

**PENERAPAN *LEAN MANUFACTURING* DAN *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)* UNTUK MEMINIMASI WASTE  
PADA PROSES PRODUKSI BATU KAPUR  
(STUDI KASUS : PT. REMBANG BANGUN PERSADA)**



**Disusun Oleh :**

**ENI SETYANINGSIH**

**31601700040**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2024**

**PENERAPAN *LEAN MANUFACTURING* DAN *FAILURE MODE AND  
EFFECT ANALYSIS (FMEA)* UNTUK MEMINIMASI WASTE  
PADA PROSES PRODUKSI BATU KAPUR  
(Studi Kasus PT. Rembang Bangun Persada)**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Laporan Tugas Akhir Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana S – 1 Pada Prodi Teknik Industri Universitas Islam Sultan Agung  
Semarang



**Disusun Oleh:**

**ENI SETYANINGSIH**

**31601700040**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2024**

***APPLICATION OF LEAN MANUFACTURING AND FAILURE MODE AND  
EFFCET ANALYSIS (FMEA) TO MINIMIZE WASTE  
ON THE LIME STONE PRODUCTION PROCESS  
(Case Study of PT. Rembang Bangun Persada)***

***FINAL REPORT***

*Final Assignment Report Prepared as One of the Requirements for Obtaining a  
Bachelor's Degree - 1 in the Industrial Engineering Study Program, Sultan Agung  
Islamic University, Semarang*



***Arranged by:***

**ENI SETYANINGSIH**

**31601700040**

***DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING  
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY  
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY  
SEMARANG***

**2024**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan tugas akhir dengan judul "PENERAPAN *LEAN MANUFACTURING* DAN *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)* UNTUK MEMINIMASI *WASTE* PADA PROSES PRODUKSI BATU KAPUR (Studi Kasus : PT. Rembang Bangun Persada)"

Nama : Eni Setyaningsih

NIM : 31601700040

Program Studi : S1 – Teknik Industri

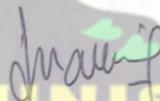
Telah disahkan dan disetujui oleh pembimbing pada :

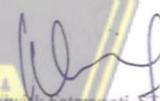
Hari :

Tanggal :

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Ir. Novi Marlina, ST., MT., IPU, ASEAN, Eng

  
Wiwiek Fatmawati, ST., M.Eng

NIDN.00-1511-7601

NIDN.06-2210-7301

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri



Wiwiek Fatmawati, ST., M.Eng

NIK.210-600-021

## HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Laporan tugas akhir dengan judul “PENERAPAN *LEAN MANUFACTURING* DAN *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)* UNTUK MEMINIMASI *WASTE* PADA PROSES PRODUKSI BATU KAPUR (Studi Kasus : PT. Rembang Bangun Persada)” ini telah dipertahankan di depan Penguji Sidang Tugas Akhir pada :

Hari :

Tanggal :

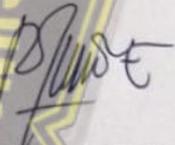
TIM PENGUJI

Ketua Penguji

Anggota

  
Nuzulia Khoiriyah, ST., MT

NIDN.06-2405-7901

  
Rieska Ernawati, ST., MT

NIDN.06-0809-9201

UNISSULA

جامعة سلطان أبجويج الإسلامية

## SURAT PERYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Eni Setyaningsih

Nim : 3160170040

Judul Tugas Akhir : "PENERAPAN *LEAN MANUFACTURING* DAN *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA) UNTUK MEMINIMASI WASTE PADA PROSES PRODUKSI BATU KAPUR (Studi Kasus : PT. Rembang Bangun Persada)"

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul dan isi tugas akhir yang telah saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan strata satu (S - 1) Teknik Industri tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali secara tertulis dicantumkan dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul tugas akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh pertanggung jawaban.

Semarang, 10 Juni 2024

Yang Menyatakan,

  
UNISSULA  
جامعة سلطان أبجوج الإسلامية

Eni Setyaningsih

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Eni Setyaningsih

NIM : 3160170040

Program Studi : S1 – Teknik Industri

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan karya ilmiah berupa tugas akhir dengan judul : “PENERAPAN *LEAN MANUFACTURING* DAN *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA) UNTUK MEMINIMASI *WASTE* PADA PROSES PRODUKSI BATU KAPUR (Studi Kasus : PT. Rembang Bangun Persada)”. Menyetujui merupakan hak milik Universitas Islam Sultan Agung Semarang serta memberikan hak bebas royalti non-eksklusif untuk disimpan, dialih mediakan, dikelola dan pengakalan data publikasi di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai hak milik pencipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh – sungguh, apabila nanti terbukti ada pelanggaran hak cipta, maka segala tuntutan hukum akan timbul saya akan bertanggung jawab secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Semarang, 10 Juni 2024

Yang menyatakan,



Eni Setyaningsih

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas Akhir Ini Saya Persembahkan Untuk :

Diri Saya Sendiri

Kedua Orang Tua Tercinta dan Keluarga

Do'a, bimbingan dan dukungan semangat sehingga saya bisa mencapai di titik ini dan bangga atas di raihya gelar Sarjana Teknik. Terimakasih tiada henti atas segala do'a yang telah dipanjatkan pada setiap harinya selama ini.



## HALAMAN MOTTO

“Jangan Lupa Bersyukur”

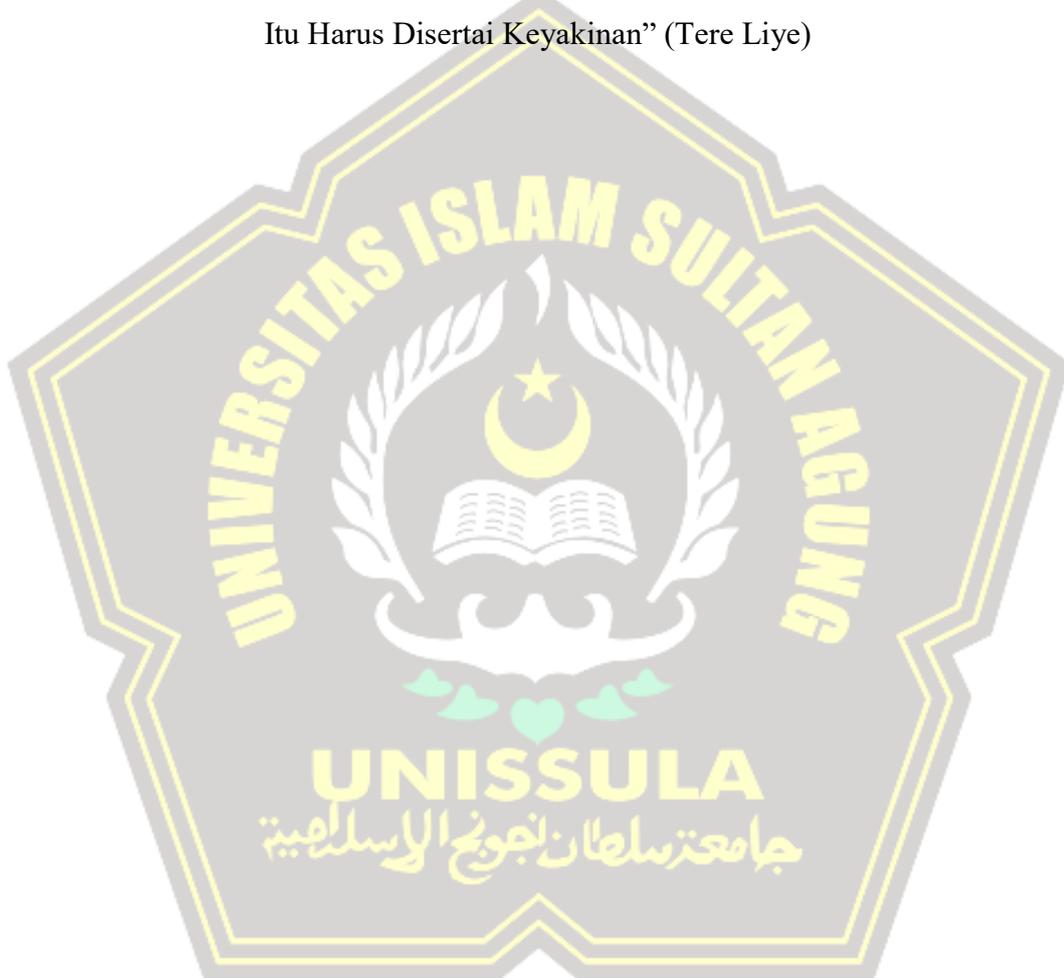
“Allah Tidak Membebani Seseorang Melainkan Sesuai Dengan Kesanggupannya”

(Q.S Al-Baqarah : 286)

“Segala Sesuatu Yang Baik, Selalu Datang Disaat Terbaiknya. Persis Waktunya.

Tidak Datang Lebih Cepat Pun Tidak Lebih Lambat. Itulah Kenapa Rasa Sabar

Itu Harus Disertai Keyakinan” (Tere Liye)



## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah, syukur kehadiran kepada Allah SWT atas segala rahmat, karunia, taufiq dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “Penerapan *Lean Manufacturing* Dan *Failure Mode And Effect Analysis (Fmea)* Untuk Meminimasi *Waste* Pada Proses Produksi Batu Kapur (Studi Kasus : Pt. Rembang Bangun Persada)”. Tidak lupa shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW.

Laporan tugas akhir merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa untuk meraih gelar sarjana (S1) di Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas mendapat bantuan dari berbagai pihak. Dengan rasa setulus hati, penulis ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan ridhonya serta memberikan kelapangan hati dan pikiran dalam menimba ilmu
2. Bapak dan Ibu saya, terimakasih atas semua pengorbanan, dukungan material dan non material, semangat dan do'a – do'a yang setiap hari dipanjatkan.
3. Terimakasih kepada Dosen Pembimbing saya Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, ST, MT, IPU, ASEAN.Eng dan Ibu Wiwiek Fatmawati yang telah membantu dan membimbing dengan sabar sampai laporan tugas akhir ini terselesaikan.
4. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, ST, MT, IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan di Fakultas Teknologi Industri beserta jajarannya.
5. Ibu Wiwiek Fatmawati, ST., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Industri.
6. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Industri, yang telah membimbing dan memberikan ilmu kepada saya selama masa perkuliahan.
7. Staff dan Karyawan Fakultas Teknologi Industri yang sudah membantu dalam segala urusan tugas akhir mulai dari surat permohonan penelitian sampai sidang.

8. Bapak Nur Ahmad Sodiq, ST selaku kepala tambang di PT. Rembang Bangun Persada yang telah banyak memberikan penjelasan yang dibutuhkan selama pelaksanaan penyusunan Laporan Penelitian Tugas Akhir
9. Teman – teman Teknik Industri 2017, atas motivasi dan semangatnya selama ini.
10. Serta semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu disini yang telah memberikan dukungan dan doa dalam proses penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan Tugas Akhir ini, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca masih sangat diharapkan. Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat dikembangkan kembali dan bermanfaat bagi banyak orang. Amiin...  
*Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.*

Semarang, 10 Juni 2024

Penulis,

Eni Setyaningsih

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
<i>FINAL REPORT</i> .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI .....	v
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	vi
PERNYATAAN PUBLIKASI ILMIAH .....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	viii
HALAMAN MOTTO .....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xix
ABSTRAK .....	xx
<i>ABSTRACT</i> .....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Landasan Teori .....	15
2.2.1 Proses Produksi.....	15
2.2.2 Jenis – Jenis Proses Produksi.....	15
2.2.3 <i>Time Study</i> .....	16
2.2.4 Pengukuran Waktu Kerja Dengan Jam Henti ( <i>Stopwatch</i> ).....	16

2.2.5	Uji Kecukupan Data.....	17
2.2.6	Uji Keseragaman Data.....	18
2.2.7	Pengukuran Waktu Rata – Rata (Ws).....	18
2.2.8	<i>Lean Manufacturing</i> .....	19
2.2.9	Pemborosan ( <i>Waste</i> ) .....	20
2.2.10	Jenis – Jenis <i>Waste</i> .....	20
2.2.11	Pengertian VA, NVA dan NNVA .....	21
2.2.12	<i>Value Stream Mapping</i> (VSM).....	21
2.2.13	<i>Waste Assessment Model</i> (WAM) .....	23
2.2.14	<i>Seven Waste Relationship</i> .....	24
2.2.15	<i>Waste Relationship Matrix</i> (WRM).....	27
2.2.16	<i>Waste Assessment Questionnaire</i> (WAQ) .....	30
2.2.17	<i>Value Stream Analysis Tools</i> (VALSAT).....	35
2.2.18	<i>Failure Mode And Effcet Analysis</i> (FMEA).....	38
2.2.19	<i>Fishbone Diagram</i> .....	41
2.3	Hipotesa dan Kerangka Teoritis .....	43
2.3.1	Hipotesa .....	43
2.3.2	Kerangka Teoritis .....	44
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>45</b>
3.1	Objek Penelitian.....	45
3.2	Teknik Pengumpulan Data.....	45
3.3	Pengujian Hipotesa .....	46
3.4	Metode Analisis .....	46
3.5	Pembahasan .....	47
3.6	Penarikan Kesimpulan .....	47
3.7	Diagram Alir Penelitian .....	47
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>49</b>
4.1	Pengumpulan Data.....	49
4.1.1	Gambaran Umum Perusahaan .....	49
4.1.2	Urutan Proses Produksi.....	51
4.1.3	Data Proses Produksi .....	56

