timbangan	-	14.81	1	1					VA
25		Masukkan karbon ke tungku	2 Kg	-	-	9.86	1	1					VA
26		Masukkan skrap logam ke tungku	75 Kg	-	-	20.38	1	1					VA
27		Aduk bahan baku		Bambu	-	371.58	1	1					VA
28		Buang kotoran dari tungku		Bambu	-	212.41	2	1					VA
29		Timbang silikon	1 Kg	Timbangan	-	16.68	1	1					VA
30		Masukkan silikon ke tungku		-	-	9.13	1	1					VA
31		Masukkan batang logam ke tungku	200 Kg	-	-	76.27	1	1					VA
32		Aduk bahan baku		Bambu	-	372.37	1	1					VA
33		Buang kotoran dari tungku		Bambu	-	215.53	2	1					VA
34		Masukan skrap logam ke tungku	75 Kg	-	-	19.61	1	1					VA
35		Aduk bahan baku		Bambu	-	395.04	1	1					VA
36	Buang kotoran dari tungku		Bambu	-	208.74	2	1					VA	

NO	Work Center	Aktivitas	Jumlah	Mesin/ Alat Bantu	Jarak (Meter)	Waktu (Detik)	Jumlah Operator	Aktivitas					VA NNVA NVA	
								O	T	I	S	D		
37		Masukan skrap logam ke tungku	75 Kg	-	-	21.05	1	1					VA	
38		Aduk bahan baku		Bambu	-	397.78	1	1					VA	
39		Buang kotoran dari tungku		Bambu	-	210.69	2	1					VA	
40		Masukan skrap logam ke tungku	75 Kg	-	-	20.67	1	1					VA	
41		Aduk bahan baku		Bambu	-	413.86	1	1					VA	
42		Buang kotoran dari tungku		Bambu	-	204.40	2	1					VA	
43		Mengambil sample leburan	1 sample	Cintung	-	8.70	1	1					VA	
44		Menuangkan sample ke CE meter		-	-	7.95	1	1					VA	
45		Mengecek komposisi bahan melalui monitor		Monitor	-	13.45	1	1					VA	
46		Tunggu leburan sampai memerah		-	-	799.12	1	1					VA	
47		Buang kotoran dari tungku		Bambu	-	43.04	2	1					VA	
48		Pengecoran	Membawa ladle ke depan tungku	1 ladle	Pengait	8m	31.73	1	1					NNVA
49			Menuangkan leburan dari tungku ke ladle	1 ladle	-	-	69.81	1	1					VA
50			Membawa ladle ke dekat cetakan		Pengait	8m	27.95	1	1					NNVA
51	Menuangkan leburan dari ladle ke cintang			Cintang	-	7.99	1	1					VA	
52	Membawa cintang ke cetakan		1 cintang	Cintang	per lokasi	9.50	1	1					NNVA	
53	Menuangkan leburan ke cetakan			Cintang	-	6.15	1	1					VA	
54	Mendiamkan leburan dalam cetakan			-	-	21600	-				1		NNVA	
55	Pembongkaran		Mengambil alat pencungkil cetakan		-	-	2.38	1	1					NNVA

NO	Work Center	Aktivitas	Jumlah	Mesin/ Alat Bantu	Jarak (Meter)	Waktu (Detik)	Jumlah Operator	Aktivitas					VA NNVA NVA
								O	T	I	S	D	
56		Mengeluarkan produk dari cetakan		Pencungki 1	-	3.61	1	1					VA
57		Mendiamkan produk untuk menurunkan suhunya		-	-	600.00	-				1		NNVA
58	<i>Inspection</i>	Mengidentifikasi kecacatan produk	per unit	-	-	18.17	2			1			VA
59		Pencatatan		Pulpen	-	13.97	1			1			VA
60		Mengangkat Produk Ke Mobil	per unit		-	2.23	3	1					VA
61		Mengangkut Produk Ke Gudang	84 unit	Mobil	82 m	18.62	2		1				NNVA
62		Menunggu proses <i>machining</i>	3 hr produksi	-	-	259200						1	NVA
63		Menyusun produk di atas kursi kayu		-	-	231.18	1	1					VA
64	<i>Machining</i>	Menyalakan mesin gerinda		-	-	2.01	1	1					VA
65		Menghaluskan produk	per unit	-	-	89.43	1	1					VA
66		Mematikan mesin gerinda		-	-	1.88	1	1					VA
67		Produk di taruh di lantai gudang		-	-	2.98	1				1		NNVA
68	<i>Final Inspection</i>	Mengidentifikasi kecacatan produk	per unit	-	-	17.99	2			1			VA
69		Pencatatan		Pulpen	-	14.21	1			1			VA

Dari hasil PAM yang telah dibuat, selanjutnya aktivitas pada proses produksi akan dikelompokkan ke dalam *operation*, *transportation*, *inspection*, *storage*, dan *delay*. Hasil pengelompokan aktivitas ditunjukkan dalam tabel 4.23

Tabel 4.23 Pengelompokan Aktivitas Proses Produksi Blok Rem Metalik Tipe T.358

Aktivitas	Jumlah	Waktu (Detik)
<i>Operation</i>	55	4799.62
<i>Transportation</i>	6	108.27
<i>Inspection</i>	4	64.35
<i>Storage</i>	3	22202.98
<i>Delay</i>	1	259200
Total	69	286375.21

Selanjutnya aktivitas akan dikelompokkan kedalam aktivitas yang bernilai tambah/*value added* (VA), *non-value added* (NVA) atau *necessary non-value added* (NNVA). Tabel memperlihatkan jumlah dan persentase aktivitas yang tergolong VA, NVA dan NNVA.

Tabel 4.24 Persentase Aktivitas VA, NVA dan NNVA

Aktivitas	Jumlah	Waktu (Detik)	Ratio
VA	59	4863.97	1.70%
NNVA	9	22311.24	7.79%
NVA	1	259200	90.51%
Total	69	286375.21	100%

Dari tabel 4.24 dapat dilihat bahwa aktivitas yang tergolong *value added* (VA) berjumlah sebanyak 59 aktivitas, akan tetapi hanya menyumbang sebesar 1.70% dari seluruh waktu proses yang terjadi. Aktivitas yang tergolong *necessary non value added* (NNVA) berjumlah sebanyak 9 aktivitas, dengan persentase sebesar 7.79% dari total seluruh waktu aktivitas yang terjadi. Sedangkan aktivitas yang tergolong non value added memiliki persentase sebesar 90.51%. Padahal aktivitas yang tergolong NVA hanya ada satu, yaitu menunggu proses *machining*. Aktivitas yang tergolong NVA harus dikurangi atau dieliminasi.

4.5 Identifikasi Waste

Dari hasil VSM yang dibuat, dan data yang telah dikumpulkan. Ditemukan adanya *waste* pada proses produksi blok rem kereta api metalik tipe T.358. *Waste* yang ditemukan adalah *inventory*, *waiting* dan *defect*. Tabel 4.25 memperlihatkan jenis *waste* yang terjadi dan penyebabnya.

Tabel 4.25 Waste yang terjadi dan akar penyebabnya

Jenis Waste	Akar Penyebab
<i>Inventories</i>	-Keterbatasan Kapasitas Produksi, sehingga perusahaan melakukan <i>stocking</i> untuk memenuhi permintaan pada saat lelang
	- <i>Work in process</i> yang terjadi pada proses produksi
<i>Defect</i>	-Bedah
	-Keropos
	- <i>Uncomplete</i>
	- <i>Core Defect</i>
	-Lepot
	-Huruf
	- <i>Cross Joint</i>
	-Amblek
	-Jebret
	-Ngongkat
-Brontok	
<i>Waiting</i>	-Proses machining dilakukan setiap 4 hari sekali, hal ini dilakukan karena proses machining terlalu cepat

Setelah *waste* dapat diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah analisis untuk setiap *waste* yang terjadi. Berikut merupakan analisis dari setiap *waste*:

1. *Inventories*, Koperasi Batur Jaya memiliki kapasitas produksi yang terbatas, sehingga koperasi harus melakukan *stocking* terlebih dahulu untuk memenuhi permintaan lelang, sehingga *waste* berupa inventori barang jadi di gudang belum bisa dihilangkan. Adanya barang *work in process* (WIP) di antara proses pengecoran dan pembongkaran diakibatkan oleh sifat dari baja leburan yang membutuhkan waktu 6 jam untuk menjadi padat, sehingga WIP di antara proses tersebut belum bisa dihilangkan.

2. *Defect, waste* jenis *defect* merupakan jenis *waste* yang paling banyak merugikan perusahaan. Pada setiap pengiriman, pihak konsumen yaitu PT KAI akan melakukan pengambilan *sample* dengan perbandingan 1 : 1000. *Sample* kemudian akan di tes di Universitas Gajdah Mada (UGM). Bila *sample* tersebut cacat, maka produk yang di wakili oleh *sample* tersebut akan dikembalikan oleh PT KAI, sehingga merugikan perusahaan berupa ongkos kirim. Waste jenis defect akan dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan *pareto* dan *fishbone* serta FMEA di sub bab selanjutnya.
3. *Waiting*, produk blok rem yang telah di inspeksi selanjutnya akan dikirim ke gudang. Produk menunggu hingga 3 hari untuk kemudian di lakukan proses *machining/grinding*. Produk dibiarkan menunggu dengan alasan proses *machining* yang terlalu cepat. Hasil produksi dalam 3 hari dapat di selesaikan oleh 5 operator *grinding* dalam waktu 6 jam. Operator *grinding* di bayar berdasarkan jumlah produk yang di grinda. Perusahaan tidak mengalami kerugian *materiil* dalam aktivitas *waiting* ini.

4.6 Analisis Produk Cacat

Waste jenis *defect/cacat* merupakan jenis *waste* yang paling banyak menimbulkan kerugian bagi Koperasi Batur Jaya. Ada 8 jenis cacat yang terjadi pada periode Januari-April 2016. Jenis cacat dan pemberian kodenya diperlihatkan dalam tabel 4.26

Tabel 4.26 Jenis cacat dan kodenya

No.	Nama Cacat	Kode
1	<i>Surgical sand</i>	C1
2	Rongga gas	C2
3	<i>Uncomplete</i>	C3
4	<i>Core Defect</i>	C4
5	<i>Shrinkage</i>	C5
6	<i>Word defect</i>	C6
7	<i>Cross Joint</i>	C7
8	<i>Penetration</i>	C8

Berikut merupakan penjelasan setiap jenis cacat yang terjadi:

1. *Surgical sand*

Cacat jenis *Surgical sand* merupakan cacat yang terjadi ketika leburan merembes ke dinding cetakan. *Surgical sand* biasanya di akibatkan oleh cetakan yang kurang padat.

2. Rongga gas/Keropos

Cacat jenis rongga gas atau keropos merupakan cacat yang terjadi ketika produk memiliki gelembung atau kotoran. Cacat ini bisa di akibatkan oleh cetakan yang terlalu lembab ataupun adanya kotoran dalam leburan.

3. *Uncomplete*

Cacat *uncomplete*/tidak utuh, adalah ketika produk hasil coran tidak memiliki volume yang diinginkan. cacat jenis ini biasanya di akibatkan oleh kurangnya volume leburan yang masuk ke cetakan.

4. *Core defect*

Core defect atau inti keli, adalah cacat yang terjadi ketika inti cetakan miring atau merembes ke dalam leburan. Cacat jenis ini biasanya disebabkan oleh posisi inti yang tidak kokoh.

