



**PENURUNAN LEAD TIME PROSES PAINTING MELALUI PAINTING
SYSTEM STANDARD ISO 12944-5 PADA ALAT BERAT
TRANSPORTASI PERTAMBANGAN DENGAN METODE VSM
DAN LEAN SIX SIGMA**

TESIS

**UNIVERSITAS
OLEH
LINA HERLINA
55321110001**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2023**



**PENURUNAN LEAD TIME PROSES PAINTING MELALUI PAINTING
SYSTEM STANDARD ISO 12944-5 PADA ALAT BERAT
TRANSPORTASI PERTAMBANGAN DENGAN METODE VSM
DAN LEAN SIX SIGMA**

TESIS

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Program
Fakultas Teknik pada Program Studi Magister Teknik Industri**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

OLEH

LINA HERLINA

55321110001

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2023**

PENGESAHAN TESIS

Judul : Penurunan Lead Time Proses Painting Melalui Painting System
Standard ISO 12944-5 Pada Alat Berat Transportasi Pengembangan
Dengan Metode VSM Dan Lean Six Sigma

Nama : Lina Herlina

NIM : 55321110001

Program Studi : Fakultas Teknik/Magister Teknik Industri

Tanggal : 25 Agustus 2023



UNIVERSITAS (Dr. Hernadewita, ST., M.Si.)

MERCU BUANA

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi
Magister Teknik Industri

(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.)

(Dr. Sawarni Hasibuan, M.T.)

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam Tesis ini:

Judul : Penurunan Lead Time Proses Painting Melalui Painting System Standard ISO 12944-5 Pada Alat Berat Transportasi Pengembangan Dengan Metode VSM Dan Lean Six Sigma
Nama : Lina Herlina
NIM : 55321110001
Program : Fakultas Teknik/Magister Teknik Industri
Tanggal : 25 Agustus 2023

Merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan bimbingan Komisi Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana.

Karya ilmiah ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada program sejenis di perguruan tinggi lain. semua informasi, data, dan hasil pengolahannya yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Jakarta, 25 Agustus 2023



(Lina Herlina)

PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh

Nama : Lina Herlina
NIM : 55321110001
Program Studi : Magister Teknik Industri

Dengan judul: *“Improve Efficiency of Production Line Painting Areas in Transportation Equipment Products Mining Through Standard Specifications and Ranked Weighted Position (RPW) Line Balancing Methods”*. Telah dilakukan pengecekan similarity dengan sistem Turnitin pada tanggal 13 Agustus 2023, didapatkan nilai persentase sebesar 17%.

Jakarta, 14 Agustus 2023

Administrator Turnitin

UNIVERSITAS
MERCU BUANA 

Miyono, S.Kom

PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS

Tesis S2 yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di perpustakaan Universitas Mercu Buana, Kampus Meruya dan terbuka terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HAKI yang berlaku di Universitas Mercu Buana. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tesis haruslah seizin Dekan Fakultas Teknik UMB.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji dan syukur kehadiran Allah Subhanahu wata'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya, peneliti sudah dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka penyusunan Tesis untuk memenuhi persyaratan kelulusan sebagai Magister Teknik Industri pada Program Studi Teknik Industri Universitas Mercu Buana. Penelitian ini berjudul **“Penurunan *Lead Time* Proses *Painting* melalui *Painting System* Standar ISO 12944 Pada Alat Berat Transportasi Pertambangan dengan Metode VSM dan Lean Six Sigma”**