4.1.4	Data Permintaan dan Realisasi Produk.....	56
4.1.5	Data Penggunaan Material.....	57
4.1.6	Jumlah Tenaga Kerja .....	58
4.1.7	Jam Kerja dan Jumlah Jam Produksi .....	58
4.1.8	Data Waktu Pengukuran .....	58
4.2	Pengolahan Data .....	62
4.2.1	Uji Kecukupan Data.....	62
4.2.2	Uji Keseragaman Data .....	68
4.2.3	Perhitungan Waktu Rata – Rata (Ws).....	74
4.2.4	Pembuatan <i>Current State Mapping</i> .....	78
4.2.5	Pembuatan Peta Untuk Kategori Pada Setiap Proses.....	85
4.2.6	Membuat <i>Current State Mapping</i> .....	86
4.2.7	Identifikasi Pemborosan ( <i>Waste</i> ).....	88
4.2.8	Pembobotan <i>Waste Relationship Matrix</i> (WRM).....	95
4.2.9	<i>Waste Assessment Questionnaire</i> (WAQ) .....	97
4.2.10	<i>Value Stream Analysis Tools</i> (VALSAT).....	108
4.2.11	<i>Proses Activity Mapping</i> (PAM) .....	111
4.2.12	Identifikasi Penyebab Timbulnya <i>Waste</i> Dengan <i>Fishbone Diagram</i> .....	117
4.2.13	<i>Failure Mode And Effect Analysis</i> (FMEA).....	122
4.3	Penentuan <i>Future State Mapping</i> .....	128
4.4	Analisa .....	132
4.4.1	Analisa VA, NVA dan NNVA Pada <i>Current State Value Stream Mapping</i> .....	132
4.4.2	Analisa Hasil Identifikasi <i>Waste</i> .....	134
4.4.3	Analisa <i>Waste Relationship Matrix</i> (WRM) .....	135
4.4.4	Analisa <i>Waste Assessment Questionnaire</i> (WAQ).....	135
4.4.5	Analisa Hasil <i>Value Stream Analysis Tools</i> (VALSAT) .....	136
4.4.5	Analisa Usulan Perbaikan.....	138
4.5	Pembuktian Hipotesa .....	140
4.5.1	Kecepatan Proses Produksi.....	141

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>143</b>
5.1 Kesimpulan .....	143
5.2 Saran .....	144
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>145</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Hambatan Yang Mempengaruhi Proses Produksi Batu Kapur.....	2
Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka.....	11
Tabel 2.2 Simbol Pada <i>Value Stream Mapping</i> .....	22
Tabel 2.3 Kriteria Untuk Pembobotan Kekuatan <i>Waste Relationship</i> .....	27
Tabel 2.4 Contoh Perhitungan Keterkaitan Antar <i>Waste</i> .....	28
Tabel 2.5 Konversi Rentang Skor Keterkaitan <i>Waste</i> Ke Simbol WRM .....	29
Tabel 2.6 Contoh <i>Waste Relationship Matrix</i> (WRM) .....	29
Tabel 2.7 Contoh <i>Waste Relationship Matrix Value</i> .....	30
Tabel 2.8 Contoh Pertanyaan Kuesioner WAQ .....	31
Tabel 2.9 <i>No Of Question</i> (Ni).....	31
Tabel 2.10 Contoh Hasil Dari Pembagian Bobot Awal WRM Dengan Nilai Ni..	32
Tabel 2.11 Contoh Bobot Hasil WRM Dibagi Dengan Jumlah Pertanyaan .....	33
Tabel 2.12 Contoh Perhitungan Nilai Akhir Untuk Setiap Tipe Pemborosan .....	34
Tabel 2.13 <i>Value Stream Analysis Tools</i> (VALSAT) .....	38
Tabel 2.14 Parameter <i>Severity</i> (S).....	40
Tabel 2.15 Parameter <i>Occurrence</i> (O).....	40
Tabel 2.16 Parameter <i>Detection</i> (D) .....	41
Tabel 4.1 Data Proses Produksi Batu Kapur Tahun 2022 PT. Rembang Bangun Persada .....	56
Tabel 4.2 Data Permintaan Dan Realisasi Produk Dari Pembeli Batu Kapur Tahun 2022 PT. RBP .....	56
Tabel 4.3 Data Penggunaan Material Tahun 2022 PT. Rembang Bangun Persada .....	57
Tabel 4.4 Data Jumlah Tenaga Kerja di PT. Rembang Bangun Persada.....	58
Tabel 4.5 Waktu Pengamatan Aktivitas Proses Operasi (Menit).....	58
Tabel 4.6 Waktu Pengamatan Aktivitas Transportasi (Menit).....	60
Tabel 4.7 Waktu Pengamatan Aktivitas <i>Setup</i> Mesin (Menit).....	61
Tabel 4.8 Uji Kecukupan Data Proses Operasi Tahap Penambangan .....	62
Tabel 4.9 Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Waktu Proses Operasi .....	63

Tabel 4.10 Uji Kecukupan Data Waktu Transportasi <i>Dump Truck</i> Memuat Material Dari Lokasi Pertambangan Menuju Ke Jembatan Timbang.....	64
Tabel 4.11 Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Waktu Transportasi .....	65
Tabel 4.12 Uji Kecukupan Data Waktu <i>Setup</i> Mesin <i>Hopper</i> .....	66
Tabel 4.13 Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Waktu <i>Setup</i> Mesin .....	67
Tabel 4.14 Uji Keseragaman Data Operasi Pada Tahap Penambangan.....	68
Tabel 4.15 Rekapitulasi Uji Keseragaman Data Waktu Proses Operasi.....	69
Tabel 4.16 Uji Keseragaman Data Waktu Transportasi <i>Dump Truck</i> Memuat Material Dari Lokasi Pertambangan Menuju Ke Jembatan Timbang.....	70
Tabel 4.17 Rekapitulasi Uji Keseragaman Data Waktu Transportasi.....	72
Tabel 4.18 Uji Keseragaman Data Waktu <i>Setup</i> Mesin <i>Hopper</i> .....	73
Tabel 4.19 Rekapitulasi Uji Keseragaman Data Waktu <i>Setup</i> Mesin.....	74
Tabel 4.20 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Waktu Rata – Rata (Ws) Proses Operasi .....	75
Tabel 4.21 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Waktu Rata – Rata (Ws) Proses Transportasi.....	76
Tabel 4.22 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Waktu Rata – Rata (Ws) Proses Transportasi.....	78
Tabel 4.23 Pengelompokan Data .....	79
Tabel 4.24 Klasifikasi VA, NVA dan NNVA.....	83
Tabel 4.25 Penjelasan Hubungan Pemborosan ( <i>Waste</i> ).....	90
Tabel 4.26 Konversi Rentang Skor Simbol Huruf WRM.....	92
Tabel 4.27 Rekapitulasi Skor <i>Waste Relationship Matrix</i> .....	93
Tabel 4.28 <i>Waste Relationship Matrix</i> (WRM) .....	95
Tabel 4.29 <i>Waste Relationship Matrix Value</i> .....	95
Tabel 4.30 Hasil Persentase <i>Waste Relationship Matrix</i> (WRM).....	96
Tabel 4.31 Pengelompokan dan Perhitungan Pertanyaan .....	98
Tabel 4.32 Bobot Awal Yang Diperoleh Dari WRM <i>Value</i> .....	98
Tabel 4.33 Pembobotan Berdasarkan Nilai (Ni) .....	101
Tabel 4.34 Pembobotan <i>Waste</i> Berdasarkan Bobot Setiap Jawaban .....	104
Tabel 4.35 Rekapitulasi Hasil Berdasarkan WAQ.....	107

Tabel 4.36 Pemilihan <i>Mapping Tools</i> .....	109
Tabel 4.37 Hasil Perhitungan Pemilihan <i>Mapping Tools</i> VALSAT .....	110
Tabel 4.38 <i>Process Activity Mapping</i> (PAM) .....	113
Tabel 4.39 Rekapitulasi <i>Tools Process Activity Mapping</i> (PAM) .....	116
Tabel 4.40 Rekapitulasi Presentase VA, NVA dan NNVA .....	116
Tabel 4.41 FMEA <i>Waste Waiting</i> .....	123
Tabel 4.42 FMEA <i>Waste Transportation</i> .....	124
Tabel 4.43 Rekapitulasi Usulan Perbaikan FMEA .....	126
Tabel 4.44 Rincian Estimasi Perhitungan Minimasi NVA .....	128
Tabel 4.45 Rincian Perhitungan Minimasi Terhadap NNVA .....	129
Tabel 4.46 Klasifikasi VN, NVA dan NNVA .....	132
Tabel 4.47 Hasil Persentase <i>Waste Relationship Matrix</i> (WRM) .....	135
Tabel 4.48 Ranking Hasil Perhitungan WAQ .....	136
Tabel 4.49 Hasil Analisis <i>Tools</i> VALSAT .....	137
Tabel 4.50 Klasifikasi Tiap Aktivitas .....	138
Tabel 4.51 Klasifikasi VA, NVA dan NNVA .....	138
Tabel 4.52 Perbandingan CSVM dan FSVSM .....	141



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Fishbone Diagram</i> .....	43
Gambar 2.2 Kerangka Teoritis .....	44
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	48
Gambar 4.1 Peta Batas Administrasi Kabupaten Rembang dan Lokasi PT. RBP	50
Gambar 4.2 Bagan Struktur Organisasi PT. Rembang Bangun Persada.....	50
Gambar 4.3 Pengeboran Permukaan Tambang Batu Kapur .....	51
Gambar 4.4 Proses Peledakan Batu Kapur .....	51
Gambar 4.5 Proses Penambangan Batu Kapur .....	52
Gambar 4.6 Proses Pemuatan Batu Kapur Menggunakan <i>Dump Truck</i> .....	52
Gambar 4.7 Proses Pengangkutan Batu Kapur Menggunakan <i>Wheel Loader</i> .....	53
Gambar 4.8 <i>Hopper</i> .....	53
Gambar 4.9 <i>Vibrating Grizzly Feeder</i> .....	54
Gambar 4.10 <i>Jaw Crusher</i> .....	54
Gambar 4.11 <i>Cone Crusher</i> .....	55
Gambar 4.12 <i>Vibrating Screen</i> .....	55
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Nilai VA, NVA dan NNVA.....	85
Gambar 4.14 Peta Bagian Proses Penambangan.....	86
Gambar 4.15 <i>Current State Mapping</i> .....	87
Gambar 4.16 Grafik <i>Ranking Waste</i> .....	108
Gambar 4.17 Grafik Peringat Pemilihan <i>Tools VALSAT</i> .....	111
Gambar 4.18 <i>Fishbone Diagram</i> Penyebab Terjadinya <i>Waste Waiting</i> .....	118
Gambar 4.19 <i>Fishbone Diagram</i> Penyebab Terjadinya <i>Waste Transportation</i> ..	120
Gambar 4.20 <i>Future State Mapping</i> .....	131
Gambar 4.21 Diagram Aktivitas .....	134

## ABSTRAK

PT. Rembang Bangun Persada merupakan perusahaan afiliasi dari PT BANGUN ARTA MINERAL, produsen batu kapur dan turunannya. PT. Rembang Bangun Persada menghasilkan produk batu kapur sebagai berikut : Ukuran gumpalan 40-60 mm, 30-50 mm dan 10-25 mm. Ukuran halus 3,00-4,50 mm, 2,00-3,50 mm dan 1,00-3,50 mm. Ukuran bubuk 100 *mesh* dan 200 *mesh*. Dalam proses produksinya PT. Rembang Bangun Persada mengalami kendala diantaranya waktu proses produksi yang diakibatkan karena adanya hambatan. Hambatan yang ada pada proses produksi yaitu pada Persiapan Awal, Akibat Material, Keterlambatan Alat Angkut (*Dump Truck*), Akibat *Belt Coveyor*, Akibat Mekanik, dan Akibat *Cleaning*. Hal ini yang mengakibatkan waktu proses produksi menjadi bertambah dan tidak sesuai dengan semestinya serta tidak mampu memenuhi target produksi yang sudah direncanakan. Adanya pemborosan (*waste*) akan mengakibatkan kerugian pada perusahaan. Pada rancangan *current state mapping* diketahui nilai VA sebesar 52,913 menit, total nilai NVA sebesar 45,24 menit, dan nilai NNVA sebesar 66,75 menit dengan total *lead time* sebesar 164,903 menit. Kemudian dilakukan identifikasi *waste* melalui pembuatan *value stream mapping* dan penyebaran kuesioner WAM untuk mendapatkan *waste* paling dominan yaitu *waste waiting* 21,22 %. Selanjutnya dilakukan analisa menggunakan VALSAT dengan *tools* PAM didapatkan proses waktu yang paling banyak adalah *operation* dengan 13 aktivitas dengan waktu 52,913 menit. Kemudian dilakukan identifikasi menggunakan *fishbone diagram* dan analisis FMEA pada *waste waiting* dan *transportation* serta dengan memberikan rekomendasi perbaikan. Setelah dilakukan perbaikan pada pembuatan *future state mapping* diperoleh nilai VA sebesar 52,913 menit, NVA sebesar 29,55 menit dan NNVA sebesar 60,75 menit dengan total *lead time* sebesar 143,13 menit. *Lead Time* berkurang sebanyak 21,733 menit.