5. *Shrinkage*

Shrinkage atau penyusutan adalah jenis cacat yang diakibatkan oleh pembekuan yang tidak rata pada leburan.

6. *Word defect*

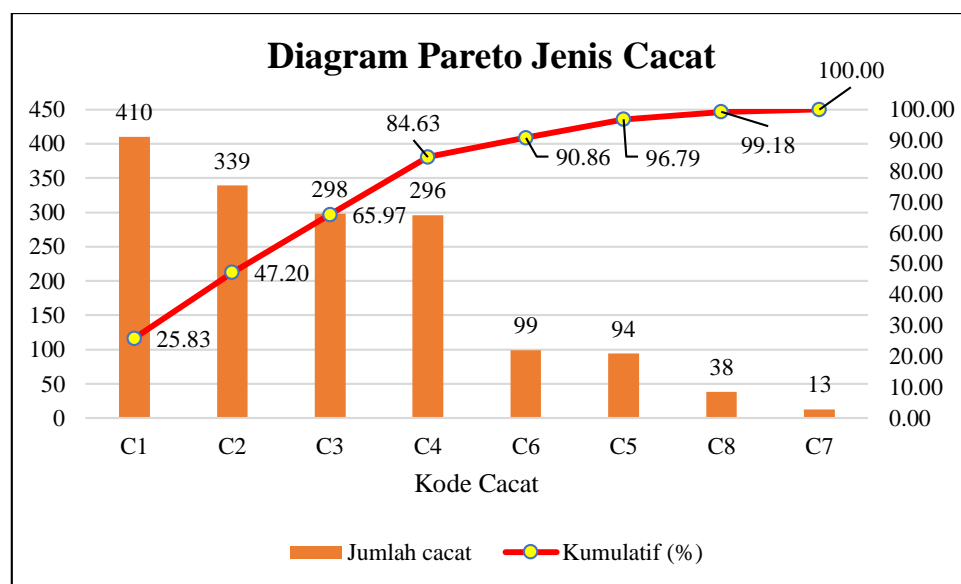
Word defect/Cacat huruf merupakan cacat yang terjadi ketika huruf yang ada pada produk tidak terlihat jelas. Hal ini bisa disebabkan kurangnya pemberian anti air pada lokasi huruf dalam cetakan.

7. *Penetration*/Brontok

Brontok atau *penetration*, adalah cacat yang terjadi ketika produk memiliki permukaan yang kasar. Hal ini bisa di sebabkan oleh perekat pada pasir cetakan yang sudah mulai berkurang. Cetakan yang kurang padat juga dapat menyebabkan cacat penetrasi.

4.7 Diagram *Pareto* Produk Cacat

Diagram pareto akan menunjukkan jenis cacat dengan frekuensi terbesar pada periode Januari-April 2016. Dalam penelitian ini di asumsikan untuk 1 produk cacat hanya memiliki 1 jenis cacat, sehingga jumlah produk cacat sama dengan jumlah jenis cacat. Diagram pareto untuk produk cacat proses produksi blok rem metalik T.358 periode Januari-April 2016 adalah sebagai berikut:



Gambar 4.27 Diagram Pareto Produk Cacat Blok Rem Metalik T.358 Periode Januari-April 2016

Tabel 4.28 memperlihatkan persentase jumlah cacat, kode cacat dan persentase kumulatif dari jumlah produk cacat pada periode Januari-April 2016.

Tabel 4.28 Data jumlah jenis cacat periode Januari-April 2016

No	Jenis Cacat	Kode	Jumlah cacat	Persentase (%)	Kumulatif (%)
1	<i>Surgical sand</i>	C1	410	25.83	25.83
2	<i>Rongga gas</i>	C2	339	21.36	47.20
3	<i>Uncomplete</i>	C3	298	18.78	65.97
4	<i>Core Defect</i>	C4	296	18.65	84.63
5	<i>Word defect</i>	C6	99	6.24	90.86
6	<i>Shrinkage</i>	C5	94	5.92	96.79

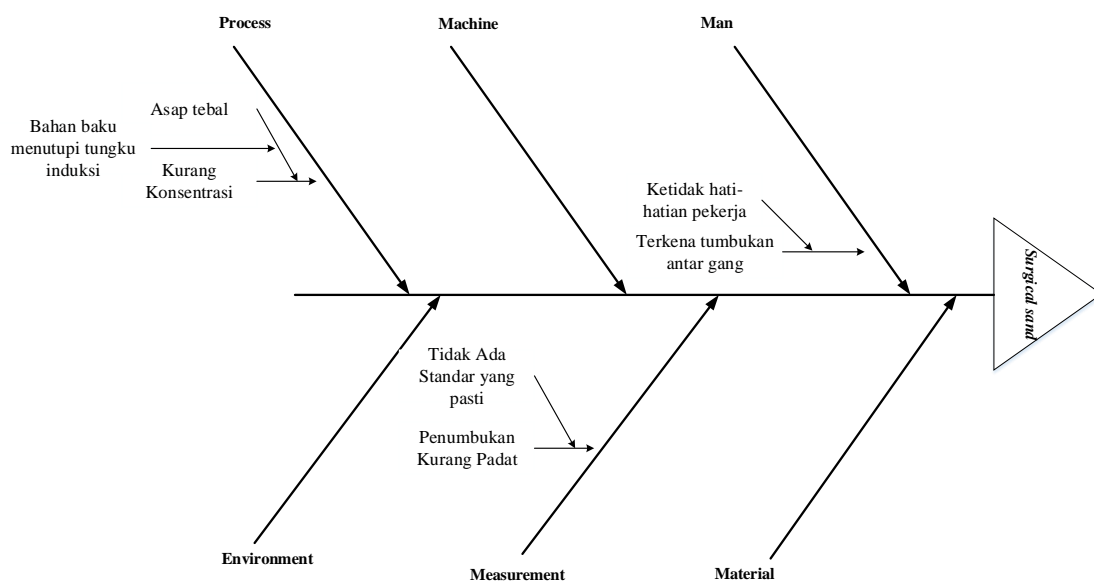
No	Jenis Cacat	Kode	Jumlah cacat	Persentase (%)	Kumulatif (%)
7	<i>Penetration</i>	C8	38	2.39	99.18
8	<i>Cross Joint</i>	C7	13	0.82	100.00
Total			1587	100.00	

Dari diagram pareto dan tabel 4.28, dapat dilihat bahwa cacat jenis cacat yang berkontribusi sebanyak 80% dari total produk cacat yang ada adalah, *Surgical sand* (C1), Rongga gas (C2), *Uncomplete* (C3) dan *Core Defect* (C4). Cacat jenis *Surgical sand* terjadi pada 410 unit dengan persentase terhadap total produk cacat sebesar 25.83%. Cacat jenis Rongga gas terjadi pada 339 unit dengan persentase 21.36% dari total produk cacat. Cacat jenis *Uncomplete* terjadi pada 298 unit dengan persentase 18.65% dan cacat jenis *Core Defect* terjadi pada 296 unit dengan persentase 18.65%. Keempat cacat ini akan di analisis akar penyebabnya dengan menggunakan diagram *fishbone*.

4.8 Root Cause Analysis (RCA)

Jenis cacat yang berkontribusi terhadap 80% dari total produk cacat akan dianalisis akar penyebabnya (*root cause*). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mencari akar penyebab masalah adalah diagram sebab akibat atau diagram *fishbone*. *Fishbone diagram* (*Cause Effect Diagram*) adalah suatu *tools* yang membantu untuk menggabungkan ide-ide mengenai penyebab potensial dari suatu masalah. Diagram *fishbone* akan dibentuk untuk setiap jenis cacat yang akan di analisis.

4.8.1. Diagram *Fishbone* Untuk Jenis Cacat *Surgical sand*/Bedah



Gambar 4.29 Diagram *Fishbone* Jenis Cacat *Surgical sand* (C1)

1. *Man*/Manusia

Penyebabkan kecacatan jenis *Surgical sand* dari faktor manusia dapat terjadi karena cetakan terkena tumbukan antar gang yang di akibatkan oleh ketidak hati-hatian dari pekerja dan kurangnya konsentrasi. Adanya asap dan bau dapat mengakibatkan berkurangnya konsentrasi pekerja. Dalam peraturan pekerja di haruskan memakai masker. Namun kebanyakan pekerja tidak memakainya dengan alasan ketidaknyamanan.

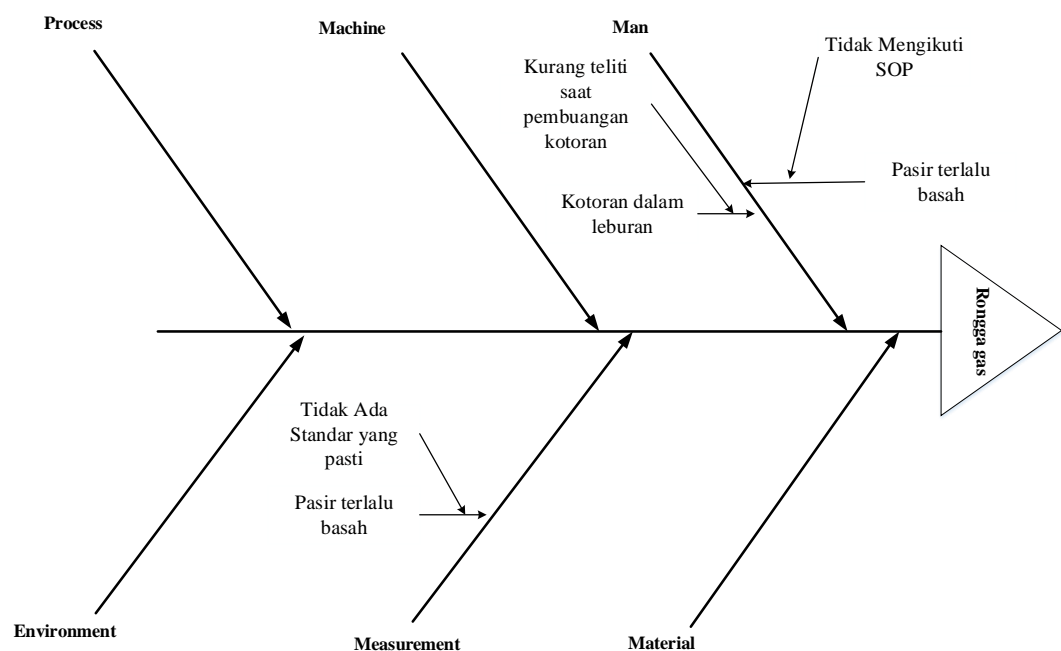
2. *Measurement*/Pengukuran

Proses penumbukkan mengandalkan pengalaman pekerja dalam mengukur jumlah tumbukan yang di lakukan. Hal ini menyebabkan adanya cetakan yang kurang padat meskipun pekerja sudah merasa tumbukan yang dilakukan sudah cukup.

3. *Process/Proses*

Pada area pengecoran terdapat asap tebal yang mengganggu pekerja. Hal ini dapat berdampak pada berkurangnya konsentrasi pekerja dan gangguan pernafasan. Adanya asap diakibatkan oleh bahan baku berupa skrap yang menutupi tungku induksi.