Peneliti menyadari bahwa dalam penyusunan laporan penelitian telah mendapat bimbingan, pengarahan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini peneliti ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng, selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana yang telah memberikan dorongan dan fasilitas pada Program Pascasarjana Universitas Mercu Buana
3. Dr. Sawarni Hasibuan, MT selaku Kepala Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana yang telah memberikan dorongan, arahan, dan membagi ilmu yang bermanfaat dalam penyelesaian penelitian ini.
4. Dr. Hernadewita, ST., M.Si sebagai Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan memberi motivasi dalam penyusunan Tesis ini.
5. Dr. Humiras Hardi Purba, MT, selaku dosen penguji sidang, yang memberikan masukan-masukan untuk kesempurnaan penelitian ini
6. Para Guru Besar Universitas Mercu Buana selaku dosen yang telah memberikan kuliah dan tugas lain guna pendalaman materi kuliah; dan rekan-rekan mahasiswa sebagai pendamping diskusi dalam belajar.
7. Kepada Mama Papa dan Ibu Mertua yang telah mensupport selama perjalanan perkuliahan berjalan hingga akhir sekarang. Serta anggota keluarga lainnya yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

8. Kepada Suami Eki Budi Fatari, S.Si dan juga anak-anakku tercinta Kholid F. Al Fatih dan Elena F. Marsya yang sudah merelakan waktunya bermainnya untuk penyelesaian penelitian ini.
9. Kepada Seluruh Rekan Magister Teknik Industri angkatan 29 yang telah menjadi teman, sahabat, saudara, pembimbing dan pembina selama kuliah di Universitas Mercu Buana.

Penelitian ini sudah dibuat dengan sungguh-sungguh untuk mengikuti kaidah-kaidah penelitian ilmiah sebagaimana telah diatur dalam buku pedoman yang merupakan kebijakan Kepala Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana.



Jakarta, 25 Agustus 2023

Lina Herlina

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRAK

Tingginya produksi batu bara di tanah air mengakibatkan banyaknya peningkatan permintaan pada alat transportasi pertambangan. Perkembangan beberapa merek terkenal alat transportasi tambang sudah diwarnai dengan banyaknya bermunculan beberapa merek baru. Hal ini menjadi kesempatan atau tantangan bagi Perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur yang memproduksi alat transportasi tambang. Peralatan tambang memiliki fungsi yang baik dapat dilihat dari kualitas meliputi kekuatan, ketahanan dan *lifetime*. Ketahanan material terhadap keausan yang disebabkan oleh kontak permukaan material tambang dan juga kondisi lingkungan yang korosif. Untuk melindungi dari ancaman korosif, maka benda kerja harus dilakukan *painting*. Aplikasi *painting* diatur oleh ISO 12944-2 mengenai aplikasi *painting* berdasarkan lingkungan struktur baja terpapar dan ISO 12944-5 menjelaskan tipe *painting* dan *painting system* yang digunakan. Pada penelitian ini dilakukan di proses manufaktur transportasi tambang. Setelah dilakukan analisa dengan menggunakan *tool lean* yaitu VSM (*value stream mapping*), ditemukan adanya proses *bottleneck*. Proses *Bottleneck* tersebut ada didalam proses *painting*. Penelitian dilanjutkan dengan menggunakan *six sigma* dengan melalui beberapa fase **DMAIC**. **Define** melakukan identifikasi terhadap proses-proses waktu siklus yang didapatkan, klasifikasi kedalam kegiatan **Non Value Added (NVA)** atau **value add**, ditemukan adanya **waste** berupa banyaknya waktu tunggu, waktu *handling* yang cukup tinggi. Di dapat nilai PCE nya adalah sebesar 44,33%. **Measure** dilakukan pengukuran terhadap hasil ketebalan cat. Perhitungan menggunakan *capability six pack* didapat CP 0,28 <1,3 dan Capability index Kane -0,59<1,3 nilai sigma level didapat adalah sigma level 1 yaitu 961.238,75 ini menunjukkan proses aplikasi *painting* tidak sesuai dengan dengan spesifikasi yang telah ditentukan, dan hal ini terjadi di ketiga lapisan yang dilakukan. Selanjutnya **Analyze** menggunakan fishbone untuk mengetahui akar permasalahan yang terjadi, fase ini dilakukan FGD (*Focus Group Discussion*) dengan antar deartemen terkait dan juga beberapa expert. Fase **Improve** dilakukan dengan melakukan perubahan berdasarkan referensi ISO 12944-2 dan ISO 12944-5. Hasil yang di dapatkan lebih baik dri proses sebelum dilakukan perbaikan. Nilai Lead time proses lebih cepat 50%, *Value add* meningkat 50%, Total delay menjadi 3,8 jam dari 26,82 jam, Balance delay turun menjadi 50% dan line efficiency meningkat dari 62% menjadi 84,42%. Fase terakhir **Control** dilakukan dengan metode FMEA dari nilai RPN 5740 menjadi 120 dengan menjalankan *control plan* yang telah ditentukan.