**Kata Kunci :** *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Lean Manufacturing, Value Stream Mapping (VSM), Waste.*

## **ABSTRACT**

*PT. Rembang Bangun Persada is an affiliate company of PT BANGUN ARTA MINERAL, a producer of limestone and its derivatives. PT. Rembang Bangun Persada produces the following limestone products: Block sizes 40-60 mm, 30-50 mm and 10-25 mm. Fine sizes 3.00-4.50 mm, 2.00-3.50 mm and 1.00-3.50 mm. Powder size 100 mesh and 200 mesh. In the production process PT. Rembang Bangun Persada experienced problems including the production process time which was caused by obstacles. Obstacles that exist in the production process are Initial Preparation, Material Consequences, Delays in Transport Equipment (Dump Truck), Coveyor Consequences, Mechanical Consequences, and Cleaning Consequences. This results in the production process time increasing and not being as appropriate as it should be and unable to meet the planned production targets. Waste will result in losses for the company. In the current state mapping design, it is known that the VA value is 52.913 minutes, the total NVA value is 45.24 minutes, and the NNVA value is 66.75 minutes with a total lead time of 164.903 minutes. Then waste identification was carried out through creating value stream mapping and distributing WAM questionnaires to obtain the most dominant waste, namely waste waiting at 21.22%. Furthermore, analysis was carried out using VALSAT with PAM tools, it was found that the process with the most time was operation with 13 activities with a time of 52,913 minutes. Then, identification is carried out using a fishbone diagram and FMEA analysis on waiting and transportation waste and provides recommendations for improvement. After making improvements to the future state mapping, the VA value was 52.913 minutes, NVA was 29.55 minutes and NNVA was 60.75 minutes with a total lead time of 143.13 minutes. Lead Time reduced by 21,733 minutes.*

**Keywords :** *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Lean Manufacturing, Value Stream Mapping (VSM), Waste.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Proses produksi dalam perusahaan dapat dikatakan sebuah proses yang mengolah bahan baku menjadi produk jadi. Dalam memproduksi suatu barang ataupun jasa perusahaan akan berusaha untuk memenuhi keinginan konsumen. Suatu perusahaan harus mampu mengelola proses produksinya agar lebih efektif dan efisien. Untuk meningkatkan produktivitas, perusahaan harus bisa menentukan dan memilih kegiatan proses produksi yang dapat memberikan nilai tambah bagi produk serta mampu untuk mengurangi *waste* yang terjadi selama proses produksi (Ahyari, 1986).

Dalam perusahaan manufaktur terdapat aktivitas tidak bernilai tambah (*non value added*) atau pemborosan (*waste*) akan mengakibatkan pemakaian sumber daya energi, sumber daya manusia dan waktu yang semakin tinggi, pengaturan dan perencanaan yang tidak tepat pada stasiun kerja maka proses produksi menjadi tidak efisien, keterlambatan pengiriman produk dan pemborosan biaya yang biasa disebut *waste*. Pemborosan (*waste*) itu sendiri terbagi menjadi dua tipe, tipe pertama merupakan pemborosan yang tidak memberikan nilai tambah sepanjang aliran produksi namun aktivitas ini tidak dapat dihindari karena berbagai alasan, sedangkan tipe kedua merupakan pemborosan yang tidak memberi nilai tambah sama sekali dan harus dihilangkan (Gaspersz, 2007).

PT. Rembang Bangun Persada merupakan perusahaan afiliasi dari PT BANGUN ARTA MINERAL, produsen batu kapur dan turunannya yang berbasis di Surabaya, Jawa Timur. Kedua perusahaan tersebut adalah anggota BANGUN ARTA GROUP, yang pertama bertanggung jawab untuk kegiatan penggalan dan yang terakhir untuk pengembangan produk dan pemasaran. Rembang Bangun Persada telah mengoperasikan tambang batu kapur di pesisir Kabupaten Rembang di utara Jawa Tengah. Tambang ini meliputi area pegunungan kapur karst seluas 38 ha, dengan ketinggian hingga 450 meter di atas permukaan laut. Tambang ini dirancang untuk mencapai kapasitas produksi minimal 200.000 ton per tahun.

Alur proses produksinya dimulai dari proses penambangan batu kapur, kemudian diangkut oleh *dump truck* dibawa ketempat untuk diproduksi, dengan menggunakan alat *wheel loader* yang memuat material besar batu kapur diumpankan ke *jaw crusher* secara merata dan bertahap dengan mesin *feeder grizzly* melalui *hopper* untuk proses penghancuran *primer*. Setelah proses penghancuran pertama, material akan dipindahkan ke mesin *stone crusher* oleh *belt conveyor* untuk penghancuran *sekunder*. Bahan yang hancur kemudian akan ditransfer ke mesin *screen* untuk memisahkan. Setelah dipisahkan bagian – bagian yang dapat memenuhi standar akan diambil sebagai produk akhir. Sedangkan bagian yang lainnya akan dikembalikan ke *crusher* dampak, sehingga membentuk sirkuit tertutup. Dalam proses produksinya PT. Rembang Bangun Persada mengalami kendala diantaranya waktu proses produksi yang diakibatkan karena adanya hambatan. Berikut merupakan rincian hambatan yang mempengaruhi proses produksi :

**Tabel 1.1** Hambatan Yang Mempengaruhi Proses Produksi Batu Kapur

No.	Jenis Hambatan	Keterangan
1.	Persiapan Awal	Mengecek unit yang akan di operasikan, mempersiapkan alat/mesin pada <i>stone crusher</i>
2.	Akibat Material	Ukuran material yang akan masuk ke dalam mesin <i>hopper</i> tidak boleh melebihi <i>close side setting</i> (1.500 mm), material yang basah serta lengket dengan tanah akan sulit masuk ke dalam mesin peremuk dan berakibat macet
3.	Keterlambatan Alat Angkut ( <i>Dump Truck</i> )	Sopir <i>truck</i> tidak datang tepat waktu, terjadi pergantian <i>spare part</i> pada alat angkut serta kelebihan muatan
4.	Akibat <i>Belt Conveyor</i>	<i>Belt conveyor</i> terhenti karena ada beberapa faktor seperti sensor <i>chute</i> pada <i>belt conveyor</i> mati, perpindahan jalur <i>belt conveyor</i> , sambungan terkelupas, material yang bercampur tanah akan mengakibatkan terjadi penyumbatan karena penumpukan material
5.	Akibat Mekanik	Terjadi kerusakan komponen alat yang ada pada <i>crusher</i> atau <i>appron feeder</i> . Pembersihan material yang menempel pada mesin <i>hopper</i> , patahnya <i>grade bare</i> pada <i>crusher</i> .
6.	Akibat <i>Cleaning</i>	Pembersihan pada unit peremuk dari debu, tanah yang menempel didalam mesin.

Hal ini yang mengakibatkan waktu proses produksi menjadi bertambah dan tidak sesuai dengan semestinya serta tidak mampu memenuhi target produksi yang sudah direncanakan. Adanya pemborosan (*waste*) akan mengakibatkan kerugian pada perusahaan. Adapun Kerugian yang ditanggung oleh perusahaan, seperti kerugian dalam hal biaya, kurang maksimalnya jumlah produk yang dihasilkan.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi maka perlu adanya perbaikan yang diharapkan perusahaan dapat memahami proses produksi, aliran material dan informasi, serta mengidentifikasi dan menganalisa *waste* yang berpengaruh didalam proses produksi, menentukan *tools* yang digunakan pada proses produksi, dan menentukan rancangan perbaikan pada proses produksi sehingga lebih efektif dan efisien. Untuk dapat mengurangi kegiatan yang tidak mempunyai nilai lebih dan minimasi *waste* atau pemborosan.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apa saja jenis pemborosan (*waste*) yang terdapat pada proses produksi Batu Kapur Di PT. Rembang Bangun Persada?
2. Bagaimana mengidentifikasi penyebab terjadinya pemborosan (*waste*) yang terdapat pada proses produksi Batu Kapur Di PT. Rembang Bangun Persada?
3. Bagaimana usulan perbaikan untuk minimasi pemborosan (*waste*) pada proses produksi Batu Kapur Di PT. Rembang Bangun Persada?

### **1.3 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini sesuai dengan rumusan masalah, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Waktu penelitian dilakukan selama 3 bulan dimulai pada bulan September–November 2022.
2. Penelitian ini dilakukan terhadap proses produksi Batu Kapur di PT. Rembang Bangun Persada.
3. Penelitian hanya dilakukan sampai rekomendasi atau usulan perbaikan pada hasil identifikasi *waste* yang paling dominan pada proses produksi Batu Kapur di PT. Rembang Bangun Persada.

#### 1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada proses produksi Batu Kapur yang berpengaruh terhadap *waste* dominan Di PT. Rembang Bangun Persada.
2. Menentukan penyebab terjadinya pemborosan (*waste*) yang terdapat pada proses produksi Batu Kapur Di PT. Rembang Bangun Persada.
3. Memberikan usulan atau rekomendasi perbaikan untuk minimasi *waste* yang paling dominan yang telah diidentifikasi pada proses produksi Batu Kapur Di PT. Rembang Bangun Persada.

#### 1.5 Manfaat

Berdasarkan penelitian yang akan dilaksanakan maka adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Perusahaan  
Dapat mengetahui penyebab terjadinya pemborosan (*waste*) serta dapat memberikan rekomendasi perbaikan yang sesuai dengan kondisi yang ada di perusahaan dapat digunakan untuk minimasi pemborosan (*waste*) pada proses produksi Batu Kapur Di PT. Rembang Bangun Persada.
2. Bagi Peneliti  
Memberi kesempatan pada peneliti untuk menerapkan teori-teori yang telah dipelajari dan berfikir secara sistematis dalam memecahkan suatu masalah serta sebagai bahan referensi bagi peneliti lainnya yang akan melakukan atau pengkajian lebih lanjut.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan penyusunan laporan ini adalah sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini merupakan uraian tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan penyusunan laporan tugas akhir.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

Bab ini berisi tentang penjelasan mengenai tinjauan pustaka sebagai acuan untuk menetapkan hipotesis penelitian, menentukan metode yang tepat. Selain itu juga menjelaskan informasi tentang landasan teori, konsep dan dasar yang diperlukan dari referensi literatur–literatur untuk menyelesaikan permasalahan laporan penelitian ini.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi tahapan–tahapan yang dilakukan dalam penelitian yang meliputi objek penelitian, teknik pengumpulan data, pengujian hipotesa, metode analisis, pembahasan, teknik penarikan kesimpulan dan diagram alir.

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang hasil penelitian yang dilakukan di PT. Rembang Bangun Persada yaitu penerapan *Lean Manufacturing* dan *Failure Mode And Effect Analysis* untuk meminimasi *waste* pada proses produksi Batu Kapur.

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan berdasarkan hasil dari analisis dan pernyataan singkat tentang apa yang diperoleh atau dapat dibuktikan dari hipotesis serta saran atau usulan yang bermanfaat bagi perusahaan dan untuk penelitian selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

*Literature review* merupakan referensi–referensi yang berisi tentang teori, temuan dan penelitian terdahulu yang diperoleh dari bahan acuan untuk dijadikan landasan kegiatan penelitian untuk menyusun kerangka pemikiran yang jelas dari perumusan masalah yang ingin diteliti.

Menurut penelitian beberapa metode yang digunakan untuk minimasi *waste* atau suatu yang tidak memiliki nilai tambah yaitu dengan melalui penerapan *Lean Manufacturing* dan *Failure Mode Effect And Analysis* (FMEA) sebagai alat bantu mengidentifikasi dan menganalisa pemborosan (*waste*).

Berikut merupakan beberapa penelitian–penelitian terdahulu yang telah dilakukan. Berdasarkan jurnal penelitian pertama yang dilakukan oleh (Ristyowati, Muhsin, & Nurani, 2017) yang berjudul “Minimasi *Waste* Pada Aktivitas Proses Produksi Dengan Konsep *Lean Manufacturing* (Studi Kasus Di PT. *Sport Glove* Indonesia)”. Metode yang digunakan yaitu *Lean Manufacturing*. Berdasarkan analisis hasil penelitian maka kesimpulan yang didapat yaitu pemborosan yang terjadi dilantai produksi dalam bentuk cacat (*deffect*) terjadi pada proses jahit dengan persentase 76,8% dari total jumlah cacat (*deffect*) dan pemborosan (*waste*) *waiting* terjadi karena perbedaan *cycle time* pada proses jahit, sehingga usulan tindakan perbaikan dalam bentuk menambah pekerja pada proses jahit, melakukan *preventive maintenance*, melakukan pengarahan dan pengawasan kepada pekerja.