4.8.2. Diagram *Fishbone* Untuk Jenis Cacat Rongga gas/Keropos



Gambar 4.30 Diagram *Fishbone* Jenis Cacat Rongga gas/Keropos (C2)

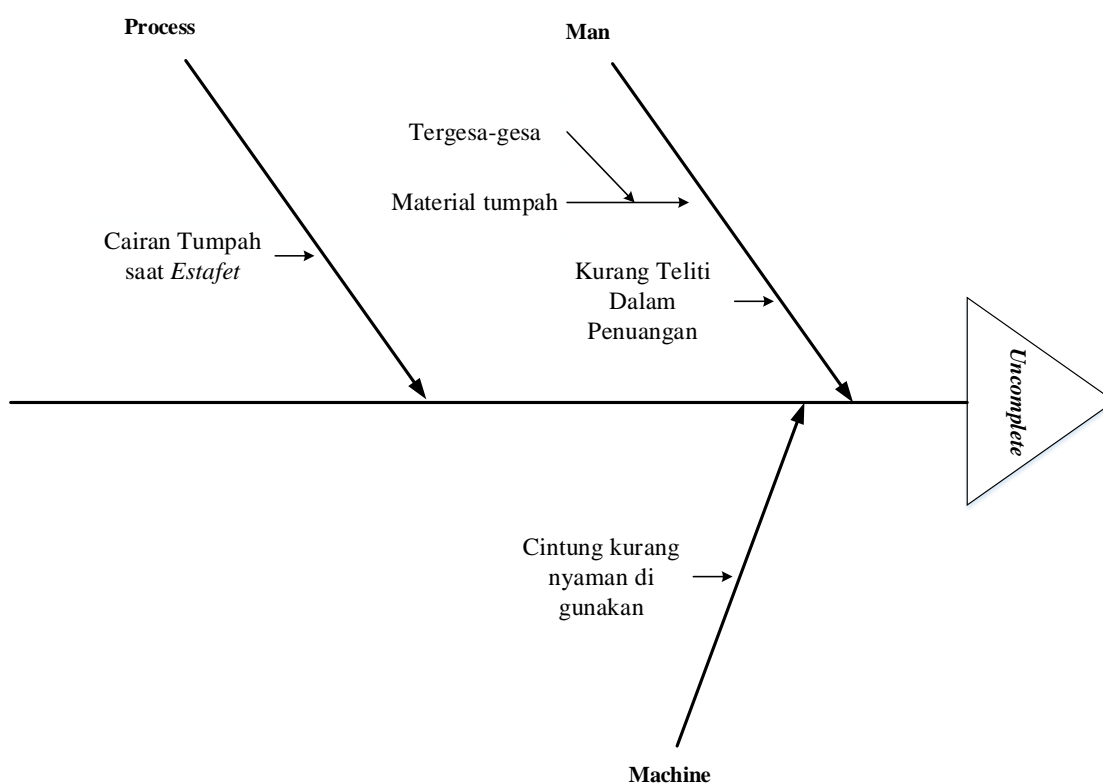
1. *Man/Manusia*

Penggunaan pasir yang terlalu basah dapat menyebabkan cetakan lembab, sehingga akan menghasilkan produk yang keropos. Sesuai SOP seharusnya pasir digunakan 6 jam setelah dilakukan penyiraman, akan tetapi terkadang pekerja langsung menggunakan pasir yang baru dilakukan penyiraman. Adanya kotoran dalam leburan juga dapat menyebabkan terjadinya cacat rongga gas. Kotoran yang lolos ke proses pengecoran dari proses peleburan diakibatkan oleh ketidaktelitian pekerja. Kelelahan pada mata juga dapat menjadi penyebab lolosnya kotoran ke proses pengecoran.

2. *Measurement*/Pengukuran

Penyiraman dengan volume air yang terlalu banyak dapat mengakibatkan pasir lembab. Volume air yang digunakan masih menggunakan pengalaman pekerja, hal ini memungkinkan terjadinya volume air yang berlebihan.

4.8.3. Diagram *Fishbone* Untuk Jenis Cacat *Uncomplete*



Gambar 4.31 Diagram *Fishbone* Jenis Cacat *Uncomplete* (C3)

1. *Man*/Manusia

Produk yang tidak lengkap/*uncomplete* disebabkan oleh kurangnya cairan/leburan yang masuk ke cetakan. Kurangnya cairan yang masuk ke cetakan dapat diakibatkan oleh pekerja yang tergesa-gesa atau ketidak telitian saat melakukan penuangan.

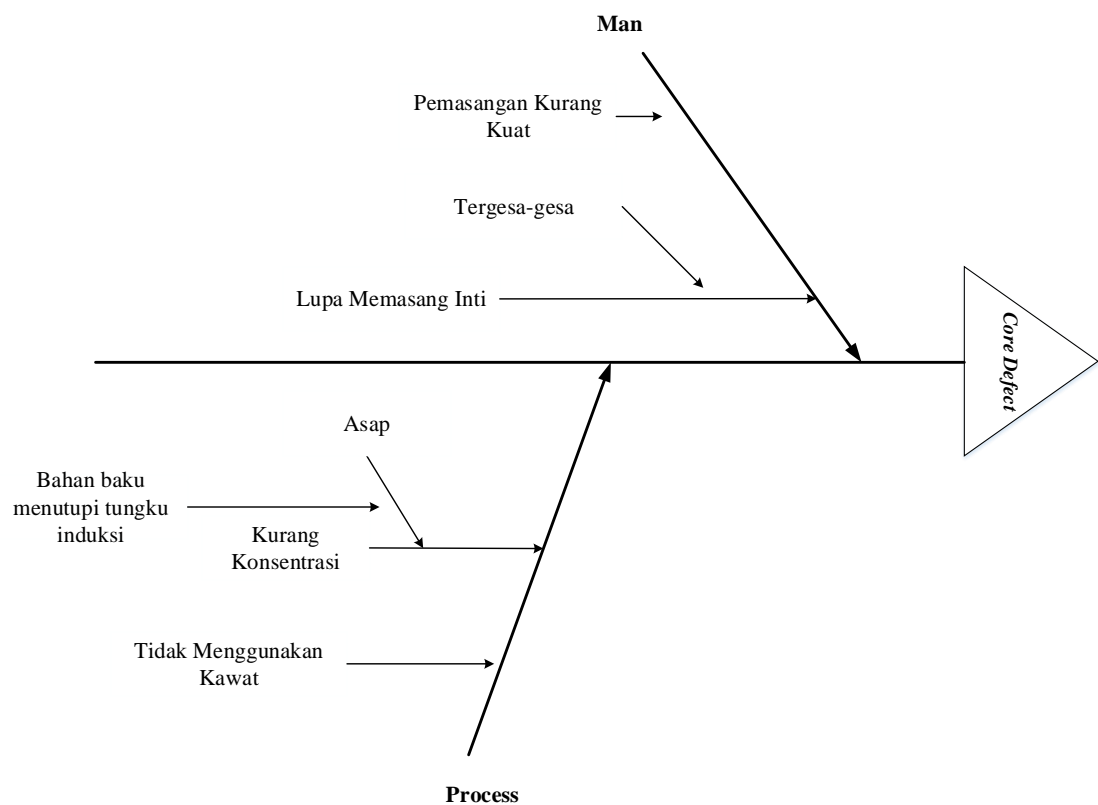
2. *Process*/Proses

Cairan juga bisa tumpah ketika pekerja melakukan proses *estafet*. Proses *estafet* dilakukan ketika jarak dari *ladle* dan cetakan cukup jauh.

3. Machine/Mesin/Alat

Cunting yang digunakan pekerja di Koperasi Batur Jaya memiliki berat 15Kg. Cunting yang digunakan dirasakan berat dan kurang nyaman, sehingga pekerja harus membawa cairan dengan cepat.

4.8.4. Diagram *Fishbone* Untuk Jenis Cacat *Core Defect*



Gambar 4.32 Diagram *Fishbone* Jenis Cacat *Core Defect* (C4)

1. *Man*/Manusia

Core defect dapat di akibatkan oleh inti yang kurang diberikan tekanan, sehingga inti akan berubah posisi ketika proses pengecoran. Pekerja juga terkadang lupa memasang inti akibat tergesa-gesa.

2. *Process*/Proses

Metode peleburan yang kurang tepat dapat mengakibatkan adanya asap tebal. Adanya asap dapat mengakibatkan kurangnya konsentrasi pekerja dan gangguan pernafasan. Hal ini dapat mengakibatkan pekerja lupa memasang inti. Pekerja juga terkadang tidak memakai kawat pada proses pemasangan inti, sehingga posisi inti dalam cetakan tidak kokoh.

4.9 Perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) Dengan FMEA

Setelah kita mengetahui akar penyebab (*root cause*) dari setiap cacat yang terjadi, proses selanjutnya adalah memilih modus kegagalan yang akan di prioritaskan untuk dicegah dan dieliminasi. Caranya adalah dengan menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk setiap akar penyebab (*root cause*) modus kegagalan. *Root cause* dengan nilai RPN tertinggi akan diprioritaskan untuk di hilangkan. Pada penelitian ini akan dipilih 3 jenis Modus kegagalan dengan nilai RPN tertinggi. Perhitungan nilai RPN di lakukan dengan menggunakan metode FMEA. Tabel menunjukkan hasil perhitungan nilai RPN untuk setiap modus kegagalan.

Tabel 4.33 Hasil Perhitungan Nilai RPN

<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	<i>Failure Cause</i>	S	O	D	RPN
Cetakan Lembab	Produk Keropos	Tidak mengikuti SOP penyiraman	9	7	7	441
	Produk Keropos	Tidak ada pengukuran Penyiraman yang pasti	9	7	7	441
Cairan tumpah	<i>Uncomplete Product</i>	Tergesa-gesa saat bekerja	9	7	7	441
	<i>Uncomplete Product</i>	Cairan tumpah saat proses <i>estafet</i>	9	7	7	441
Posisi inti/ <i>core</i> tidak kokoh	<i>Core Defect</i>	Tidak memakai kawat	9	7	7	441
	<i>Core Defect</i>	Tenaga penekanan kurang	9	7	7	441
Cairan kurang	<i>Uncomplete Product</i>	Ketidak telitian pekerja	9	6	5	270
Terdapat kotoran pada leburan	Produk Keropos	Kelelahan pada mata	9	6	3	162
	Produk Keropos	Ketidak telitian pekerja	9	6	3	162
Cetakan terkena tumbukan antar gang	<i>Surgical sand</i>	Ketidak hati-hatian saat penumbukkan	8	5	4	160

<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	<i>Failure Cause</i>	S	O	D	RPN
Cetakan kurang padat	<i>Surgical sand</i>	Tidak ada pengukuran yang pasti	8	5	4	160
Lupa memasang inti	<i>Core Defect</i>	Tergesa-gesa saat bekerja	9	3	2	54

Dari tabel 4.32 dapat dilihat bahwa *failure mode* dengan nilai RPN tertinggi adalah, Cetakan lembab, Cairan tumpah dan Posisi inti/*core* tidak kokoh dengan nilai RPN yang sama yaitu 441. Pengeliminasian pada ketiga modus kegagalan tersebut akan menjadi prioritas pertama. Modus kegagalan yang menjadi prioritas kedua adalah modus kegagalan kurangnya cairan pada cintang dengan nilai RPN 270. Modus kegagalan “Kotoran masuk ke dalam cetakan” akan dijadikan prioritas ketiga dengan nilai RPN sebesar 162.

Akar penyebab dari cetakan yang lembab adalah, tidak adanya pengukuran yang pasti dalam proses penyiraman dan proses penyiraman yang tidak mengikuti SOP. Hal ini dapat mengakibatkan produk yang dihasilkan keropos.

Pekerjaan penuangan leburan yang tergesa-gesa dapat mengakibatkan cairan leburan yang dibawa tumpah. Proses *estafet* juga dapat menyebabkan tumpahnya leburan. Hal ini dapat menyebabkan produk tidak lengkap atau *uncomplete* akibat kurangnya cairan dalam cetakan.