Keywords: Lean, Six Sigma, DMAIC, Line Balancing, *Balance Delay*, *Efficiency*

ABSTRACT

The high production of coal in the country has caused a huge increase in the demand for mining transport equipment. The development of some well-known brands of mining transport equipment has been marked by the emergence of some new brands. This is an opportunity or a challenge for companies involved in the manufacturing sector that produce mine transport equipment. Mining equipment has good functionality that can be seen from the quality including strength, durability and lifespan. The material's resistance to wear and tear caused by surface contact with mining materials and also corrosive environmental conditions. To protect against corrosive threats, the workpiece must be painted. *Painting* applications are governed by ISO 12944-2 regarding *painting* applications based on the environment of exposed steel structures and ISO 12944-5 describes the types of *painting* and *painting* systems used. This research was conducted in the manufacturing process of mine transport. After analyzing using the lean tool that is VSM (value stream mapping), it was found that there is a bottleneck process. The bottleneck process is in the *painting* process. Research continues using six sigma by going through several phases of DMAIC. Define identifies the cycle time process obtained, classifying it into Non-Value Added (NVA) or value-added activities, looking for waste in the form of waiting time, high handling time. The PCE value was obtained at 44.33%. The measurement is done by measuring the thickness of the paint. Calculation using the six-pack capability obtained CP 0.28 <1.3 and Kane's Capability index -0.59 <1.3 sigma level value obtained is sigma level 1 which is 961,238.75 This shows that the *painting* application process does not follow the specifications that have been determined, and this happens in all three layer done. Then Analisa uses fishbone to find out the cause of the problem, this phase is conducted FGD (Focus Group Discussion) with related departments and some experts. The Improvement Phase is carried out by making changes based on ISO 12944-2 and ISO 12944-5 references. The results obtained are better than the process before the repair was carried out. Process lead time is 50% faster, Value added increases by 50%, Total delay becomes 3.8 hours from 26.82 hours, Balance Delay decreases to 50% and line efficiency increases from 62% to 84.42%. The final control phase was carried out using the FMEA method from RPN values od 5740 to 120 by implementing the control plan that had been set.

Keywords: Lean, Six Sigma, DMAIC, Line Balancing, *Balance Delay*, *Efficiency*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN TESIS	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PERNYATAAN <i>SIMILARITY CHECK</i>	iv
PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS	v
KATA PENGANTAR	vi
PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	5
1.4 Batasan dan Asumsi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Painting.....	6
2.2 ISO 12944	6
2.3 Lean Manufacturing	9
2.4 Value Stream Mapping (VSM).....	11
2.5 Six Sigma	12
2.6 Dimensi kualitas	13
2.7 Lintasan Produksi	14
2.8 Keseimbangan Lintasan	15
2.8.1 Metode Bobot Posisi.....	15
2.8.2 Metode Pendekatan Wilayah	16
2.8.3 Waktu Siklus Stasiun Kerja	16