Berdasarkan jurnal penelitian kedua yang dilakukan oleh (Altayany, 2018) yang berjudul “Analisis Prioritas Perbaikan Guna Meminimasi *Waste* Dominan Pada Proses Produksi Dengan *Failure Mode Effect Analysis Analytical Hierarchy Process* (FMEA AHP) (Studi Kasus: PT. *Lezax Nesia Jaya*)”. Hasil dari penelitian diperoleh berdasarkan perhitungan *waste assessment model* didapatkan 3 jenis *waste* yang memiliki persentase tertinggi yaitu *waste defect* dengan persentase 22%, *waste inventory* dengan persentase 20,2% dan *waste*

*motion* dengan persentase 16%. Berdasarkan pemetaan dari *fishbone* diagram didapatkan faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya 3 *waste* tertinggi, diantaranya sebagai berikut: A. *Waste Defect* 1) *Material* : Bahan baku tidak baik (lolos inspeksi) 2) *Machine* : Perawatan mesin kurang 3) *Man* : Lembur dan kurang konsentrasi 4) *Method* : SOP yang kurang jelas 5) *Environment* : Lingkungan kotor dan suhu panas B. *Waste Inventory* 1) *Material* : Material sisa menumpuk, material model baru (langka) 2) *Machine* : Terdapat cadangan mesin 3) *Method* : Tempat penyimpanan tidak memadai C. *Waste Motion* 1) *Material* : Penempatan lokasi material tidak sesuai 2) *Machine* : Memperbaiki mesin yang rusak 3) *Man* : Mengelap keringat, dan tidak disiplin 4) *Method* : 5S kurang diterapkan di lingkungan kerja 5) *Environment* : Suhu panas. Berdasarkan perhitungan nilai RPN (*Risk Priority Number*) FMEA AHP yang telah dilakukan maka dapat diketahui prioritas perbaikan pada proses produksi untuk 3 *waste* tertinggi, diantaranya sebagai berikut: *Waste Defect* : Menambah jam istirahat, untuk kepala bagian diharapkan selalu melakukan pengawasan terhadap operator karena operator kurang konsentrasi. *Waste Inventory* : Memindahkan dokumen yang tidak digunakan tersebut ke tempat baru agar terdapat tempat yang bisa digunakan untuk material lain. *Waste Motion* : Mendesain rancangan mengenai tempat penaruhan material yang tingginya disesuaikan dengan kebutuhan operator karena penempatan lokasi material tidak sesuai dan pemberian label pada tempat alat sehingga alat tersebut mudah untuk dicari.

Berdasarkan jurnal penelitian ketiga yang dilakukan oleh (Kurniawan & Hariastuti, 2020) yang berjudul “Implementasi *Lean Manufacturing* pada Proses Produksi untuk Mengurangi *Waste* Guna Lebih Efektif dan Efisien”. Hasil dari penelitian diperoleh adalah dari jenis *waste* yang terjadi dalam proses produksi cat dapat diketahui bahwa jenis *waste defect* merupakan jenis *waste* yang paling sering terjadi dalam proses produksi dengan nilai sebesar 4.12 selanjutnya adalah *innapropriate processing* dengan nilai sebesar 2.62. *Tools* yang digunakan dalam penerapan *Lean Manufacturing* di proses produksi cat adalah *Process Activity Mapping* dengan memiliki nilai sebesar 73.59 digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas yang bernilai tambah maupun yang tidak bernilai tambah dan *Quality*

*filter Mapping* digunakan untuk mengidentifikasi jenis kesalahan yang ada pada proses produksi. Dari *tools* yang telah digunakan, maka didapatkan rekomendasi perbaikan pada proses produksi. Usulan perbaikan pada proses produksi berkaitan dengan *Lean Manufacturing* pada *Process Activity Mapping*. Pada proses produk jadi dibutuhkan waktu selama 21361.6 detik dengan mengeliminasi 5 aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah. Dengan mengeliminasi kegiatan yang tidak memiliki nilai tambah maka didapatkan hasil perbaikan untuk total waktu produksi menjadi 20717.8 detik. Sehingga jumlah waktu keseluruhan setelah perbaikan dapat diturunkan sebesar 643.8 detik atau meminimalkan waktu sebesar 3.01% dari waktu sebelum perbaikan. Dan pada *Quality Filter Mapping* rekomendasi perbaikan dengan berdasarkan *improve* dari *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA).

Berdasarkan jurnal penelitian keempat yang dilakukan oleh (Havi, Lubis, & Yanuar, 2018) yang berjudul “Penerapan Metode 5S Untuk Meminimasi *Waste Motion* Pada Proses Produksi Kerudung Instan Di CV. XYZ Dengan pendekatan *Lean Manufacturing*”. Maka kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian dengan pendekatan *lean manufacturing*, dilakukan pemetaan dan identifikasi pada *value stream mapping* dan *process activity mapping*. Pada pemetaan *value stream mapping* didapatkan nilai *lead time* sebesar 4727,55 detik. Pada identifikasi *process activity mapping* didapatkan adanya *waste motion* sebesar 24%. Sehingga perlu adanya perbaikan untuk meminimasi *waste motion* pada proses produksi kerudung instan. Mengidentifikasi akar penyebab *waste motion* menggunakan *tools lean manufacturing*, yaitu *fishbone diagram* dan 5 *whys*. Untuk menyelesaikan penyebab dari *waste motion* dengan menerapkan metode 5S. Pada usulan perbaikan untuk meminimasi *waste motion* dengan menerapkan *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu*, dan *shitsuke* hampir di seluruh *workstation*. Dari usulan rancangan perbaikan yang dibuat, kemudian memetakan proses produksi pada *value stream mapping future state* dan didapatkan hasil *lead time* yang berkurang menjadi 4561,60 detik.

Berdasarkan jurnal penelitian kelima yang dilakukan oleh (Fauzi & Safirin, 2021) yang berjudul “Analisis Pengendalian Kualitas Dengan

Menggunakan Metode *Lean Six Sigma* Di PT. XYZ”. Hasil penelitian dari pengolahan data menggunakan pendekatan *Lean Six Sigma* yaitu : jenis *waste* yang teridentifikasi dengan perhitungan *Value Stream Activity* dan didapatkan VA dengan presentase sebesar 84,4%, NVA sebesar 1,0% serta NNVA sebesar 14,5%. Dari hasil *output* produksi pada bulan Desember 2019 sampai November 2020 sebesar 2.650.200 dus, jumlah cacat sebesar 21.056 dus dengan tingkat rata rata *sigma* sebesar 4,38, sedangkan pada FMEA diketahui *defect* terbesar adalah Flek dengan nilai RPN sebesar 504 dan usulan perbaikan agar menempatkan operator tingkat lanjutan dan telah melalui tahap rekrutmen serta pada kualifikasi unggul pada satu mesin sesuai dengan *skillnya* yang memahami S.O.P dan operator diberikan kenyamanan yang baik dalam proses produksi.

Berdasarkan jurnal penelitian keenam yang dilakukan oleh (Saputra, 2021) yang berjudul “Usulan Penerapan *Lean Manufacturing* Dengan Menggunakan WAM dan VALSAT Untuk Meminimumkan *Waste* Pada Proses Produksi (Studi Kasus : CV. BIIL & SEN)”. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang didapat yaitu dengan pendekatan *lean manufacturing*, adalah VSM, WAM dan VALSAT. Pada pembuatan *current state mapping* diketahui VA 1802,2 detik, NVA 1121,3 detik dan NNVA 1428,5 detik dengan total *leadtime* 4.352 detik. Hasil dari identifikasi *waste* menggunakan WAM diperoleh peringkat terbesar hingga terkecil yaitu peringkat pertama yaitu *waste defect* 18,65% dan peringkat terakhir yaitu *waste inappropriate processing* 4,45%. Dari hasil pengolahan menggunakan VALSAT diperoleh *tools* PAM terbesar yaitu *operation* 41%. Kemudian dilakukan usulan perbaikan yaitu dengan Pengadaan pelatihan kerja, Penerapan *autonomous maintenance*, Perbaikan lantai produksi (*layout*), Penambahan alat bantu *material handling*, dan Penambahan *man power*. Setelah dilakukan perbaikan, pada pembuatan *future state mapping* diperoleh nilai VA 1802,2 detik, NVA 560,6 detik , dan NNVA 1259,1 detik dengan total *leadtime* 3.621,9 detik. Dari data tersebut terjadi pengurangan waktu NVA 50% dan NNVA 1,90%.

Berdasarkan jurnal penelitian ketujuh yang dilakukan oleh (Ma'ruf, Marlyana, & Sugiyono, 2021) yang berjudul “Analisis Penerapan *Lean*

*Manufacturing Dengan Metode Valsat Untuk Memaksimalkan Produktivitas Pada Proses Operasi Crusher (Studi Kasus Di PT. Semen Gresik Pabrik Rembang)*”. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang didapat yaitu hasil identifikasi *waste* menggunakan WRM, bahwa nilai *from Inappropriate processing* memiliki persentase tertinggi yaitu 24,59 %. Dari hasil persentase tersebut *waste Inappropriate processing* berpengaruh dan menyebabkan terjadinya *waste* yang lain. Sedangkan nilai *to waiting* memiliki persentase tertinggi yaitu 22,13 %. Hal tersebut mengindikasikan bahwa *waste waiting* paling banyak diakibatkan oleh *waste* yang lain. Berdasarkan hasil identifikasi *waste* menggunakan WAQ didapatkan *waste* dengan peringkat dua terbesar, yaitu *waiting* 24,42% , dan *motion* 17,22 %. Berdasarkan PAM maka didapat waktu aktivitas yang tidak bernilai tambah (NVA) 630 menit / 3 shift dengan menghasilkan jumlah *tonase* 13.125 ton dan setelah adanya usulan perbaikan , waktu NVA berkurang menjadi 138 menit / 3 *shift*, sehingga jumlah *tonase* yang dihasilkan 25.425 ton.