Modus kegagalan posisi inti yang tidak kokoh dapat disebabkan oleh tidak digunakannya kawat pada proses pemasangan. Operator pembuat cetakan diperbolehkan untuk tidak menggunakan kawat dalam pemasangan inti selama dilakukan dengan tekanan yang cukup. Akan tetapi hal ini memiliki resiko lebih besar untuk menghasilkan produk cacat jenis *core defect*.

Ketidak telitian pekerja saat melakukan penuangan dapat mengakibatkan cairan yang masuk dalam cetakan kurang. Hal ini dapat menyebabkan cacat jenis *uncomplete*. Adanya kotoran dalam leburan dapat mengakibatkan produk yang dihasilkan keropos. Kotoran yang tertinggal dalam leburan dapat diakibatkan oleh ketidak telitian operator ataupun kurangnya konsentrasi akibat kelelahan pada mata. Warna leburan yang terlalu terang mengakibatkan operator mengalami kelelahan mata meskipun sudah menggunakan kacamata hitam.

Tindakan perbaikan untuk mencegah terjadinya modus kegagalan pada proses produksi blok rem kereta api T.358 yaitu:

1. Cetakan lembab
 - Dilakukan pengukuran untuk mengendalikan proses penyiraman. Pengukuran yang diusulkan menggunakan satuan waktu karena sulitnya pengukuran volume air.
 - Perketat pengawasan terhadap setiap proses penyiraman, pasir yang telah di siram baru bisa digunakan setelah 6 jam sesuai dengan SOP.
2. Cairan tumpah
 - Pekerja disarankan bekerja dengan penuh ketenangan saat membawa leburan.
 - Proses *estafet* dilakukan secara hati-hati dan dengan kecepatan penuangan yang sesuai. Proses ini juga disarankan untuk dikurangi seminimal mungkin.
3. Posisi inti tidak kokoh
 - Pemasangan inti diwajibkan menggunakan kawat.
4. Cairan kurang
 - Pekerja sebaiknya bekerja dengan tenang dan teliti saat proses penuangan dari *ladle* ke cintang
 - Melakukan pengecekan dengan teliti setelah leburan dituangkan ke cetakan
5. Kotoran dalam leburan
 - Operator pembuang kotoran disarankan untuk melakukan tetes mata secara berkala
 - Pembuangan kotoran sebelum penuangan dari tungku ke *ladle* dilakukan dengan tenang dan teliti.

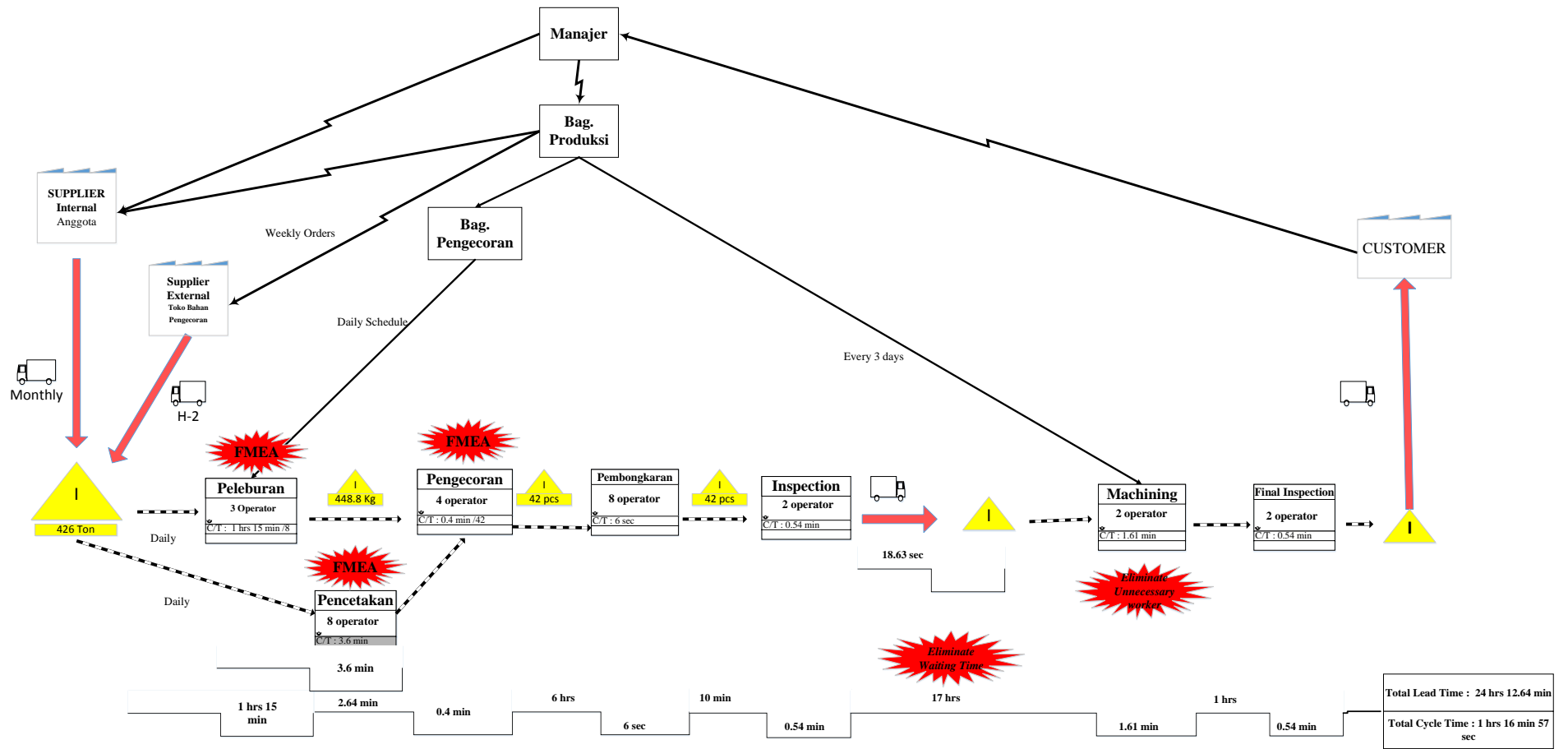
4.10 *Continuous Flow*

Dari gambar 4.21 dan tabel 4.25 dapat dilihat bahwa dalam proses produksi terdapat *waiting time* selama 3 hari di antara proses *inspection* dan *machining*. Produk dibiarkan menunggu dengan alasan proses *machining* yang terlalu cepat. Hasil produksi dalam 3 hari dapat di selesaikan oleh 5 operator *grinding* dalam waktu 6 jam. Liker (2004) berpendapat bahwa untuk menjadi seorang *lean manufacturer* dibutuhkan jalan berfikir yang berfokus untuk menciptakan aliran produksi dimana produk mengalir melalui proses yang bernilai tambah (*value added*) tanpa interupsi (*continuous flow*). Operator *grinding* di bayar berdasarkan jumlah produk yang di selesaikan. Blok rem yang dibiarkan menunggu tidak memerlukan perawatan khusus. Sehingga koperasi tidak mengalami kerugian *materiil* berupa perawatan *work in process* dan membayar operator yang menganggur dalam aktivitas *waiting* ini. Meskipun dalam kasus ini *continuous flow* tidak memberikan keuntungan *materiil*, *continuous flow* akan memberikan keuntungan berupa identifikasi produk cacat yang lebih cepat. Liker (2004) berpendapat bahwa semakin cepat aliran produksi maka akan semakin baik, salah satu alasannya adalah produk cacat akan lebih cepat diidentifikasi. Untuk mencapai hal ini, maka akan dihitung jumlah operator yang dibutuhkan setiap harinya. Caranya adalah dengan membagi jumlah operator yang biasa dipekerjakan dalam intrerval 3 hari menjadi 1 hari.

$$\frac{5 \text{ Operator}}{3 \text{ Hari}} = \frac{1.67 \text{ Operator}}{\text{Hari}} = 2 \text{ Operator/hari}$$

4.11 Usulan Future State Map

Future state map adalah gambaran yang ingin dicapai perusahaan setelah penerapan konsep *lean manufacturing* dengan dasar *current state map* sebelumnya. Tanda *kaizen* burst diberikan pada proses yang akan dilakukan *improvement*. Berikut merupakan *future state map* yang dibentuk setelah pengurangan *unnecessary waiting time*, *unnecessary operator* dan proses pencegahan modus kegagalan dengan FMEA.



Gambar 4.34 Usulan *Future Stream Map* Proses Produksi Blok Rem Metalik T.358

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Current State Map

Dari *current state map* dapat dilihat bahwa proses produksi memiliki *leadtime* sebesar 3 hari 7 jam 12.64 menit. Padahal *total cycle time* hanya sebesar 1 jam 16 menit 57 detik. Hal ini diakibatkan oleh adanya *waste* berupa *waiting time*. Waktu menunggu paling lama terjadi diantara proses *inspection* dan *machining*. Perusahaan melakukan penumpukan hasil produksi selama 3 hari dengan alasan proses *machining* yang terlalu cepat. Hasil produksi dalam 3 hari dapat di selesaikan oleh 5 operator *grinding* dalam waktu 1 hari kerja atau 7 jam, hal ini juga mengakibatkan adanya *work in process* (WIP) yang menumpuk di antara *process inspection* dan *machining*. Produk yang sudah digerinda juga harus menunggu selama 1 jam sebelum dilakukan *final inspection*. Penyebabnya adalah pekerja yang melakukan inspeksi merangkap sebagai Kepala seksi pengecoran dan asistennya. Kepala seksi pengecoran dan asistennya juga bertugas untuk menginspeksi barang dari proses pembongkaran. Waktu 1 jam ini merupakan waktu yang dibutuhkan oleh Kasi pengecoran untuk menyelesaikan inspeksi pada sisa produksi 1 hari yang lalu yang baru saja dibongkar. Selain *waiting time*, besarnya *lead time* juga diakibatkan oleh lamanya waktu yang dibutuhkan leburan untuk mengeras. Proses pembekuan leburan memakan waktu 6 jam. Waktu pembekuan leburan yang cukup lama juga mengakibatkan adanya WIP.

5.2 Waste

Dari hasil pembuatan VSM, data yang dikumpulkan serta hasil pengamatan yang dilakukan dilapangan, pada proses produksi blok rem kereta api metalik tipe T.358 ditemukan waste berupa *inventories*, *waiting time* dan *product defect*.

Koperasi Batur Jaya memiliki kapasitas produksi yang terbatas, sehingga koperasi harus melakukan *stocking* terlebih dahulu untuk memenuhi permintaan lelang, sehingga waste berupa inventori barang jadi di gudang belum bisa dihilangkan. Adanya barang *work in process* (WIP) di antara process pengecoran dan pembongkaran diakibatkan oleh sifat dari baja leburan yang membutuhkan waktu 6 jam untuk menjadi padat, sehingga WIP di antara proses tersebut belum bisa dihilangkan.

Waste jenis *defect* merupakan jenis *waste* yang paling banyak merugikan perusahaan. Pada setiap pengiriman, pihak konsumen yaitu PT KAI akan melakukan pengambilan *sample* dengan perbandingan 1 : 1000. *Sample* kemudian akan di tes di Universitas Gajdah Mada (UGM). Bila *sample* tersebut cacat, maka produk yang di wakili oleh *sample* tersebut akan dikembalikan oleh PT KAI, sehingga merugikan perusahaan berupa ongkos kirim. Waste jenis *defect* akan dilakukan pembahasan lebih rinci pada sub bab berikutnya.