2.8.4	Menentukan Jumlah Stasiun	16
2.8.5	<i>Menentukan Balance Delay</i>	16
2.8.6	Menentukan Efisiensi Lintasan	17
2.9	Pengukuran waktu kerja	17
2.9.1	Tes Keseragaman Data.....	17
2.9.2	Waktu Siklus Tiap Operasi	17
2.9.3	Menentukan Performance Rating	17
2.9.4	Waktu Normal.....	18
2.9.5	Menentukan Allowance Time	18
2.9.6	Waktu Baku	19
2.10	Failure Mode Effect Analysis (FMEA).....	19
2.11	Penelitian Terdahulu.....	20
2.12	Kerangka Pemikiran.....	22
BAB III METODE PENELITIAN		23
3.1	Jenis dan Desain Penelitian	23
3.2	Jenis dan Sumber Data	23
3.3	Teknik Pengumpulan Data	24
3.4	Populasi dan Sampel	24
3.5	Langkah-Langkah Penelitian.....	25
3.6	Analisis Data	26
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Pengumpulan Data	27
4.2	Pengolahan Data	27
4.3	Analisa Data.....	27
4.3.1	Data Kinerja Proses Painting	27
4.3.1.1	Peta Proses Operasi Painting.....	27
4.3.1.2	Data Waktu Baku Operasi Painting Saat ini	29
4.3.1.3	Data Pengaturan Stasiun Kerja Saat Ini.....	30
4.3.1.4	Data Sample Ketebalan Cat Kondisi.....	31
4.3.2	Analisa Kinerja Proses Painting.....	33
4.3.2.1	Process Cycle Efficiency	33
4.3.2.2	Line Balancing Efficiency	35