Berdasarkan jurnal penelitian kedelapan yang dilakukan oleh (Pratama, 2022) yang berjudul “Usulan Perancangan *Lean Manufacturing* Dengan Metode VALSAT Pada *Line* Produksi Mebel Untuk Meminimasi *Waste* Di CV. Ara Samudra”. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan dengan metode *Lean Manufacturing* adalah VSM, WAM dan VALSAT. Pada pembuatan CSM nilai VA 5932,05 detik, NVA 2113,08 detik dan NNVA 1140,11 detik dengan total *leadtime* sebesar 9185,24 detik. Identifikasi *waste* menggunakan WAM diperoleh peringkat pertama yaitu *waste Transportation* sebesar 24,02% dan peringkat terakhir yaitu *waste Procces* sebesar 3,55%. Dari hasil pengolahan menggunakan VALSAT diperoleh *tools* PAM terbesar yaitu *operation* sebesar 64%. Usulan perbaikan yaitu dengan perawatan mesin, perbaikan rantai produksi (*layout*), dan penambahan *Man Power*. Setelah dilakukan perbaikan pada pembuatan FSM diperoleh nilai VA 5932,05 detik, NVA 1056,53 detik dan NNVA 589,58 detik dengan total *leadtime* sebesar 7.578,16 detik. *Lead Time* berkurang sebanyak 1.607,08 detik.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No.	Judul	Penulis	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
1.	“Minimasi Waste Pada Aktivitas Proses Produksi Dengan Konsep <i>Lean Manufacturing</i> (Studi Kasus di PT. <i>Sport Glove</i> Indonesia)”.	(Trismi Ristyowati, Ahmad Muhsin, dan Putri Puji Nurani, 2017)	Jurnal OPSI Vol 10 No 1 Juni 2017 ISSN 1693-2102 2017	PT <i>Sport Glove</i> Indonesia merupakan perusahaan yang memproduksi sarung tangan, memiliki karakteristik <i>make to order</i> dalam proses produksinya. Dalam pemenuhan order harian, perusahaan sering tidak dapat mencapai target produksi, karena adanya pemborosan dalam proses produksi yang berupa cacat dan <i>delay</i> , yang akhirnya melewati batas waktu dan target belum tercapai.	<i>Lean Manufacturing</i>	Berdasarkan analisis hasil maka pemborosan yang ada di lini produksi yaitu cacat ( <i>defect</i> ) terjadi pada proses jahit dengan prosentase 76,8% dari total jumlah cacat dan <i>waste waiting</i> terjadi karena perbedaan <i>cycle time</i> pada proses jahit, sehingga usulan perbaikan adalah dengan menambah pekerja pada proses jahit, melakukan <i>preventive maintenance</i> , melakukan pengarahan dan pengawasan kepada pekerja.
2.	“Analisis Prioritas Perbaikan Guna Meminimasi Waste Dominan Pada Proses Produksi Dengan Metode (FMEA dan AHP) (Studi Kasus: PT Lezax Nesia Jaya)”.	(Eva Altayany, Ali Parkhan 2018)	Skripsi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia 2018	PT Lezax Nesia Jaya (LNJ) adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang pembuatan sarung tangan kulit <i>golf</i> dan <i>caddy bag</i> . Permasalahan yang terjadi adalah masih terdapat pemborosan ( <i>waste</i> ) pada proses produksi yaitu adanya produk jadi yang cacat ( <i>defect</i> ), adanya persediaan yang tidak perlu ( <i>unnecessary inventory</i> ) dan adanya gerakan yang tidak perlu ( <i>unnecessary motion</i> ).	<i>Failure Mode Effect Analysis Analytical Hierarchy Process (FMEA AHP)</i>	Berdasarkan perhitungan hasil WAM terdapat 3 jenis <i>waste</i> dengan presentase tertinggi yaitu, <i>waste defect</i> 22%, <i>waste inventory</i> 20,2%, dan <i>waste motion</i> 16%. Dari perhitungan nilai RPN FMEA AHP maka dapat diketahui prioritas perbaikan pada proses produksi untuk 3 <i>waste</i> tertinggi, diantaranya, <i>Waste Defect</i> : Menambah jam istirahat, untuk kepala bagian. <i>Waste Inventory</i> : Memindahkan dokumen yang tidak digunakan <i>Waste Motion</i> : Membuat rancangan mengenai tempat penaruhan material yang tingginya disesuaikan dengan kebutuhan operator.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No.	Judul	Penulis	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
3.	“Implementasi <i>Lean Manufacturing</i> Pada Proses Produksi Untuk Mengurangi <i>Waste</i> Guna Lebih Efektif dan Efisien”.	(Edwin Bayu Kurniawan dan Ni Luh Putu Hariastuti, 2020)	Jurnal SENO PATI e- ISSN:2714-7010 Vol.1 No.2, April 2020	CV. Nipson <i>Industrial Coating</i> merupakan perusahaan memproduksi <i>thinner</i> . Dalam proses produksinya mengalami kendala pada waktu proses produksi yang cukup panjang karena adanya kesalahan dalam proses produksi. Seperti mesin mengalami kerusakan, <i>delay</i> dan <i>defect</i> produk, sehingga waktu produksi menjadi bertambah.	<i>Lean Manufacturing</i>	Berdasarkan hasil yang diperoleh bahwa jenis <i>waste defect</i> adalah jenis <i>waste</i> tertinggi dengan bobot 4,12, dan <i>waste inappropriate processing</i> dengan bobot 2,62. Dari perhitungan PAM, nilai PCE sebelum perbaikan adalah 91,98% setelah dilakukan perbaikan meningkat menjadi 94,84% dan pada QFM berdasarkan <i>improve</i> dari FMEA melaksanakan standarisasi pada material bahan baku kemudian melakukan pelatihan terhadap pekerja dikhususkan terhadap bidangnya masing-masing.
4.	“Penerapan Metode 5S Untuk Meminimasi <i>Waste Motion</i> Pada Proses Produksi Kerudung Instan Di CV. XYZ Dengan Pendekatan <i>Lean Manufacturing</i> ”.	(Nadia Fairuz Havi, Marina Yustiana Lubis, Agus Alex Yanuar, 2018)	Jisi: Jurnal Integrasi Sistem Industri Volume 5 No 2 Agustus 2018	CV. XYZ merupakan perusahaan industri pakaian, berfokus pada produksi kerudung instan. Dalam proses produksinya, perusahaan tidak mampu mencapai target produksi sehingga adanya keterlambatan pengiriman produk kerudung instan pada periode pemesanan di tahun 2017. Permasalahan tersebut diindikasikan adanya <i>waste</i> pada proses produksi.	5 S ( <i>seiri, seiton, seiso, seiketsu, dan shitsuk</i> )	Hasil identifikasi pada VSM didapatkan nilai <i>lead time</i> 4727,55 detik, dan pada PAM didapatkan adanya <i>waste motion</i> 24% pada proses produksi. Sehingga perlu perbaikan untuk meminimasi <i>waste motion</i> yang terjadi. Mengidentifikasi penyebab <i>waste motion</i> dengan <i>tools lean manufacturing</i> , yaitu <i>fishbone diagram</i> dan <i>5 whys</i> . Pada usulan rancangan perbaikan untuk meminimasi <i>waste motion</i> adalah menerapkan 5S di seluruh <i>workstation</i> . Dari usulan rancangan perbaikan yang dibuat, kemudian memetakan proses produksi pada VSM, <i>future state</i> dan didapatkan hasil <i>lead time</i> menjadi berkurang.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No.	Judul	Penulis	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
5.	“Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode <i>Lean Six Sigma</i> Di PT. XYZ”.	(Ahmad Fauzi, Tutuk Safirin, 2021)	<i>Journal of Industrial Engineering and Management</i> Vol.16, No.02, Tahun 2021, Hal 13-24	PT. XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi Alat Kesehatan. Produk yang dihasilkan yaitu kasa steril hidrofil 16x16. Faktor yang memengaruhi kualitas produk yaitu adanya cacat dan pemborosan pada produk sehingga menyebabkan waktu pengiriman suatu produk menjadi semakin lama.	<i>Lean Six Sigma</i>	Berdasarkan hasil dari perhitungan VSM didapatkan VA 84,4%, NVA 1,0% serta NNVA 14,5%. Dari hasil <i>output</i> produksi satu tahun adalah 2.650.200 dus, jumlah cacat 21.056 dus dengan rata-rata <i>sigma</i> 4,38, pada FMEA diketahui <i>defect</i> terbesar adalah Flek dengan nilai RPN 504 dan usulan perbaikan agar menempatkan operator tingkat lanjutan, dan telah melalui tahap rekrutmen serta <i>training</i> pada kualifikasi unggul pada satu mesin sesuai dengan <i>skillnya</i> yang memahami S.O.P dan operator diberikan kenyamanan yang baik dalam proses produksi.
6.	“Usulan Penerapan <i>Lean Manufacturing</i> Dengan Menggunakan WAM dan VALSAT Untuk Meminimumkan <i>Waste</i> Pada Proses Produksi (Studi Kasus : CV. BIIL & SEN)”.	(Tanjung Madu Saputra, Andre Sugiyono, Irwan Sukendar, 2021)	Skripsi Teknik Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang 2021	CV. Bill & Sen merupakan perusahaan konveksi yang memproduksi celana kolor. Proses produksinya menerapkan sistem <i>make to order</i> . Dimana terjadi ketidakpastian terhadap jumlah permintaan. Permasalahan yang dihadapi yaitu terjadinya <i>waste</i> pada setiap aktivitas proses produksi, sehingga perusahaan sulit untuk mencapai proses produksi yang efektif dan efisien.	<i>Lean Manufacturing</i> WAM, VALSAT	Berdasarkan hasil dari identifikasi <i>waste</i> menggunakan WAM diperoleh <i>waste</i> dengan peringkat tertinggi yaitu <i>waste defect</i> sebesar 18,65% dan <i>waste</i> dengan peringkat terendah yaitu <i>waste inappropriate processing</i> sebesar 4,45%. Nilai dari <i>tools</i> PAM terbesar yaitu <i>operation</i> 41%. Usulan perbaikan yaitu dengan pengadaan pelatihan kerja, penerapan <i>autonomous maintenance</i> , perbaikan lantai produksi ( <i>layout</i> ), penambahan pada alat bantu material <i>handling</i> dan penambahan <i>man power</i> .

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No.	Judul	Penulis	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil Penelitian
7.	“Analisis Penerapan <i>Lean Manufacturing</i> Dengan Metode <i>Valsat</i> Untuk Memaksimalkan Produktivitas Pada Proses Operasi <i>Crusher</i> (Studi Kasus Di PT. Semen Gresik Pabrik Rembang)”.	(Zaenal Ma’ruf, Novi Marlyana, Andre Sugiono, 2021)	Prosiding Seminar Nasional Konstelasi Ilmiah Mahasiswa Unissula 5, 2021 (KIMU 5)	PT Semen Gresik merupakan perusahaan terkemuka dalam industri semen. Dalam proses pembuatan semen salah satu tahapan awal setelah penambangan bahan baku utama adalah proses operasi <i>crusher</i> yaitu untuk memperkecil ukuran material. Pada proses operasi <i>crusher</i> tingkat pencapaian produksi masih dibawah target yaitu sekitar 50,32 % dari target produksi.	<i>Lean Manufacturing</i> dan VALSAT	Hasil identifikasi <i>waste</i> dengan WRM bahwa nilai <i>from Inappropriate processing</i> memiliki persentase tertinggi yaitu 24,59%. Sedangkan nilai <i>to waiting</i> memiliki persentase tertinggi yaitu 22,13%. Berdasarkan WAQ terdapat peringkat dua terbesar, yaitu <i>waiting</i> dengan persentase 24,42% , <i>motion</i> dengan persentase 17,22%. Berdasarkan PAM maka didapat waktu aktivitas yang tidak bernilai tambah (NVA) sebesar 630 menit/3 <i>shift</i> dengan menghasilkan jumlah <i>tonase</i> sebesar 13.125 ton dan setelah adanya usulan perbaikan, waktu NVA berkurang menjadi 138 menit/3 <i>shift</i> , sehingga jumlah <i>tonase</i> yang dihasilkan sebesar 25.425 ton.
8.	“Usulan Perancangan <i>Lean Manufacturing</i> Dengan Metode VALSAT Pada <i>Line</i> Produksi Mebel Untuk Meminimasi <i>Waste</i> Di CV. Ara Samudra”	(Prima Aljihad Handrik Pratama, Andre Sugiyono, Wiwiek Fatmawati, 2022)	Skripsi Teknik Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang 2022	CV. Ara Samudra merupakan perusahaan yang bergerak dibidang mebel. Menerapkan sistem <i>make to order</i> dan <i>make to stock</i> . Permasalahan yang sering dihadapi yaitu terjadinya <i>waste waiting</i> pada setiap aktifitas proses produksi, sehingga perusahaan sulit untuk mencapai proses produksi yang efektif dan efisien.	<i>Lean Manufacturing</i> dan VALSAT	Berdasarkan hasil dari identifikasi <i>waste</i> menggunakan WAM diperoleh <i>waste</i> dengan peringkat tertinggi yaitu <i>waste transportation</i> sebesar 24,02% dan <i>waste</i> dengan peringkat terendah yaitu <i>waste process</i> sebesar 3,55%. Dari hasil <i>tools</i> VALSAT diperoleh nilai PAM terbesar yaitu <i>operation</i> 64%. Usulan perbaikan yaitu dengan pengadaan perawatan mesin, perbaikan lantai produksi ( <i>layout</i> ), dan penambahan <i>man power</i> .

## 2.2 Landasan Teori

Berikut merupakan landasan teori dari Tugas Akhir :

### 2.2.1 Proses Produksi

Proses adalah cara, metode dan teknik bagaimana sesungguhnya sumber-sumber tenaga kerja, mesin, bahan, dan dana yang ada diubah untuk memperoleh suatu hasil. Sedangkan produksi sendiri adalah kegiatan untuk menciptakan atau menambah kegunaan suatu barang atau jasa (Herawati & Mulyani, 2016). Menurut (Assauri, 2016) proses produksi adalah cara, metode dan teknik untuk menciptakan atau menambah kegunaan suatu barang atau jasa dengan menggunakan sumber-sumber (tenaga kerja, mesin, bahan-bahan, dana) yang ada. Proses produksi merupakan suatu bentuk kegiatan yang paling penting dalam pelaksanaan produksi disuatu perusahaan. Hal ini karena proses produksi merupakan cara, metode maupun teknik bagaimana kegiatan penambahan faedah atau penciptaan faedah tersebut dilaksanakan. Sifat proses ini adalah mengolah, yaitu mengolah bahan baku dan bahan pembantu secara manual atau dengan menggunakan peralatan. Sehingga menghasilkan suatu produk yang nilainya lebih dari barang semula.

### 2.2.2 Jenis – Jenis Proses Produksi

Menurut (Subagyo, 2000) proses produksi dibagi menjadi tiga, yaitu sebagai berikut :

1. Proses Produksi Terus-menerus  
Proses produksi yang terus-menerus atau *continous* adalah proses produksi yang tidak pernah berganti macam barang yang dikerjakan.
2. Proses Produksi Terputus-putus  
Proses produksi terputus – putus atau *intermittent* dapat dikatakan bahwa proses produksi terputus – putus karena perubahan proses produksi setiap saat terputus apabila terjadi perubahan macam barang yang dikerjakan.

### 3. Proses Produksi *Intermediated*

Dalam kenyataannya, kedua proses produksi di atas tidak sepenuhnya berlaku. Kedua hal tersebut merupakan campuran dari keduanya. Proses produksi yang memiliki unsur *continous* dan ada pula unsur *intermittent*, proses ini disebut sebagai proses *intermediate*.

#### 2.2.3 *Time Study*

Pengukuran waktu ditunjukkan untuk mendapatkan waktu baku penyelesaian suatu pekerjaan oleh seorang operator, yaitu waktu yang dibutuhkan secara normal atau wajar oleh seorang pekerja normal untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang dijalankan dalam sistem kerja terbaik (Iftikar & Satalaksana, 2006).

Secara umum, dengan tolak ukur pengelompokan dengan dua hal langsung ataupun tidaknya (Yanto & Ngaliman, 2017)

1. Pengukuran waktu dengan keberlangsungan pengamat dengan kedudukan tolak ukur pengamatannya. Hal ini dengan mengamati kerja dan hal yang memiliki kesamaan.
2. Pengukuran waktu tidak langsung, memakai kata dan data, pengamatan ini dengan tolak ukur dan kemanfaatan waktunya yang baik dan historis.

#### 2.2.4 *Pengukuran Waktu Kerja Dengan Jam Henti (Stopwatch)*

Secara keseluruhan, tahapan dalam memperkirakan waktu *standard* dengan teknik *stop clock* dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu tahapan fundamental, tahapan estimasi, dan tahapan pasca estimasi. Selama tahap fundamental, pengukur harus "mempertimbangkan dan menyiapkan beberapa hal" sehingga hasil estimasi tepat dan mendelegasikan. Beberapa hal yang menarik adalah alasan estimasi, memulai penelitian di tempat kerja, memilih spesialis yang akan diperkirakan waktunya, menggambarkan pekerjaan pada komponen pekerjaan, dan menyiapkan instrumen untuk estimasi. Pada tahap estimasi, pengukur memperhatikan pekerjaan yang dilakukan oleh spesialis (komponen kerja) dan menghitung

peluang ideal untuk setiap komponen pekerjaan yang ditentukan sebelumnya. Pada tahap pasca-estimasi, khususnya tahap 'jaminan waktu standar', pengukur 'memimpin' perkembangan perhitungan uji faktual, menambahkan faktor perubahan dan kompensasi dengan tujuan agar waktu standar diperoleh (Cahyawati et al, 2018).