Waste jenis *waiting* terjadi di antara proses *inspection* dan *machining*. Produk menunggu hingga 3 hari sebelum di lakukan proses *machining/grinding*. Produk dibiarkan menunggu dengan alasan proses *machining* yang terlalu cepat. Hasil produksi dalam 3 hari dapat di selesaikan oleh 5 operator *grinding* dalam waktu 6 jam. Operator *machining* dibayar sesuai jumlah produk yang dikerjakan, sehingga perusahaan tidak akan mengalami kerugian berapapun operator *machining* yang dipekerjakan. Waste jenis *waiting* dapat dikurangi dengan melakukan pengrindaan harian. Proses pengrindaan terlalu cepat dilakukan karena perusahaan menggunakan 5 operator yang didasarkan pada saat perusahaan dalam masa kerja lelang.

5.3 Diagram Pareto

Diagram pareto digunakan untuk mengidentifikasi faktor kritis yang menyebabkan kecacatan pada produk (Wilkinson,2006). Dari gambar 4.27 dan tabel 4.28, dapat dilihat bahwa cacat jenis cacat yang berkontribusi sebanyak 80% dari total produk cacat yang ada adalah, *Surgical sand* (C1), Rongga gas (C2), *Uncomplete* (C3) dan *Core Defect* (C4). Cacat jenis *Surgical sand* terjadi pada 410 unit dengan persentase terhadap total produk cacat sebesar 25.83%. Cacat jenis Rongga gas terjadi pada 339 unit dengan persentase 21.36% dari total produk cacat. Cacat jenis *Uncomplete* terjadi pada 298 unit dengan persentase 18.65% dan cacat jenis *Core Defect* terjadi pada 296 unit dengan persentase 18.65%. Keempat cacat ini akan di analisis akar penyebabnya dengan menggunakan diagram *fishbone*.

5.4 *Root Cause Analysis (RCA)*

Pada penelitian ini diagram *fishbone* digunakan untuk mencari akar penyebab produk cacat yang telah dipilih pada subbab sebelumnya. Diagram *fishbone* merupakan *tool* yang berfungsi untuk mencari akar penyebab suatu masalah pada kualitas (Juran, 1999).

Dari gambar 4.29 dapat dilihat bahwa ada cacat jenis *Surgical sand* diakibatkan oleh faktor manusia, pengukuran dan proses. Penyebabkan kecacatan jenis *Surgical sand* dari faktor manusia dapat terjadi karena cetakan terkena tumbukan antar gang akibat ketidak hati-hatian pekerja. Adanya asap dan bau dapat mengakibatkan berkurangnya konsentrasi pekerja. Dalam peraturan pekerja di haruskan memakai masker. Namun kebanyakan pekerja tidak memakainya dengan alasan ketidaknyamanan. Dari faktor pengukuran, proses penumbukkan masih mengandalkan pengalaman pekerja. Hal ini menyebabkan adanya cetakan yang kurang padat meskipun pekerja sudah merasa tumbukan yang dilakukan sudah cukup padat. Faktor proses yang menjadi penyebab kecacatan jenis *Surgical sand* adalah metode peleburan yang menimbulkan asap. Hal ini dapat berdampak pada berkurangnya konsentrasi pekerja dan gangguan pernafasan. Adanya asap diakibatkan oleh bahan baku berupa skrap yang menutupi tungku induksi.

Dari gambar 4.30 dapat dilihat bahwa cacat jenis rongga gas dapat diakibatkan oleh faktor manusia dan pengukuran. Penggunaan pasir yang baru disiram dapat menyebabkan cetakan lembab, sehingga akan menghasilkan produk yang rongga

gas. Sesuai SOP seharusnya pasir digunakan 6 jam setelah dilakukan penyiraman. Adanya kotoran dalam leburan juga dapat menyebabkan terjadinya cacat rongga gas. Kotoran yang lolos ke proses pengecoran dari proses peleburan diakibatkan oleh ke tidaktelitian pekerja. Kelelahan pada mata juga dapat menjadi penyebab lolosnya kotoran ke proses pengecoran. Pengukuran volume penyiraman juga masih mengandalkan pengalaman pekerja. Hal ini memungkinkan terjadinya volume air yang berlebihan. Penyiraman dengan volume air yang terlalu banyak dapat mengakibatkan pasir lembab. Pasir yang terlalu lembab dapat menyebabkan produk yang dihasilkan keropos.

Dari gambar 4.31 dapat dilihat bahwa cacat jenis *uncomplete* dapat diakibatkan oleh faktor manusia, proses, dan mesin/alat yang digunakan. Produk yang tidak lengkap/*uncomplete* dapat disebabkan oleh kurangnya cairan/leburan yang masuk ke cetakan. Kurangnya cairan yang masuk ke cetakan dapat diakibatkan oleh pekerja yang tergesa-gesa atau ketidak telitian saat melakukan penuangan. Cairan juga bisa tumpah ketika pekerja melakukan proses *estafet*. Faktor proses yang menyebabkan kecacatan adalah proses *estafet*. Cairan dapat tumpah ketika proses penuangan saat *estafet*. Alat berupa Cintang yang digunakan pekerja di Koperasi Batur Jaya memiliki berat 15Kg. Cintang yang digunakan dirasakan berat dan kurang nyaman, sehingga pekerja harus membawa cairan dengan cepat sehingga cairan dapat tumpah.

Dari gambar 4.32 dapat dilihat bahwa cacat jenis *core defect* dapat diakibatkan oleh faktor manusia dan proses. Dari faktor manusia, *core defect* dapat di akibatkan oleh inti yang kurang diberikan tekanan, sehingga inti akan berubah posisi ketika proses pengecoran. Pekerja juga terkadang lupa memasang inti akibat tergesa-gesa. Dari factor proses, pekerja terkadang tidak memakai kawat pada proses pemasangan inti, sehingga posisi inti dalam cetakkan tidak kokoh. metode peleburan yang menimbulkan asap dapat berdampak pada berkurangnya konsentrasi pekerja dan gangguan pernafasan. Kurang konsentrasi dapat mengakibatkan pekerja lupa memasang inti. Adanya asap diakibatkan oleh bahan baku berupa skrap yang menutupi tungku induksi.

Secara keseluruhan, penyebab cacat jenis rongga gas/keropos, *uncomplete*, *Surgical sand* dan *core defect* dapat diakibatkan oleh faktor manusia, proses,

pengukuran dan alat yang digunakan. Akar penyebab masalah dari setiap kecacatan nantinya akan digunakan pada FMEA sebagai *failure cause*.

5.5 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Pada tahapan ini akan dilakukan perancangan terhadap modus kegagalan yang dapat menyebabkan cacatnya produk. Perancangan dilakukan dengan metode FMEA. FMEA merupakan suatu prosedur yang terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (McDermott, Mikulak, & Beauregard, 2009). Dalam FMEA akan dihitung nilai *risk priority number* (RPN) untuk setiap modus kegagalan. Modus kegagalan dengan nilai RPN tertinggi akan diprioritaskan untuk dieliminasi.

Dari tabel 4.33 dapat dilihat bahwa *failure mode* dengan nilai RPN tertinggi adalah, Cetakan lembab, Cairan tumpah dan Posisi inti/*core* tidak kokoh dengan nilai RPN yang sama yaitu 441. Pengeliminasian pada ketiga modus kegagalan tersebut akan menjadi prioritas pertama. Modus kegagalan yang menjadi prioritas kedua adalah modus kegagalan kurangnya cairan pada cintang dengan nilai RPN 270. Modus kegagalan “Kotoran masuk ke dalam cetakan” akan dijadikan prioritas ketiga dengan nilai RPN sebesar 162.

Akar penyebab dari cetakan yang lembab adalah, tidak adanya pengukuran yang pasti dalam proses penyiraman dan proses penyiraman yang tidak mengikuti SOP. Hal ini dapat mengakibatkan produk yang dihasilkan keropos.

Pekerjaan penuangan leburan yang tergesa-gesa dapat mengakibatkan cairan leburan yang dibawa tumpah. Proses *estafet* juga dapat menyebabkan tumpahnya leburan. Hal ini dapat menyebabkan produk tidak lengkap atau *uncomplete* akibat kurangnya cairan dalam cetakan.

Modus kegagalan posisi inti yang tidak kokoh dapat disebabkan oleh tidak digunakannya kawat pada proses pemasangan. Operator pembuat cetakan diperbolehkan untuk tidak menggunakan kawat dalam pemasangan inti selama dilakukan dengan tekanan yang cukup. Akan tetapi hal ini memiliki resiko lebih besar untuk menghasilkan produk cacat jenis *core defect*.

Ketidaktelitian pekerja saat melakukan penuangan dapat mengakibatkan cairan yang masuk dalam cetakan kurang. Hal ini dapat menyebabkan cacat jenis

uncomplete. Adanya kotoran dalam leburan dapat mengakibatkan produk yang dihasilkan keropos. Kotoran yang tertinggal dalam leburan dapat diakibatkan oleh ketidak telitian operator ataupun kurangnya konsentrasi akibat kelelahan pada mata. Warna leburan yang terlalu terang mengakibatkan operator mengalami kelelahan mata meskipun sudah menggunakan kacamata hitam.

Tindakan perbaikan untuk mencegah terjadinya modus kegagalan pada proses produksi blok rem kereta api T.358 yaitu:

1. Cetakan lembab
 - Dilakukan pengukuran untuk mengendalikan proses penyiraman. Pengukuran yang diusulkan menggunakan satuan waktu karena sulitnya pengukuran volume air.
 - Perketat pengawasan terhadap setiap proses penyiraman, pasir yang telah di siram baru bisa digunakan setelah 6 jam sesuai dengan SOP.
2. Cairan tumpah
 - Pekerja disarankan bekerja dengan penuh ketenangan saat membawa leburan.
 - Proses *estafet* dilakukan secara hati-hati dan dengan kecepatan penuangan yang sesuai. Proses ini juga disarankan untuk dikurangi seminimal mungkin.
3. Posisi inti tidak kokoh
 - Pemasangan inti diwajibkan menggunakan kawat.
4. Cairan kurang
 - Pekerja sebaiknya bekerja dengan tenang dan teliti saat proses penuangan dari *ladle* ke cintang
 - Melakukan pengecekan dengan teliti setelah leburan dituangkan ke cetakan
5. Kotoran dalam leburan
 - Operator pembuang kotoran disarankan untuk melakukan tetes mata secara berkala
 - Pembuangan kotoran sebelum penuangan dari tungku ke *ladle* dilakukan dengan tenang dan teliti.

5.6 *Future State Map*

Future state map adalah *Value stream mapping* pada perusahaan setelah dilakukan perbaikan. Pada penelitian kali ini, *Future state map* masih sebatas usulan dan belum di aplikasikan. Tanda *kaizen burst* di berikan pada posisi yang akan dilakukan perbaikan. Pada gambar 4.34 dapat dilihat bahwa perbaikan yang dilakukan diantaranya pengurangan *unnecessary waiting time* di antara proses *inspection* dan *machining*, pengurangan *unnecessary worker* pada proses *machining*, dan pencegahan modus kegagalan pada proses peleburan, pencetakan dan pengecoran. Dengan menerapkan prinsip *continuous flow*, waktu menunggu produk yang sudah di inspeksi dapat dikurangi dari 3 hari ke 1 hari. Pada *current state map* sebelumnya, produk menunggu selama 3 hari dengan alasan proses *machining* yang terlalu cepat. 5 operator dapat menyelesaikan hasil produksi 3 hari dalam 1 hari kerja.