4.3.2.3	Value Stream Mapping	38
4.3.2.4	Analisa Kapabilitas Proses.....	40
4.4	Pembahasan.....	46
4.4.1	Define.....	46
4.4.2	Measure.....	47
4.4.3	Analyze	47
4.4.4	Implementasi Usulan Perbaikan.....	51
4.4.5	Analisa Perbaikan Berkelanjutan	51
4.4.6	Control Plan.....	52
4.4.7	Analisa Potensi Penghematan Biaya Setelah Perbaikan	53
BAB V KESIMPULAN & SARAN		55
5.1.	Kesimpulan.....	55
5.2.	Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN.....	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Penjualan Alat Berat Tambang (Data Industri, 2022)	1
Gambar 1. 2 Persentase penjualan alat berat (sumber : www.dataindustri.com).....	2
Gambar 1. 3 Profit Margin Tahun 2013-2017 (Perusahaan Alat Transportasi Tambang, 2022)	2
Gambar 1. 4 Value Stream Mapping Manufacture Area (Perusahaan Transportasi Tambang referensi, 2022)	3
Gambar 1. 5 Lost Time Painting (Kartika, 2020)	4
Gambar 2. 1 Prinsip Lean Manufacturing.....	9
Gambar 2. 2 Permasalahan Inkonsistensi dalam Manufaktur (Womack & Jones, 1997a)	10
Gambar 2. 3 Value Stream Mapping pada Produksi Alat Transportasi Tambang (Romero & Arce, 2017a).	12
Gambar 2. 4 Diagram Fishbone (Sirine et al., 2017).....	14
Gambar 2. 5 Kerangka Pemikiran.....	22
Gambar 2. 6 SOTA (State of Art).....	22
Gambar 3. 1 Langkah-Langkah Penelitian.....	25
Gambar 4. 1 Peta Process Operasi Painting Kondisi Saat Ini	28
Gambar 4. 2 Peta Proses Operasi Sistem Dua Lapisan	29
Gambar 4. 3 Tata Letak Area Painting.....	30
Gambar 4. 4 Peta Proses Operasi Sistem Dua Lapisan	36
Gambar 4. 5 Value Stream Mapping Kondisi Saat Ini.....	39
Gambar 4. 6 Value Stream Mapping (VSM) Future State	39
Gambar 4. 7 Process Capability Sixpack Lapisan ke-1	40
Gambar 4. 8 Normal Process Capability Sixpack Lapisan 1	41
Gambar 4. 9 Process Capability Sixpack Lapisan ke-2.....	42
Gambar 4. 10 Process Capability Sixpack Lapisan 2.....	43
Gambar 4. 11 Process Capability Sixpack Lapisan ke-3	44
Gambar 4. 12 Fishbone Diagram Bottleneck Process.....	48
Gambar 4. 13 Fishbone Diagram Budget Over Specification.....	49
Gambar 4. 14 Fishbone Diagram Proses Berlebih.....	50
Gambar 4. 15 Grafik Biaya Material Setelah Perbaikan	54
Gambar 4. 16 Grafik Biaya Jasa Painting Setelah Perbaikan.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar ISO 12944 Berdasarkan Corrosivity Category (EN ISO 12944-2:2017, 2017).....	7
Tabel 2. 2 Standar Perlindungan Struktur Baja pada ISO 12944 C3 (EN ISO 12944-5, 2004).....	7
Tabel 2. 3 Standar Perlindungan Struktur Baja Berdasarkan Kategori ISO 12944 (EN ISO 12944-5, 2004)	8
Tabel 2. 4 Westing House's System Rating (Cahyawati & Munawar, 2018).....	18
Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu	20
Tabel 4. 1 Data Waktu Baku Proses Painting Kondisi Saat Ini	29
Tabel 4. 2 Pengaturan Stasiun Kerja Painting Saat Ini.....	30
Tabel 4. 3 Sampel Data Ketebalan Cat Saat Ini.....	31
Tabel 4. 4 Batas Spesifikasi Ketebalan Cat untuk Masing-masing Lapisan	32
Tabel 4. 5 Spesifikasi Ketebalan Cat Pada Sistem Dua Lapisan	32
Tabel 4. 6 Data Ketebalan Cat Sistem Dua Lapisan	32
Tabel 4. 7 Identifikasi Value Added dan Non Value Added Time.....	33
Tabel 4. 8 Elemen Kerja dan Waktu Baku Proses Painting Setelah Perbaikan	34
Tabel 4. 9 Analisa Keseimbangan Lintasan Saat Ini	35
Tabel 4. 10 RPW Setelah Perbaikan (Dua Lapisan Pengecatan).....	36
Tabel 4. 11 Analisa Penyeimbangan Lintasan Setelah Perbaikan (Dua Lapisan Pengecatan)	37
Tabel 4. 12 Rangkuman Analisa Perbaikan Lintasan Sebelum dan Setelah Perbaikan.....	38
Tabel 4. 13 Prosentase (%) Defect Ketebalan Cat Lapisan ke-1	40
Tabel 4. 14 Prosentase (%) Defect Ketebalan Cat Lapisan ke-2	42
Tabel 4. 15 Prosentase (%) Defect Ketebalan Cat Lapisan ke-3	44
Tabel 4. 16 Rangkuman hasil pengolahan data ketebalan cat kondisi saat ini	45
Tabel 4. 17 Rangkuman Prosentase (%) Defect Ketebalan Cat.....	45
Tabel 4. 18 Ringkasan Analisa Kapabilitas Proses Saat Ini	45
Tabel 4. 19 Rangkuman Statistik Kapabilitas Proses Sistem Dua Lapisan.....	45
Tabel 4. 20 Ringkasan Analisa Kapabilitas Proses Setelah Perbaikan.....	45
Tabel 4. 21 Analisa Kinerja Proses Painting Sebelum	47
Tabel 4. 22 Analisa 5W1H Bottle Neck Process	48
Tabel 4. 23 Analisa 5W1H Budget Over Specification	49
Tabel 4. 24 Analisa 5W1H Ketebalan Cat yang Berlebih.....	50
Tabel 4. 25 Failure Mode and Efect Analysis Tanpa Control Plan	52
Tabel 4. 26 Failure Mode and Effect Analysis Dengan Control Plan	52