### 2.2.5 Uji Kecukupan Data

*Time study* yang telah dilakukan pada masing-masing elemen kerja perlu dilakukan berulang kali untuk mendapatkan data yang benar-benar valid. Sehingga, selanjutnya data akan mampu dilakukan pengolahan. Untuk menetapkan jumlah pengamatan yang cukup, dapat digunakan persamaan uji kecukupan data yaitu sebagai berikut (Iftikar & Sitalaksana, 2006) :

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

Dimana :

$N'$  = Jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan

$k$  = Harga indeks yang nilainya tergantung tingkat keyakinan (*convidence level*)

Jika tingkat keyakinan 99%, maka  $k = 2,58 \approx 3$

Jika tingkat keyakinan 95%, maka  $k = 1,96 \approx 2$

Jika tingkat keyakinan 68%, maka  $k \approx 1$

$s$  = Derajat ketelitian data pengamatan (*degree of accuracy*)

Jika tingkat keyakinan 99%, maka  $s = 1 \% \approx 0,01$

Jika tingkat keyakinan 95%, maka  $s = 5 \% \approx 0,05$

$x$  = Data hasil pengamatan

$N$  = Jumlah pengamatan yang dilakukan

Dengan ketentuan jika  $N' > N$ , maka data dianggap belum cukup dan harus dilakukan pengambilan data kembali.  $N' < N$ , maka data dianggap sudah cukup.

### 2.2.6 Uji Keseragaman Data

Pengujian keseragaman data adalah kemajuan terukur yang diselesaikan terhadap jangkauan tertentu untuk menemukan ukuran informasi yang ada di dalam titik batas yang bertanggung jawab dan gila. Informasi dalam kendali adalah informasi yang berada pada titik putus kendali atas dan batas kendali bawah. Untuk sementara, informasi gila adalah informasi yang berada di luar batas kendali atas dan bawah. Dengan memanfaatkan peta kendali, Anda dapat dengan mudah melihat informasi yang ada di dalam batas kendali atas dan batas kendali bawah. Dalam pemanfaatan 'garis besar kontrol, informasi normal dari persepsi akan diatur dalam diagram kontrol yang memiliki batas kontrol yang menyertainya (Iftikar & Satalaksana, 2006) :

$$\text{Batas Kontrol Atas (BKA)} = \bar{x} + k \cdot \sigma$$

$$\text{Batas Kontrol Bawah (BKB)} = \bar{x} - k \cdot \sigma$$

Dengan :

$$(\sigma) = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

Keterangan :

$X_i$  = Data waktu yang diambil dari pengamatan

$\bar{x}$  = Nilai rata-rata

$N$  = Jumlah data yang diambil

$k$  = Tingkat keyakinan

$\sigma$  = Standar deviasi

### 2.2.7 Pengukuran Waktu Rata – Rata ( $W_s$ )

Waktu siklus merupakan waktu antara penyelesaian dari dua pertemuan berturut – turut, asumsikan konstan untuk semua pertemuan. Dapat dikatakan waktu siklus merupakan hasil pengamatan secara langsung yang tertera pada *stopwatch*. Rumus waktu siklus adalah sebagai berikut (Iftikar & Satalaksana, 2006) :

$$W_s = \frac{\sum x_i}{N}$$

Dimana :

$W_s$	= Waktu siklus
$\sum x_i$	= Waktu pengamatan
$N$	= Jumlah pengamatan yang dilakukan

### 2.2.8 *Lean Manufacturing*

*Lean* adalah suatu upaya terus-menerus untuk menghilangkan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) produk (barang/jasa) agar memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*). *APICS Dictionary* (2005), mendefinisikan *Lean* sebagai suatu filosofi bisnis yang berlandaskan pada minimasi penggunaan sumberdaya (termasuk waktu) dalam berbagai aktivitas perusahaan. *Lean* berfokus pada identifikasi dan eliminasi aktifitas-aktifitas tidak bernilai tambah (*non value added activity*) dalam desain produksi (untuk bidang manufaktur) atau operasi (untuk bidang jasa) dan *supply chain management*, yang berkaitan langsung dengan pelanggan (Gaspersz & Avanti, 2011) dalam (Karyono, 2014).

Terdapat 5 prinsip dasar *lean* yaitu :

1. Mengidentifikasi nilai dari suatu produk yang didasarkan dari sudut konsumen, yaitu produk terbaik dengan harga yang bersaing dan servis yang tepat waktu.
2. Mengidentifikasi dan memetakan sistem nilai tersebut, *value stream mapping* untuk setiap produk.
3. Mengurangi kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah dari seluruh kegiatan selama proses demi memperlancar arus.
4. Mengorganisasikan pesanan material, informasi, dan produk dalam suatu alur yang baik dan efisien selama proses menggunakan *pull system*.
5. Memberikan variasi investigasi yang berkelanjutan dalam teknik dan alat demi menghasilkan perbaikan yang terbaik dan terus-menerus (*pursue the customer*).

Beberapa manfaat dari implementasi *lean manufacturing* yaitu sebagai berikut : Mengurangi biaya/*cost*, *lead time*, *waste*, peningkatan

produktivitas, kualitas atau mengurangi *defects*, *cycle time*, Mengurangi aktivitas yang tidak perlu, Tenaga kerja, ruang dan pemanfaatan peralatan yang lebih baik, Mengurangi *work in process inventor* (Isnain dkk, 2016).

### 2.2.9 Pemborosan (*Waste*)

Pengertian *Waste* (Pemborosan) Di Jepang, istilah muda diartikan secara sederhana sebagai pemborosan. Namun sesungguhnya, istilah ini punya pengertian yang lebih dalam. Pekerjaan adalah serangkaian proses-proses atau langkah-langkah, dimulai dari bahan baku dan berakhir pada produk jadi atau jasa layanan. Pada setiap proses tersebut, nilai tambah dimasukkan pada produk (pada sektor jasa layanan, pada dokumen, atau gugus informasi) untuk kemudian diteruskan ke proses berikutnya. Sumber daya yang terdapat di tiap proses manusia dan mesin dapat melakukan dua hal : memberi nilai tambah atau tidak memberi nilai tambah, meskipun kedua-duanya tampak bekerja giat. Pemborosan merujuk pada semua kegiatan yang tak member nilai tambah (Imai, 1999).

### 2.2.10 Jenis – Jenis *Waste*

Pengertian untuk tiap *waste* itu sendiri memiliki arti yang berbeda-beda berikut ini adalah tujuh jenis pemborosan yang tidak bernilai tambah (Besterfield 2004, Hines 2004) dalam (Fadhillah, 2018) :

1. *Defect* (cacat) berupa ketidaksempurnaan produk, kurangnya tenaga kerja pada saat proses berjalan, adanya proses pengerjaan ulang (*rework*) dan klaim dari pelanggan.
2. *Waiting* (menunggu) berupa proses menunggu kedatangan material, informasi, peralatan, dan perlengkapan.
3. *Unnecessary inventory* (persediaan yang tidak perlu) berupa penyimpanan *inventory* melebihi volume gudang yang ditentukan, material yang rusak karena terlalu lama disimpan atau kadaluarsa.
4. *Unappropriate processing* (proses yang tidak tepat) berupa ketidaksesuaian proses/metode operasi produk yang diakibatkan oleh penggunaan *tool* yang tidak sesuai dengan fungsinya ataupun kesalahan prosedur/sistem operasi.

5. *Unnecessary motion* (gerakan yang tidak perlu) berupa gerakan-gerakan yang seharusnya bisa dihindari, misalnya komponen dan *control, double handling layout* yang tidak standar.
6. *Transportation* (transportasi) berupa pemborosan waktu karena jarak gudang bahan baku ke mesin jauh atau memindahkan material antar mesin atau dari mesin ke gudang produk jadi.
7. *Overproduction* (kelebihan produksi) berupa produksi barang-barang yang belum dipesan atau produk yang diproduksi lebih banyak daripada yang dipesan atau dijual.

### 2.2.11 Pengertian VA, NVA dan NNVA

Berikut ini merupakan penjelasan tentang 7 jenis pemborosan (*waste*), aktivitas yang terjadi pada perusahaan terbagi menjadi 3, yaitu (Pratiwi, Djanggalu, dan Anggela, 2020) :

1. VA (*Value Added Activity*), yaitu segala bentuk aktivitas perusahaan dalam kaitannya menghasilkan produk berupa barang atau jasa yang dapat memberi nilai tambah sehingga dapat memenuhi kepuasan pelanggan. Akan tetapi, *value added time* yang diukur terkadang masih memiliki unsur *non value added time*.
2. NVA (*Non Value Added Activity*), yaitu semua bentuk aktivitas perusahaan yang tidak memberi nilai tambah bagi pelanggan pada suatu material atau produk yang diproses. Aktivitas ini dapat dikurangi atau dihilangkan karena aktivitas ini merupakan *waste* atau pemborosan.
3. NNVA (*Necessary but Non Value Added Activity*), yaitu semua bentuk aktivitas perusahaan yang tidak memberikan nilai tambah bagi pelanggan pada suatu material atau produk yang proses tapi perlu dilakukan. Aktivitas ini tidak bisa dihilangkan, namun aktivitas ini dapat diubah menjadi lebih efektif dan efisien.

### 2.2.12 Value Stream Mapping (VSM)

*Value Stream Mapping* adalah alat proses pemetaan yang berfungsi untuk mengidentifikasi aliran material dan informasi pada proses produksi

dari bahan menjadi produk jadi. *Value Stream Mapping* adalah sebuah metode visual untuk memetakan dan informasi dari masing-masing stasiun kerja. *Value Stream Mapping* ini dapat dijadikan titik awal bagi perusahaan untuk mengenali pemborosan dan mengidentifikasi penyebabnya. Dengan menggunakan *value stream mapping* berarti memulai dengan gambaran besar dalam menyelesaikan permasalahan bukan hanya pada proses-proses tunggal dan melakukan peningkatan secara menyeluruh dan bukan hanya pada proses-proses tertentu saja. *Value Stream Mapping* digambarkan dengan simbol-simbol yang mewakili aktivitas. Dimana terdapat dua aktivitas yaitu *value added* dan *non value added* (Michael L, dkk. 2005) dalam (Majori, 2017).

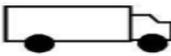
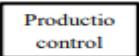
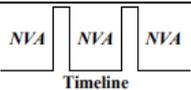
Untuk membuat *value stream mapping* terdapat 4 tahapan, yaitu : Mengidentifikasi produk dan menentukan produk yang akan diamati, Membuat *current state map* untuk produk yang akan diamati, Mengembangkan *future state map*, yaitu kondisi yang diinginkan berdasarkan kondisi *existing* dalam usaha pengurangan *waste*, Mengembangkan rencana langkah kerja untuk menciptakan “*value*” yang direncanakan guna mencapai *future state map* (Priskandana dan Pujawan, 2010).

Berikut ini adalah simbol-simbol yang umum digunakan dalam penyusunan *value stream mapping*.

**Tabel 2.2** Simbol Pada *Value Stream Mapping*

Simbol	Nama	Keterangan
	<i>Customer/ supplier</i> (Pelanggan/ Pemasok)	Repretasi dari pemasok dan konsumen.
	<i>Dedicated/ process</i>	Proses, operasi, mesin, atau departemen dimana material mengalir.
	<i>Data box</i> (kotak data)	Tempat untuk menuliskan data informasi.
	<i>Inventory</i> (Persediaan)	Menunjukkan persediaan diantara dua proses untuk <i>Raw material</i> dan <i>Finish Goods</i> .
	<i>Shipments</i> (Pengiriman)	Menunjukkan pergerakan <i>raw material</i> dari pemasok.

Tabel 2.2 Simbol Pada Value Stream Mapping (Lanjutan)

Simbol	Nama	Keterangan
	Supermarket (Pasar)	Persediaan yang sedikit tersedia dan operasi-operasi dibawahnya akan datang akan datang untuk mengambil sesuai dengan yang dibutuhkan.
	Safety stock (Suku cadang)	Digunakan untuk persediaan yang berfungsi sebagai bahan penahan terhadap masalah, sehingga tidak terjadi kekurangan stock.
	External shipments (Pengiriman Keluar)	Pengiriman dari pemasok kekonsumen dengan transportasi luar.
	Productios control (kontrol produk)	Pusat penjadwalan dan control.
	Kaizen burst	Menandakan perbaikan dan rencana untuk mencapai future state.
	Operator	Menandakan pekerja.
	Time line	Menunjukkan waktu siklus dan waktu menunggu.

(Sumber : Setiawan, 2007)

Value stream mapping dapat menunjukkan kesalahan pada suatu gambaran kondisi saat ini (*current state*) yang kemudian dievaluasi untuk dilakukan perbaikan kondisi yang lebih ideal pada masa yang akan datang (*future state*). Ada dua tipe value stream mapping (Wilson, 2010) yaitu :

1. *Current state mapping* adalah suatu konfigurasi atau penggambaran kondisi value stream produk saat ini yang digambarkan dengan menggunakan ikon dan terminologi yang spesifik untuk mengidentifikasi waste yang terjadi dan menentukan langkah perbaikan (*improvement*).
2. *Future state mapping* adalah rencana untuk perubahan (*perbaikan*) lean yang ideal dikemudian hari.