Jumlah *operator* yang biasa dipekerjakan oleh Koperasi didasarkan pada saat koperasi melakukan pekerjaan untuk memenuhi lelang. Pada waktu lelang, Jumlah produksi harian dapat mencapai 2 kali lipat jumlah produksi dalam keadaan *stocking*. Sehingga dalam keadaan *stocking*, jumlah *operator* yang dipekerjakan terlalu banyak relatif terhadap produksi harian. Oleh karena itu disarankan kepada perusahaan untuk melakukan proses *machining* setiap hari dengan menggunakan 2-3 operator saja. Kelima *operator* dipekerjakan secara bergantian setiap harinya, sehingga hal ini tidak menimbulkan kerugian bagi Koperasi maupun pekerja. Dengan melakukan hal tersebut, waktu menunggu dapat dikurangi menjadi 1 hari saja. Hasil produksi hari ini akan bisa langsung dikerjakan keesokan harinya. Barang cacat yang lolos dari inspeksi sebelumnya pun dapat diketahui dengan lebih cepat, sehingga bisa langsung dilebur ulang atau diperbaiki.

Perbaikan selanjutnya adalah pencegahan modus kegagalan dengan FMEA. Modus kegagalan yang terdapat dalam proses cetakan adalah cetakan yang terlalu lembab dan pemasangan inti yang tidak kokoh. Untuk menghindari terjadinya cetakan yang terlalu lembab, dapat dilakukan pengukuran untuk mengendalikan proses penyiraman. Pengukuran yang diusulkan menggunakan satuan waktu karena sulitnya pengukuran volume air. Hal selanjutnya adalah memperketat pengawasan terhadap setiap proses penyiraman, lama penggunaan pasir setelah dilakukan penyiraman harus sesuai dengan SOP yaitu 6 jam. Posisi inti yang tidak kokoh juga

dapat dicegah dengan mewajibkan setiap pekerja menggunakan kawat untuk mengurangi resiko kecacatan.

Modus kegagalan yang terdapat pada proses pengecoran adalah cairan yang tumpah dan cairan yang masuk ke dalam leburan kurang. Cairan yang tumpah disebabkan oleh proses *estafet* serta pekerja yang tergesa-gesa. Sehingga disarankan untuk pekerja agar bekerja dengan penuh ketenangan saat membawa leburan. Proses *estafet* juga harus dilakukan secara hati-hati dan dengan kecepatan penuangan yang sesuai. Proses *estafet* ini disarankan untuk dikurangi seminimal mungkin. Untuk mengurangi modus kegagalan berupa kurangnya cairan dalam cetakan, Pekerja disarankan untuk bekerja dengan tenang dan teliti saat proses penuangan dari *ladle* ke cintang. Serta melakukan pengecekan dengan teliti setelah leburan dituangkan ke cetakan.

Modus kegagalan pada proses peleburan adalah lolosnya kotoran pada leburan ke proses selanjutnya. Untuk mencegah hal ini disarankan kepada Operator pembuang kotoran untuk melakukan tetes mata secara berkala. Pembuangan kotoran sebelum penuangan dari tungku ke *ladle* juga harus dilakukan dengan tenang dan teliti. Pada penelitian ini pembentukan value stream mapping dilakukan pada saat Koperasi melakukan *stocking*. Sehingga *production rate* pada VSM usulan tidak menggunakan *takt time*, akan tetapi menggunakan *production rate* sama seperti *current VSM* yaitu sebesar 8 *taping* per hari.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Berdasarkan data dari perusahaan dan *current state map*, ditemukan *waste* pada proses produksi berupa *inventories*, *waiting time* dan *defect*. *Inventories* yang ada diakibatkan oleh kebijakan perusahaan yang melakukan *stocking* karena kapasitas produksi yang terbatas serta *work in process* (WIP) yang ada pada process produksi. *Waste* jenis *waiting time* adalah waktu menunggu selama 3 hari di antara proses *inspection* dan *machining*. *Waste* jenis produk *defect* yang ditemukan adalah *Surgical sand*, *uncomplete*, Rongga gas, *core defect*, *Shrinkage*, *cross joint*, dan *penetration*
2. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, usulan perbaikan yang diberikan adalah:
 - Proses *machining* dilakukan setiap hari dengan menggunakan 2 operator saja total *lead time* dapat dikurangi dari 3 hari 7 jam 13 menit menjadi 1 hari 13 menit.
 - Perlunya dilakukan standarisasi pada proses penyiraman. Pengukuran yang diusulkan menggunakan satuan waktu karena sulitnya pengukuran volume air.
 - Perketat pengawasan terhadap setiap proses penyiraman, pastikan pasir cetak baru digunakan 6 jam setelah dilakukan penyiraman.
 - Pemasangan inti diwajibkan menggunakan kawat.
 - Minimalkan proses *estafet* pada proses penuangan besi cor.

- Operator pembuang kotoran disarankan melakukan tetes mata secara berkala.
3. Hasil dari *future state map* setelah dilakukan perbaikan adalah mengurangi *waiting time* di antara proses *inspection* dan *machining* dari 3 hari menjadi 1 hari dengan menerapkan prinsip *continuous flow*. Dengan berkurangnya *waiting time*, barang cacat yang lolos dari inspeksi sebelumnya dapat diketahui dengan lebih cepat, sehingga bisa langsung diberi tindakan berupa peleburan ulang atau perbaikan. berkurangnya *waiting time* juga akan mengurangi WIP di antara proses *inspection* dan *machining*.

6.2 Saran

Beberapa saran yang peneliti berikan kepada perusahaan dan penelitian selanjutnya adalah :

1. Sebaiknya proses *machining* dilakukan setiap hari dengan jumlah operator sebanyak 2 atau 3 orang ketika dalam keadaan *stocking*. Hal ini dapat dilakukan bergiliran untuk 5 orang pekerja yang sudah ada.
2. Mewajibkan setiap pembuat cetakan menggunakan kawat saat memasang inti.
3. Perlu adanya standar kadar penyiraman. Bila kesulitan mengukur volume air, pengukuran dapat dilakukan dengan satuan waktu lamanya penyiraman.
4. Diharapkan pada penelitian berikutnya untuk mendesain alat cunting yang lebih ringan dan lebih nyaman digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F. (2011). Perancangan Lean Production System dengan Pendekatan Cost Integrated Value Stream Mapping studi kasus pada industry otomotif. *Universitas Indonesia*.
- Apel, W., Li, J. Y., & Walton, V. (2007). *Value Stream Mapping for Lean Manufacturing*. Worcester Polytechnic Institute (WPI) and Central Industrial Supply (CIS).
- Belokar, R., Kumar, V., & Kharb, S. S. (2012, July). *An Application of Value Stream Mapping In Automotive Industry: A Case Study*. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, 1(2).
- Dzanya, M., & Mukada, C. (2015, February 26). *Value stream mapping in glide manufacturing: A case study of Insti-Tools in Zimbabwe*. *International Journal of Science, Technology and Society*.
- Gao, S., & Low, S. P. (2014). *Lean Construction Management*. Singapore, Singapore: Springer.
- Gasperz, Vincent. (2002). Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 90001:2000, MBNQA, dan HACCP. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Gasperz, Vincent. (2007). *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Gaspersz, Vincent, (2012), *ALL In One Management Tool Book*. Bogor : Tri- Al Bros Publishing
- Fanani, Z., & Singgih, M. L. (2011). Implementasi lean manufacturing untuk peningkatan produktivitas (studi kasus PT.Ekamas Malang). *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIII*, A-44-(1-9).
- Hendrik, L., David, S., 2007. *Value Stream Mapping with Microsoft Dymanics AX*. Departement of Design Sciences, Lund Institute of Technology: Copenhagen.
- Kamal, R. F. (2009). Lean Manufacturing - Suatu Review. *Operations Excellence (Journal of Applied Industrial Engineering)*, 1.
- Kusuma, S. A. (2010). Penerapan Lean Manufacturing dalam mengidentifikasi dan meminimasi waste (studi kasus di PT. Hilon Surabaya) . *Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"*.

- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the*. McGraw-Hill.
- McDermott, R. E., Mikulak, R. J., & Beauregard, M. R. (2009). *The Basic of FMEA 2nd edition*. New York: Taylor & Francis Group.
- Muruganathan, V., Govindaraj, K., & Sakthimurugan, D. (2014, march). *Process Planning Through Value Stream Mapping In Foundry*. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(3).
- Muvunzi, R., Maware, C., Chinguwa, S., & Caspah, M. (2013, July). *Application Of Lean Value Stream Mapping To Reduce Waste And Improve Productivity: A Case Of Tile Manufacturing Company In Zimbabwe*. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM)*, 2(7).
- Neha, S., Singh, M. G., Simran, K., & Pramod, G. (2013). *Lean Manufacturing Tool and Techniques in Process Industry*. *International Journal of Scientific Research and Reviews*, 54-63.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System Beyond Large-Scale Production*, Productivity Press, Portland, OR.
- Purnomo, H. (2004). *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pareto Chart* (2015). https://en.wikipedia.org/wiki/Pareto_chart (3 Agustus 2016)
- Rahmiyarno, A. (2013). Penerapan lean manufacturing untuk mengidentifikasi dan minimasi waste produksi benang polyster pada mesin carding dan mesin drawing (studi kasus di departemen produksi PT.X kabupaten sleman daerah istimewa yogyakarta.
- Rother , M., & Shook, J. (1999). *Learning to see : Velue stream mapping to add value and eliminate muda*. brookline, USA/Massachusetts: The Lean enterprise institute.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world: The story of Lean production*. New York: Rawson Associates

LAMPIRAN

Lampiran 1. *Form* Penilaian FMEA

FORM Penilaian FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*)

Koperasi Industri Pengecoran Logam dan Permesinan “Batur Jaya”

Nama :

Divisi :

Berikut adalah Kuisisioner FMEA yang bertujuan untuk memberikan skala prioritas terhadap setiap modus kegagalan.

Instruksi Pengisian :

Berilah penilaian terhadap setiap modus kegagalan (*failure mode*) dan penyebab kegagalan (*failure cause*) pada proses produksi blok rem kereta api metalik T.358 di bawah ini dengan skala 1 – 10 untuk *Severity* (S), *Occurance* (O) dan *Detection* (D).