### 2.2.13 Waste Assessment Model (WAM)

Menurut (Khannan and Haryono 2017) Waste Assessment Model (WAM) merupakan suatu model yang dikembangkan untuk menyederhanakan pencarian dari permasalahan waste dan mengidentifikasi untuk mengeliminasi waste. Model ini menggambarkan

hubungan antar *seven waste* (O : *Overproduction*, P : *Processing*, I : *Inventory*, T : *Transportation*, D : *Defect*, W : *Waiting*, dan M : *Motion*).

Untuk mengidentifikasi pemborosan (*waste*), digunakan dua metode, yaitu:

1. *Waste Relationship Matrix* (WRM) digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara berbagai jenis *waste*.
2. *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ) digunakan untuk mengevaluasi jenis pemborosan (*waste*) yang terjadi dan paling banyak terjadi serta mengonfirmasi pengamatan hasil temuan pada saat observasi.

#### 2.2.14 *Seven Waste Relationship*

Semua *waste* memiliki hubungan keterkaitan satu sama lain, dimana hubungan ini ditimbulkan oleh dampak dari setiap pemborosan yang dapat muncul secara langsung maupun implikasinya. Klarifikasi dari setiap hubungan antara pemborosan, yang dikenal sebagai hubungan tujuh pemborosan, adalah sebagai berikut (Heckman et al., 2013) :

1. *Defect* (cacat)
  - D\_O. Produksi berlebih muncul untuk mengatasi kekurangan bagian karena cacat.
  - D\_I. Memproduksi bagian yang rusak yang perlu dikerjakan ulang yang berarti bahwa meningkatkan adanya *inventory* karena WIP.
  - D\_M. Memproduksi cacat meningkatkan waktu pencarian, pemilihan, dan pemeriksaan produk setengah jadi.
  - D\_T. Perpindahan produk setengah jadi yang cacat ke stasiun pengerjaan sebelumnya membuat terjadi pemborosan transportasi.
  - D\_W. Dengan adanya pengerjaan ulang akan membuat proses selanjutnya menunggu untuk diproses.
2. *Waiting* (menunggu)
  - W\_O. Ketika sebuah mesin menunggu karena suplier melayani konsumen lain, mesin ini suatu saat akan dipaksa untuk

memproduksi lebih untuk menjaga untuk membuat proses tetap berjalan.

- W\_I. Menunggu berarti lebih banyak item daripada yang dibutuhkan pada titik tertentu, apakah itu RM, WIP atau FG.
  - W\_D. Item yang menunggu dapat menyebabkan kerusakan karena kondisi yang tidak sesuai.
3. *Unnecessary inventory* (persediaan yang tidak perlu)
- I\_O. Semakin tinggi tingkat bahan baku dapat mendorong pekerja untuk bekerja lebih banyak dan dapat meningkatkan profitabilitas.
  - I\_D. Peningkatan *inventory* (RM, WIP, dan FG) akan meningkatkan kemungkinan terjadinya cacat dikarenakan kurangnya perhatian dengan kondisi pergudangan.
  - I\_M. Peningkatan *inventory* akan meningkatkan waktu untuk mencari, memilih, menggenggam, menjangkau, memindahkan dan menangani.
  - I\_T. Peningkatan *inventory* suatu saat dapat menghalangi gang (jalan yang tersedia), membuat kegiatan produksi lebih banyak menghabiskan untuk transportasi.
4. *Unappropriate processing* (proses yang tidak tepat)
- P\_O. Untuk mengurangi biaya dari operasi per waktu mesin, maka mesin didorong untuk beroperasi penuh, dimana hasilnya akan terjadi produksi berlebih.
  - P\_I. Kombinasi operasi dalam satu sel akan mendapatkan hasil secara langsung untuk menurunkan jumlah *work in process* karena mengeleminasi *buffer*.
  - P\_D. Jika mesin tidak dirawat sewajarnya, maka dapat menimbulkan cacat.
  - P\_M. Teknologi proses baru yang kekurangan *training* dapat menghasilkan pemborosan dalam hal pergerakan manusia.

- P\_W. Ketika teknologi yang digunakan tidak cocok, *setup time* dan *repetitive down time* sudah pasti akan menambah waktu tunggu.
5. *Unnecessary motion* (gerakan yang tidak perlu)
- M\_I. Metode kerja yang tidak berdasarkan standar dapat menyebabkan meningkatnya WIP.
  - M\_D. Kurangnya pelatihan dan standarisasi berarti bahwa persen cacat dapat meningkat.
  - M\_N. Ketika pekerjaan tidak terstandarisasi, pemborosan proses akan meningkat karena kurangnya pemahaman kapasitas yang tersedia.
  - M\_W. Ketika *standard* tidak diterapkan, waktu akan banyak digunakan untuk mencari, menggenggam, memindahkan, merakit, yang mengakibatkan peningkatan waktu menunggu.
6. *Transportation* (transportasi)
- T\_O. Produk yang dihasilkan lebih dari kapasitas akan dapat meningkatkan pemindahan.
  - T\_I. Jumlah material *handling equipment* (MHE) dapat menyebabkan WIP yang dapat berpengaruh pada proses lainnya.
  - T\_D. MHE sangat berperan untuk menentukan pemborosan dalam hal transportasi. MHE yang tidak cocok suatu saat dapat merusak produk yang akhirnya menjadi cacat.
  - T\_M. Ketika produk ditransportasikan dimana saja ini berarti bahwa kemungkinan terjadinya pemborosan pergerakan.
  - T\_W. Jika MHE tidak mencukupi, ini berarti bahwa produk akan menganggur untuk menunggu dipindahkan.
7. *Overproduction* (kelebihan produksi)
- O\_I. Produksi berlebih dan membutuhkan bahan baku dalam jumlah besar yang menyebabkan penumpukan komponen mentah dan menghasilkan pekerjaan lebih banyak yang dapat

menghabiskan ruang dan mempertimbangkan kondisi sementara ketika tidak ada klien yang mungkin tidak memesan.

- O\_D. Ketika operator melakukan produksi yang berlebihan , kekhawatiran akan di kualitas yang mulai timbul.
- O\_M. Produksi berlebih dapat mengarah ke perilaku yang tidak ergonomis, dimana akan mengarah ke metode kerja yang tidak standar dengan jumlah kerugian gerak yang berlebihan.
- O\_ T. Produksi berlebih bisa mengakibatkan upaya transportasi yang lebih untuk menyokong jumlah bahan yang melimpah.
- O\_W. Ketika produksi berlebihan, hasil yang akan didapatkan pada waktu yang lebih lama dan pelanggan lain akan menunggu lebih lama.

#### 2.2.15 *Waste Relationship Matrix (WRM)*

*Waste Relationship Matrix (WRM)* merupakan *matriks* yang digunakan untuk menganalisis kriteria pengukuran (Khannan & Haryono, 2015). *Waste Relationship Matrix* merupakan suatu *matrix* yang digunakan untuk menganalisis kriteria pengukuran. WRM merupakan *matrix* yang terdiri dari baris dan kolom. Setiap baris menunjukkan pengaruh suatu *waste* tertentu terhadap ke 6 *waste* lainnya. Sedangkan setiap kolom menunjukkan *waste* yang dipengaruhi oleh *waste* lainnya (Rawabdeh, 2005). Berikut merupakan tabel yang memperlihatkan kriteria pengukuran yang berupa 6 pertanyaan dengan tiap jawaban memiliki rentang bobot 0 sampai 4. Hubungan antar *waste* yang satu dengan yang lainnya dapat disimbolkan dengan menggunakan huruf pertama pada setiap *waste* (Rawabdeh, 2005) :

**Tabel 2.3** Kriteria Untuk Pembobotan Kekuatan *Waste Relationship*

No.	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Bobot
1.	Apakah i mengakibatkan j	a. Selalu	4
		b. Kadang – Kadang	2
		c. Jarang	0
2.	Bagaimana tipe hubungan antara i dengan j	a. Jika i Naik, Maka j Naik	2
		b. Jika i Naik, Maka j Tetap	1
		c. Tidak Tentu, Tergantung Keadaan	0

Tabel 2.3 Kriteria Untuk Pembobotan Kekuatan *Waste Relationship* (Lanjutan)

No.	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Bobot
3.	Dampak j dikarenakan i	a. Tampak Secara Langsung dan Jelas b. Butuh Waktu Agar Terlihat c. Tidak Terlihat	4 2 0
4.	Bagaimana cara menghilangkan akibat i terhadap j	a. Metode <i>Egineering</i> b. Sederhana dan Langsung c. Solusi Instruksional	2 1 0
5.	Dampak j dikarenakan oleh i berpengaruh pada	a. Kualitas Produk b. Produktivitas Sumber Daya c. <i>Lead Time</i> d. Kualitas dan Produktivitas e. Kualitas dan <i>Lead Time</i> f. Produktivitas dan <i>Lead Time</i> g. Kualitas, Produktivitas dan <i>Lead Time</i>	1 1 1 2 2 2 4
6.	Pada tingkat apa i berdampak pada j dalam meningkatkan <i>Lead Time</i>	a. Sangat Tinggi b. Sedang c. Rendah	4 2 0

(Sumber : Rawabdeh, 2005)

Keterangan :

i adalah pemborosan tipe i

j adalah pemborosan tipe i

i merupakan salah satu dari ketujuh tipe pemborosan dan dampaknya j

Setiap jawaban memiliki bobotnya masing-masing yang kemudian ditentukan untuk mendapatkan skor terakhir untuk setiap standar pertanyaan. Tanggapan yang sesuai yang telah diperoleh dari setiap aturan kemudian ditambahkan bersama untuk mendapatkan efek samping apakah hubungan pemborosan itu solid atau tidak berdaya tergantung pada ruang lingkup evaluasi.

Tabel 2.4 Contoh Perhitungan Keterkaitan Antar *Waste*

Hubungan	1		2		3		4		5		6		Skor	Keterkaitan
	Jwb	Skor												
O_I	A	4	A	2	a	4	A	2	F	2	A	4	18	A
O_D	B	2	C	0	b	2	B	1	A	1	C	0	6	O

(Sumber : Rawabdeh, 2005)

**Tabel 2.5** Konversi Rentang Skor Keterkaitan Waste Ke Simbol WRM

<b>Range</b>	<b>Tipe Keterkaitan</b>	<b>Simbol</b>
17 – 20	<i>Absolutely Necessary</i>	A
13 – 16	<i>Especially Important</i>	E
9 – 12	<i>Important</i>	I
5 – 8	<i>Ordinary Closeness</i>	O
1 – 4	<i>Unimportant</i>	U
0	<i>No Relation</i>	X

(Sumber : Rawabdeh, 2005)

Keterangan :

*Absolutely Necessary* (A) : Hubungan Yang Bersifat Mutlak*Especially Important* (E) : Hubungan Yang Bersifat Sangat Penting*Important* (I) : Hubungan Yang Bersifat Cukup Penting*Ordinary Closeness* (O) : Hubungan Yang Bersifat Biasa*Unimportant* (U) : Hubungan Yang Bersifat Tidak Penting**Tabel 2.6** Contoh Waste Relationship Matrix (WRM)

<b>From / To</b>	<b>O</b>	<b>I</b>	<b>D</b>	<b>M</b>	<b>T</b>	<b>P</b>	<b>W</b>
<b>O</b>	A	E	A	O	O	X	E
<b>I</b>	A	A	I	I	I	X	X
<b>D</b>	I	I	A	A	O	X	E
<b>M</b>	X	I	O	A	X	E	I
<b>T</b>	U	O	U	O	A	X	U
<b>P</b>	E	A	I	E	X	A	O
<b>W</b>	U	U	I	X	X	X	A

(Sumber : Rawabdeh, 2005)

Setelah membuat WRM dan memeriksa hasilnya, mungkin dapat dipahami apa arti tujuh jenis pemborosan satu sama lain. Hasil WRM harus disetujui untuk menentukan tingkat dampak dari setiap jenis pemborosan. Berikut merupakan hasil validasi yang dibuat dalam tabel *waste matrix value* :

**Tabel 2.7** Contoh *Waste Relationship Matrix Value*

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Skor	%
O	10	10	4	4	6	0	8	42	16,8
I	6	10	6	6	6	0	0	34	13,6
D	6	6	10	6	8	0	6	42	16,8
M	0	4	8	10	0	6	10	38	15,2
T	2	4	6	2	10	0	6	30	12
P	6	2	6	6	0	10	6	36	14,4
W	4	10	4	0	0	0	10	28	11,2
Skor	34	46	44	34	30	16	46	250	100
%	13,6	18,4	17,6	13,6	12	6,4	18,4	100	

(Sumber : Rawabdeh, 2005)

Keterangan :

Simbol A dikonversi menjadi = 10

Simbol E dikonversi menjadi = 8

Simbol I dikonversi menjadi = 6

Simbol O dikonversi menjadi = 4

Simbol U dikonversi menjadi = 2

Simbol X dikonversi menjadi = 0

**2.1.16 Waste Assessment Questionnaire (WAQ)**

Menurut Rawabdeh (2005) dalam Kurniawan (Kurniawan, 2012) *Waste Assessment Questionnaire* dibuat untuk mengidentifikasi dan mengalokasikan *waste* yang terjadi pada lini produksi. WAQ terdiri dari 68 pertanyaan berbeda, yang memperkenalkan penggunaan alokasi pemborosan. Setiap pertanyaan membahas gerakan, kondisi, atau perilaku yang dapat menyebabkan pemborosan. Sebagian dari pertanyaan menyatakan "*from*", menyiratkan bahwa pertanyaan ini membahas jenis pemborosan yang dapat menyebabkan pemborosan lain tentang WRM. Beberapa pertanyaan berbeda menyatakan "*to*", menyiratkan bahwa pertanyaan ini membahas jenis pemborosan yang mungkin ditimbulkan oleh pemborosan yang berbeda. Berikut merupakan tabel pertanyaan dari kuesioner WAQ :

Tabel 2.8 Contoh Pertanyaan Kuesioner WAQ

No.	Jenis Pertanyaan	Hubungan Waste	Pertanyaan	Kategori Pertanyaan	Penilaian		
					Ya	Sedang	Tidak
1.	<i>To Motion</i>	B	Apakah pihak management sering melakukan pemindahan operator untuk semua pekerjaan sehingga satu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh semua operator?	<i>Man</i>			
...							
68.	<i>From Defect</i>	B	Apakah hasil <i>quality control</i> uji produk dan evaluasi dilakukan melalui ilmu keteknikan?	<i>Method</i>			

(Sumber : Rawabdeh, 2005)

Karena terdapat perbedaan karakteristik dari setiap pertanyaan, maka terdapat penambahan kolom yaitu hubungan pemborosan. Kolom ini berisi keterangan “A” dan “B” yang mempunyai arti saling berkebalikan. Keterangan “A” mengartikan apabila jawaban yang dipilih “Ya”, artinya terdapat pemborosan dan jika keterangannya “B” berlaku sebaliknya. Untuk setiap jawaban dibedakan berdasarkan tiga pilihan, “Ya” maka diberi bobot 1, “Sedang” maka diberi bobot 0,5, “Tidak” maka diberi bobot 0. Kuesioner yang sudah lengkap kemudian harus divalidasi untuk mendapatkan hasil dari tujuan yang ingin dicapai. Sebelum melakukan validasi, setiap tipe pertanyaan harus dihitung jumlahnya.