Modus Kegagalan	Failure Effect	Penyebab Kegagalan	S	O	D
Cetakan terkena tumbukan antar gang	<i>Surgical sand</i>	Ketidak hati-hatian saat penumbukkan			
Cetakan kurang padat	<i>Surgical sand</i>	Tidak ada pengukuran yang pasti			
Cetakan Lembab	Produk Keropos	Tidak mengikuti SOP penyiraman			
	Produk Keropos	Tidak ada pengukuran yang pasti			
Kotoran masuk ke cetakan	Produk Keropos	Kelelahan pada mata			
	Produk Keropos	Ketidak telitian pekerja			
Cairan tumpah	<i>Uncomplete Product</i>	Tergesa-gesa saat bekerja			
	<i>Uncomplete Product</i>	Proses <i>estafet</i>			
	<i>Uncomplete Product</i>	Cintung yang digunakan berat dan kurang nyaman			

Lampiran 3. Hasil Pengamatan

1. Proses Pembuatan Cetakan

NO	Aktivitas dalam Pembuatan Cetakan	Data Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Pisahkan rangka cetak	3.22	3.15	3.23	3.12	3.33	3.45	3	3.58	3.27	3.08
2	Masukkan pola ke rangka cetak	1.89	2.01	1.77	2.03	2	1.73	1.99	1.75	2.11	1.88
3	Gabungkan kembali rangka cetak	2.06	1.63	2.01	1.78	1.82	1.81	1.82	2	1.66	2.01
4	Beri anti air pada pola	8.8	8.54	8.03	8.34	7.54	7.42	8.11	7.65	8.23	8.21
5	Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh	9.13	10.03	10.24	11.12	9.23	10.05	9.97	10.33	11.02	10.65
6	Tumbuk pasir bagian samping	6.12	6.08	6.18	5.87	6.34	6.01	6.21	5.56	6.07	6.31
7	Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh	3.56	3.45	3.89	4.01	3.23	3.55	3.78	3.47	3.23	3.87
8	Tumbuk pasir sampai rata	15.23	15.12	14.99	16.03	17.32	14.67	15.43	17.07	16.34	17.32
9	Balik rangka cetak	8.26	8.13	8.33	8.54	8.71	8.41	8.45	8.35	9	8.12
10	Beri anti air pada pola dan taruh pipa	6.12	7.01	6.87	7.12	6.34	6.45	6.12	7.01	6.23	7.04
11	Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh	14.11	14.23	13.03	13.12	12.93	13	14.07	13.77	12.31	12.34
12	Tumbuk pasir	12.03	12.34	11.67	11.32	12.11	12.23	11.89	11.55	12	13.03
13	Masukkan pasir ke rangka cetak sampai penuh	3.34	3.45	3.67	4.03	3.87	4.02	4.07	3.87	3.54	3.78
14	Tumbuk pasir sampai rata	13.24	13.44	12.98	14.02	14.01	13.67	13.54	12.13	13.01	14.11
15	Cabut pipa	1.34	1.45	1.53	1.37	1.65	1.38	1.32	1.44	1.4	1.37
16	Pisahkan rangka cetak	5.41	5.63	5.42	6.03	6.15	5.63	6.31	5.72	5.33	6.05
17	Cabut pola cetak	7.69	8.77	8.24	8.33	7.89	8.97	7.32	7.56	7.61	8
18	Taruh inti ke dalam cetakan	13.56	14	12.97	13.45	13.32	12.78	13.03	13.79	13.46	12

NO	Aktivitas dalam Pembuatan Cetakan	Data Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	Tambahkan pasir basah ke inti	15.05	15.32	15.21	15.32	14.79	15	15.32	14.63	13	15.36
20	Gabungkan kembali rangka cetak	8.23	9.01	8.43	7.56	8.34	8.14	7.89	9.13	8.57	7.34
21	Cabut rangka cetak	7.24	8.34	8.13	7.15	7.23	8.11	8.23	7.34	7.48	6.78
Total		165.63	171.13	166.82	169.66	168.15	166.48	167.87	167.7	164.87	168.65

2. Proses Peleburan

NO	Aktivitas dalam Peleburan	Data Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Melakukan penimbangan bahan baku	33.12	32.01	33.11	33.45	32.71	30.13	34	33.23	31.45	35.02
2	Membawa bahan baku ke mesin induksi	14.93	14.52	13.46	15.07	15	13.66	14.53	15.04	15.11	15.02
3	Timbang karbon	13.23	11.23	13.21	11.12	11.32	12.32	10.57	11.31	12.45	13.05
4	Masukkan karbon ke tungku	7.32	7.45	8.31	8	7.53	8.32	8.53	7.85	9.03	7.44
5	Masukkan skrap logam ke tungku	17.23	17.41	16.13	17.13	16	15.23	17.33	15.4	16.01	17.03
6	Aduk bahan baku	313	300.23	313.04	299.34	278.34	300.01	299.75	302.35	300.12	300.11
7	Buang kotoran dari tungku	173.35	180.23	167.34	177.21	178.33	163.36	168.34	170.02	169.13	171.2
8	Timbang silikon	15.23	13.27	13.87	12.39	13.02	13.46	13.7	12.8	13.23	14.02
9	Masukkan silikon ke tungku	7.15	7.34	7.27	7.32	7.46	7.11	7.47	8.13	7.57	7.05
10	Masukkan batang logam ke tungku	63.12	62.67	60.23	62.4	59.03	58.22	63.03	63.68	60.34	64.32
11	Aduk bahan baku	307.4	301.01	297.65	298.07	298.7	303.03	300.2	301.34	305.3	300
12	Buang kotoran dari tungku	167.05	179.34	178.04	175.34	179	180.04	169.3	169.04	170.34	176.3
13	Masukan skrap logam ke tungku	15.34	14.32	16.45	16.34	15.31	16.3	15.49	16.33	17.43	15.32

NO	Aktivitas dalam Peleburan	Data Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	Aduk bahan baku	333.03	305.32	315.32	321.3	300.03	319.34	312.04	341.02	315.32	333.42
15	Buang kotoran dari tungku	177.46	169.45	159.32	171.5	165.35	173.05	164.22	166	169.3	173.21
16	Masukan skrap logam ke tungku	17.73	16.54	17.12	15.84	17.4	19.38	16.93	17.7	16.11	15.56
17	Aduk bahan baku	343.23	319.45	320.45	314.23	341.12	318.12	309.13	317.13	319.3	316.13
18	Buang kotoran dari tungku	167.1	167.33	173.13	165.08	175.13	177.03	171.03	168.77	170.02	170
19	Masukan skrap logam ke tungku	16.3	17	16.62	16.13	15.79	17.34	17.4	17.03	16.5	17.13
20	Aduk bahan baku	354.3	321.3	334.57	334.15	328.71	345.39	333.17	338.5	313.17	345.13
21	Buang kotoran dari tungku	159.43	167.34	159.37	163.45	166.3	167	171.34	162.19	164.31	173.01
22	Mengambil sample leburan	7.63	6.83	7.27	7.14	6.5	7.34	7.33	6.49	6.75	7.12
23	Menuangkan sample ke CE meter	6.13	6.24	6.31	6.35	7.15	6.13	6.25	6.37	6.36	7.04
24	Mengecek komposisi bahan melalui monitor	10.13	10.23	11.14	10.45	11.25	12.04	11.35	10.37	10.68	11.14
25	Tunggu leburan sampai memerah	613.76	623.67	701.35	658.27	634.15	646.38	633.29	630.94	645.39	678.17
26	Buang kotoran dari tungku	38.13	37.23	32.14	37.17	31.67	34.15	36.19	33.17	34.16	34.18
Total		3391.83	3308.96	3392.22	3354.24	3312.3	3363.88	3311.91	3342.2	3314.88	3417.12

3. Pengecoran

NO	Aktivitas dalam Pengecoran	Data Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Membawa ladle ke depan tungku	25.34	23.45	25.67	24.45	23.32	24.13	25.13	24.33	26.32	24.31
2	Menuangkan leburan dari tungku ke ladle	55.13	54.23	53.12	53.47	55.03	54	53.67	54.23	55.02	54.34
3	Membawa ladle ke dekat cetakan	21.25	22.42	21.25	22.17	21.25	21.79	21.56	22.63	20.91	21.85

NO	Aktivitas dalam Pengecoran	Data Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Menuangkan leburan dari ladle ke cintang	5.66	6.23	5.76	7.03	5.87	6.46	7.02	6.12	5.6	6.31
5	Membawa cintang ke cetakan	8.32	7.35	7.56	8.04	6.89	7.24	7.35	6.84	7.03	7.13
6	Menuangkan leburan ke cetakan	5.13	4.23	5.03	4.53	4.76	4.5	5.03	4.32	5.23	5
7	Mendiamkan leburan dalam cetakan	21600	21600	21600	21600	21600	21600	21600	21600	21600	21600
Total		21720. 83	21717. 91	21718. 39	21719. 69	21717. 12	21718. 12	21719. 76	21718. 47	21720. 11	21718. 94

4. Pembongkaran

NO	Aktivitas dalam Pembongkaran	Data Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Mengambil alat pencungkil cetakan	2.01	1.89	1.95	1.76	1.89	1.75	2.13	1.69	1.74	1.7
2	Mengeluarkan produk dari cetakan	2.71	2.78	2.85	2.49	3.02	3	2.69	2.87	2.56	3.05
3	Mendiamkan produk untuk menurunkan suhunya	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Total		604.72	604.67	604.8	604.25	604.91	604.75	604.82	604.56	604.3	604.75

5. Penghalusan/*Machining*

NO	Aktivitas dalam Penghalusan	Data Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Mengangkat Produk Ke Mobil	1.67	1.57	1.89	1.77	1.59	1.87	1.66	1.89	1.97	1.67
2	Mengangkut Produk Ke Gudang	14.12	14.35	15.12	15.23	13.67	14.31	15.67	14.34	14.35	15.23
3	Menyusun produk di atas kursi kayu	183.93	182.37	188.45	185.32	181.24	179.35	185.23	173.16	177.34	181.03
4	Menyalakan mesin gerinda	1.64	1.78	1.57	1.48	1.52	1.63	1.53	1.45	1.71	1.53
5	Menghaluskan produk	73.12	69.23	71.13	68.34	68.45	70.2	71.23	69.13	70.12	72.13
6	Mematikan mesin gerinda	1.46	1.52	1.32	1.46	1.52	1.62	1.37	1.49	1.63	1.37
7	Produk di taruh di lantai gudang	2.43	2.3	2.27	2.36	2.26	2.46	2.31	2.21	2.33	2.47
Total		262.58	257.2	264.74	258.96	254.99	255.26	261.67	247.44	253.13	258.53

6. Proses Inspeksi

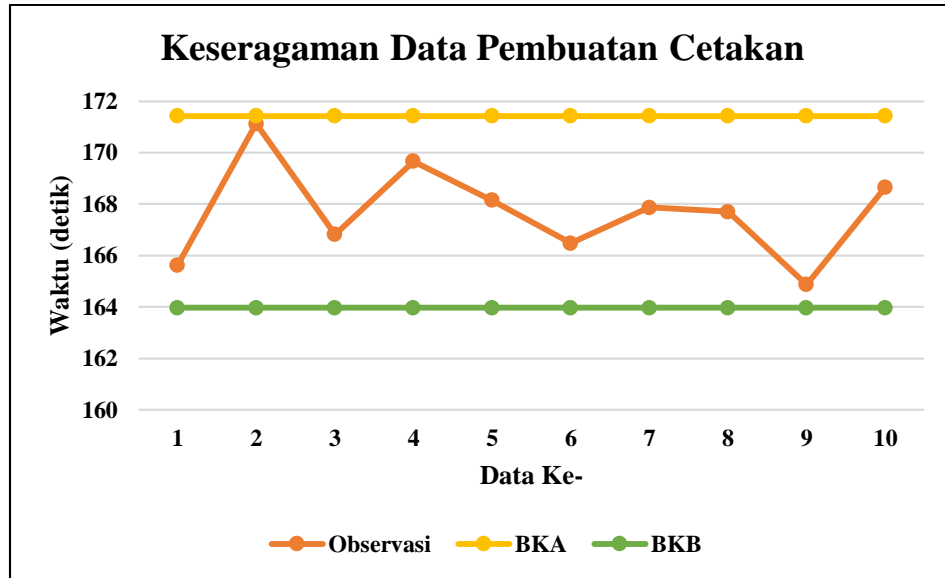
NO	Aktivitas dalam Inspeksi	Data Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Mengidentifikasi kecacatan produk	13.15	14.16	14.15	15.16	13.46	13.21	14.36	12.56	15.31	13.37
2	Pencatatan	12.01	11.23	9.84	10.32	11.23	9.73	11.23	10.13	10.34	10.78

7. Proses Final Inspection

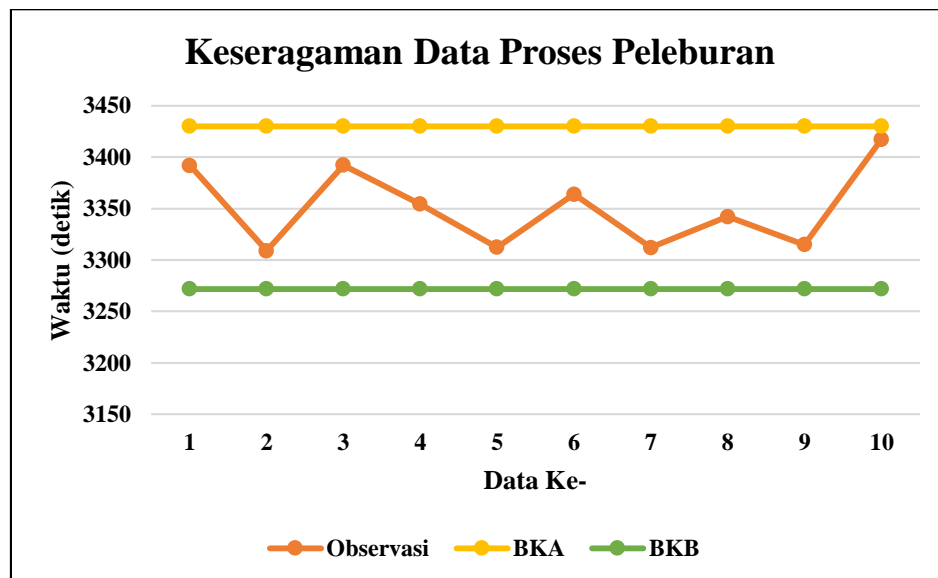
NO	Aktivitas dalam Inspeksi 2	Data Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Mengidentifikasi kecacatan produk	14.23	13.11	13.17	14.23	13	13.13	14.22	15.11	14.23	13.14
2	Pencatatan	11.04	11.34	11.02	10.12	10.23	10.57	9.87	11.34	12	11.13

Lampiran 4. Keseragaman Data

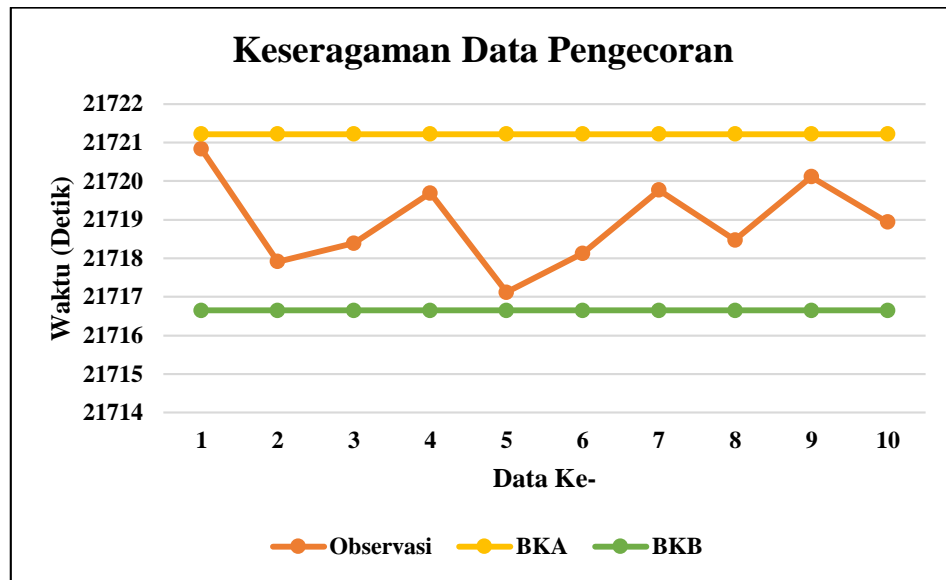
1. Proses Pembuatan Cetakan



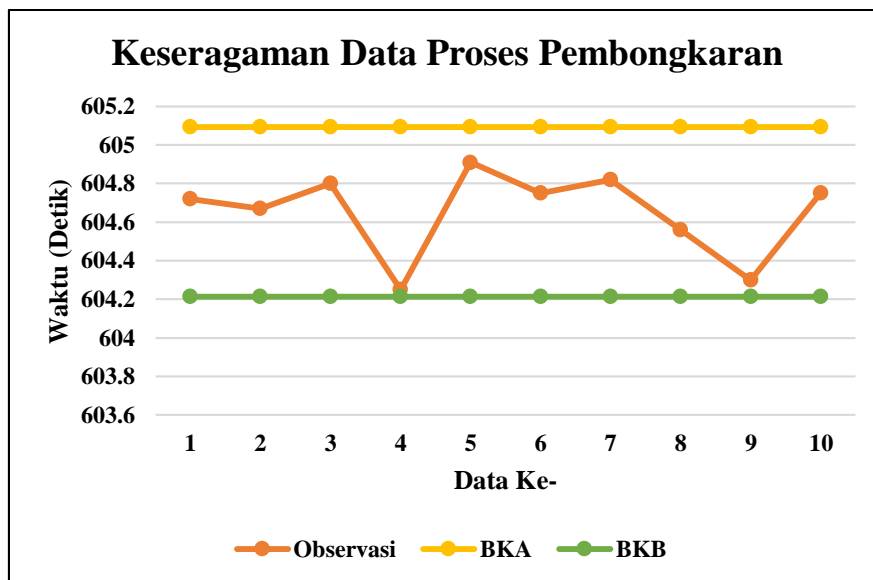
2. Proses Peleburan



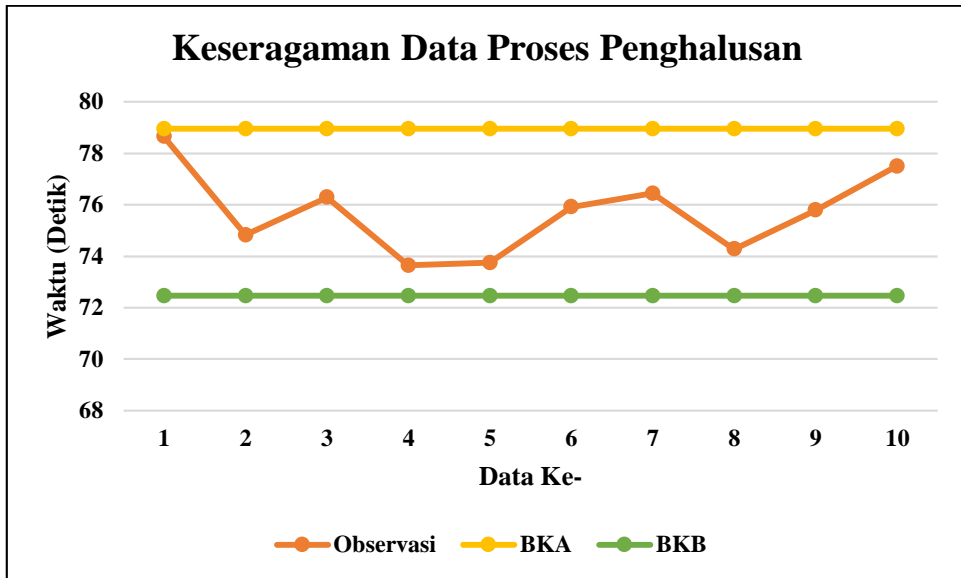
3. Pengecoran



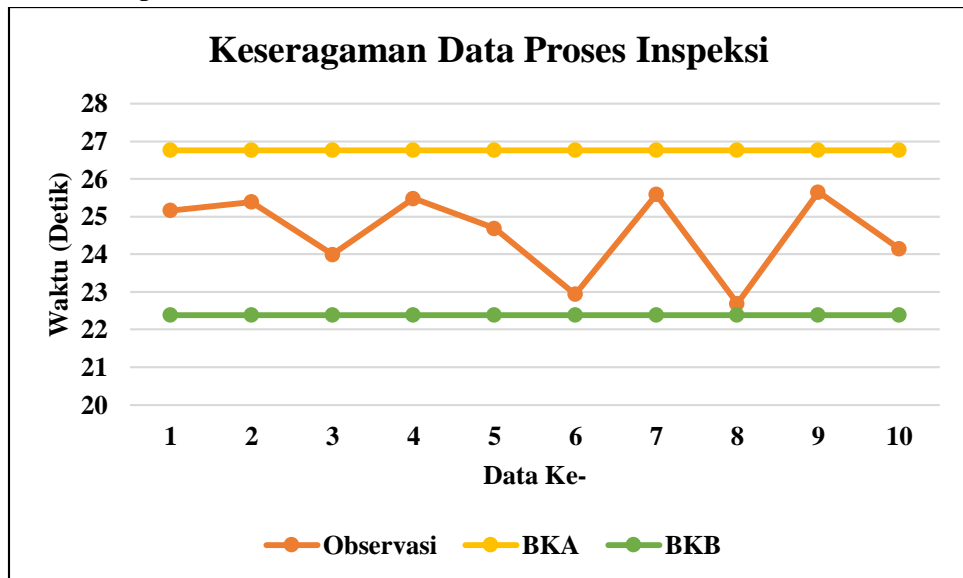
4. Pembongkaran



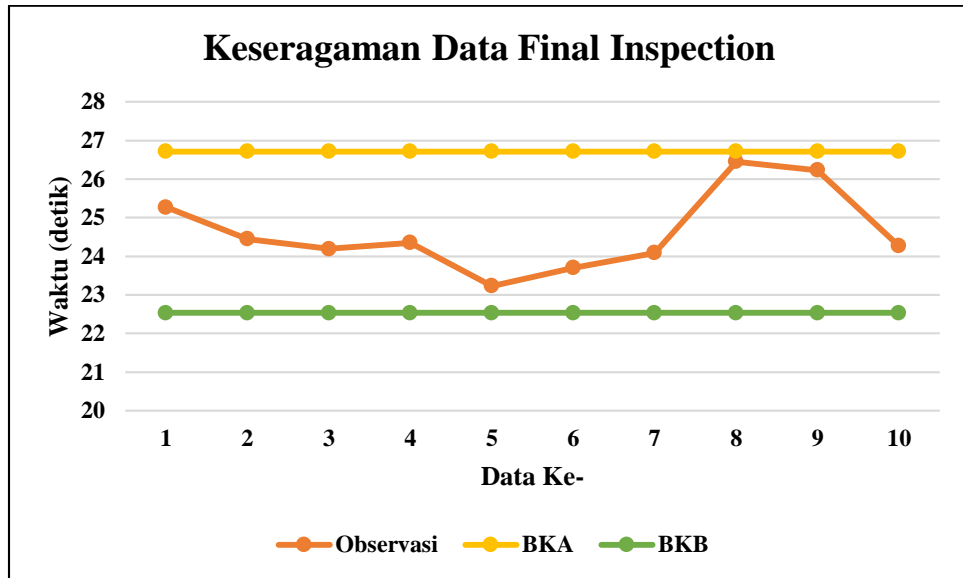
5. Penghalusan



6. Proses Inspeksi



7. Proses *Final Inspection*



Lampiran 5. Proses Peleburan (a) dan Penumbukan Bahan Baku (b).



(a)



(b)

Lampiran 6. Gudang



Lampiran 10. Tumpukan Barang Jadi