Tabel 2.9 No Of Question (Ni)

No.	Jenis Pertanyaan (i)	Jumlah Pertanyaan (Ni)
1.	<i>From Overproduction</i>	3
2.	<i>From Inventory</i>	6
3.	<i>From Defect</i>	8
4.	<i>From Motion</i>	11
5.	<i>From Transportation</i>	4
6.	<i>From Process</i>	7
7.	<i>From Waiting</i>	8
8.	<i>To Defect</i>	4

**Tabel 2.9** *No Of Question (Ni)* (Lanjutan)

No.	Jenis Pertanyaan (i)	Jumlah Pertanyaan (Ni)
9.	<i>To Motion</i>	9
10.	<i>To Transportation</i>	3
11.	<i>To Waiting</i>	5
<b>Total Jumlah Pertanyaan</b>		<b>68</b>

(Sumber : Rawabdeh, 2005)

Contoh hasil dari pembagian bobot awal berdasarkan *waste relationship matrix* dengan nilai Ni adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.10** Contoh Hasil Dari Pembagian Bobot Awal WRM Dengan Nilai Ni

No.	Jenis Pertanyaan	Aspek Pertanyaan	Ni	Bobot Awal Untuk Setiap Jenis Waste						
				O	I	D	M	T	P	W
1.	<i>To Motion</i>	Man	9	2	2	6	10	4	4	0
2.	<i>From Motion</i>		11	0	4	8	10	0	8	6
3.	<i>From Defect</i>		8	4	8	10	6	10	0	8
4.	<i>From Motion</i>		11	0	4	8	10	0	8	6
5.	<i>From Motion</i>		11	0	4	8	10	0	8	6
6.	<i>From Defect</i>		8	4	8	10	6	10	0	8
7.	<i>From Process</i>		7	4	4	6	4	0	10	10
...										
68	<i>From Defect</i>	Method	8	4	8	10	6	10	0	0

(Sumber : Rawabdeh, 2005)

Setelah semua bobot hasil WRM disubstitusikan kedalam tabel, langkah selanjutnya adalah menghilangkan efek variansi akibat perbedaan jumlah pada setiap jenis pertanyaan. Berikut merupakan tabel bobot hasil WRM dibagi dengan jumlah pertanyaan :

**Tabel 2.11** Contoh Bobot Hasil WRM Dibagi Dengan Jumlah Pertanyaan

No.	Jenis Pertanyaan	Kategori Pertanyaan	Ni	Bobot Awal Untuk Setiap Jenis Waste						
				Wo	Wi	Wd	Wm	Wt	Wp	Ww
1.	<i>To Motion</i>	Man	9	0,22	0,22	0,67	1,11	0,44	0,44	0
2.	<i>From Motion</i>		11	0	0,36	0,73	0,91	0	0,73	0,55
3.	<i>From Defect</i>		8	0,5	1	1,25	0,75	1,25	0	1
4.	<i>From Motion</i>		11	0	0,36	0,73	0,91	0	0,73	0,55
5.	<i>From Motion</i>		11	0	0,36	0,73	0,92	0	0,73	0,55
6.	<i>From Defect</i>		8	0,5	1	1,25	0,75	1,25	0	1
7.	<i>From Process</i>		7	0,57	0,57	0,86	0,57	0	1,43	1,43
...										
68.	<i>From Defect</i>	Method	8	0,5	1	1,25	0,75	1,25	0	0
<b>Total Skor (Sj)</b>				<b>49,98</b>	<b>59,94</b>	<b>82,08</b>	<b>51,99</b>	<b>59,97</b>	<b>38,05</b>	<b>65,06</b>
<b>Frekuensi (Fj)</b>				<b>57</b>	<b>63</b>	<b>68</b>	<b>57</b>	<b>42</b>	<b>36</b>	<b>49</b>

(Sumber : Rawabdeh, 2005)

Hasil skor (Sj) diperoleh dengan menggunakan persamaan (1) dan frekuensi (Fj) diperoleh dari menghitung dengan mengabaikan nilai nol (0).

$$S_j = \sum_{k=1}^k \frac{w_{jk}}{N_i}$$

Dimana :

Sj adalah skor bobot hubungan pemborosan

K adalah *range* antara 1 sampai 68

W adalah pemborosan

J adalah tipe pemborosan

Ni adalah jumlah pertanyaan

Langkah terakhir yaitu dengan memasukan nilai hasil kuesioner kedalam tabel bobot hasil WRM yang sudah dihilangkan efek variansinya. Setiap bobot hasil WRM dikalikan dengan nilai hasil kuesioner. Berikut merupakan tabel perhitungan nilai akhir untuk setiap tipe pemborosan :

**Tabel 2.12** Contoh Perhitungan Nilai Akhir Untuk Setiap Tipe Pemborosan

No.	Jenis Pertanyaan	Kategori Pertanyaan	Ni	Bobot Awal Untuk Setiap Jenis Waste						
				Wo	Wd	Wi	Wm	Wt	Wp	Ww
1.	<i>To Motion</i>	Man	0,4	0,09	0,09	0,27	0,44	0,18	0,18	0
2.	<i>From Motion</i>		0,1	0	0,04	0,07	0,09	0	0,07	0,06
3.	<i>From Defect</i>		0,2	0,1	0,2	0,25	0,15	0,25	0	0,2
4.	<i>From Motion</i>		0,3	0	0,11	0,2	0,27	0	0,2	0,17
5.	<i>From Motion</i>		0,1	0	0,04	0,07	0,09	0	0,07	0,06
6.	<i>From Defect</i>		0	0	0	0	0	0	0	0
7.	<i>From Process</i>		0,1	0,06	0,06	0,09	0,06	0	0,14	0,14
...										
68.	<i>From Defect</i>	Method	0,3	0,16	0,3	0,34	0,23	0,38	0	0
<b>Total Skor (Sj)</b>				<b>15,23</b>	<b>19,25</b>	<b>22,08</b>	<b>12,42</b>	<b>17,48</b>	<b>7,24</b>	<b>18,37</b>
<b>Frekuensi (Fj)</b>				<b>49</b>	<b>55</b>	<b>59</b>	<b>49</b>	<b>36</b>	<b>31</b>	<b>42</b>

(Sumber : Rawabdeh, 2005)

Hasil skor (Sj) diperoleh dengan menggunakan persamaan (2) berikut ini :

$$S_j = \sum_{k=1}^k x_k \times \frac{w_{jk}}{N_i}$$

Dimana :

Sj adalah skor pemborosan

K adalah *range* antara 1 sampai 68

Setelah semua nilai diperoleh, langkah selanjutnya adalah menghitung faktor indikasi untuk setiap tipe pemborosan menggunakan persamaan (3) berikut ini :

$$Y_j = \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j}$$

Dimana :

Yj adalah indikasi untuk setiap jenis pemborosan

sj adalah skor pemborosan setelah dikalikan dengan hasil kuesioner

Sj adalah skor bobot hubungan pemborosan

Untuk mengindikasikan bagaimana pemborosan dapat saling mempengaruhi, diperlukan probabilitas dari masing-masing tipe pemborosan. Cara mencari probabilitas nilai pemborosan dilakukan

dengan mengkalikan nilai “*From*” dan “*To*” pada hasil *waste matrix value* sehingga didapatkanlah nilai ( $P_j$ ).

Langkah terakhir adalah mencari refleksi bagaimana setiap tipe pemborosan dapat mempengaruhi pemborosan lain dengan mencari nilai ( $Y_j$  final) faktor.

Perhitungan nilai ( $Y_j$  final) dilakukan dengan menggunakan persamaan (3) berikut ini :

$$\begin{aligned} Y_j \text{ Final} &= Y_j \times P_j \\ &= \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \times P_j \end{aligned}$$

Dimana :

$Y_j$  final adalah nilai untuk setiap tipe pemborosan.

#### 2.2.17 Value Stream Analysis Tools (VALSAT)

Menurut (Kurniawan 2012) *Value stream analysis tool* digunakan sebagai alat bantu untuk memetakan secara detail aliran nilai (*Value Stream*) yang berfokus pada *value adding process*. Detail *mapping* ini kemudian dapat digunakan untuk menemukan penyebab *waste* yang terjadi. Terdapat 7 macam *detailed mapping Tools* yang paling umum digunakan yaitu:

##### 1. *Process Activity Mapping (PAM)*

Tool ini dipergunakan untuk mengidentifikasi *lead time* dan produktivitas baik aliran produk fisik maupun aliran informasi, tidak hanya dalam ruang lingkup perusahaan maupun juga pada area lain dalam *supply chain*. *Tools* ini digunakan untuk memetakan semua aktivitas (operasi, transportasi, inspeksi, *delay*, dan *storage*).

Tahap selanjutnya dengan mengelompokkan sesuai dengan tipe aktivitas yang ada, yaitu *value adding activities (VA)*, *necessary but non-value adding activities (NNVA)*, dan *non-value adding activities (NVA)*. *Value added* adalah aktivitas yang memberikan nilai terhadap produk dan pelanggan sehingga aktivitas ini harus selalu ditingkatkan. *Necessary non*

*value added* adalah aktivitas yang masih diperlukan dalam melakukan proses produksi tetapi tidak memberikan nilai tambah terhadap produk. *Non value added* adalah aktivitas yang ada dalam proses yang tidak memiliki nilai tambah untuk produk. Hal ini bertujuan untuk memahami aliran proses dan dimana terjadi *waste* agar dapat dilakukan perbaikan. Ada lima tahap pendekatan dalam *process activity mapping* secara umum.

- 1) Memahami aliran proses.
- 2) Mengidentifikasi pemborosan
- 3) Mempertimbangkan apakah proses dapat disusun ulang pada rangkaian yang lebih efisien.
- 4) Mempertimbangkan aliran yang lebih baik, melibatkan aliran *layout* dan rute transportasi yang berbeda.
- 5) Mempertimbangkan apakah segala sesuatu yang telah dilakukan pada tiap stage benar-benar perlu dan apa yang akan terjadi jika hal-hal yang berlebihan tersebut dihilangkan.

## 2. *Supply Chain Response Matrix* (SCRM)

Metode ini merupakan sebuah grafik yang menjelaskan hubungan *inventory* dan *lead time* pada jalur distribusi sehingga terlihat perkembangan maupun penurunannya dan bertujuan untuk memperbaiki dan mempertahankan tingkat pelayanan disetiap jalur dengan prinsip biaya rendah.

## 3. *Production Variety Funnel* (PVF)

Metode ini menggunakan sebuah teknik visual untuk memetakan variasi produk pada tiap tahapan proses. Teknik ini dapat digunakan juga untuk mengidentifikasi produk *generic* menjadi *specific* Merupakan teknik pemetaan visual dengan memetakan jumlah variasi produk pada tiap tahapan proses manufaktu dan dapat menunjukkan area *bottleneck* untuk membuat kebijakan *inventory*.

4. *Quality Filter Mapping (QFM)*

Sebuah *tools* yang bermanfaat untuk mengidentifikasi letak permasalahan kualitas yang tidak sesuai atau cacat. Tipe cacatnya antara lain *product defect* (lolos ke tangan *customer* karena terlewat pada saat inspeksi), *scrap defect* (cacat tidak sampai ke *customer* hanya lingkungan perusahaan dan masuk inspeksi), dan *service defect* (berkaitan dengan cacat kualitas pelayanan).

5. *Demand Amplification Mapping (DAM)*

Peta yang berdasar *law of industrial dynamics*, keadaan dimana sepanjang rantai suplai mengalami variasi kebijakan order dengan berbagai pergerakan dari *downstream* sampai *upstream*. Dari informasi tersebut dapat digunakan dalam pengambilan keputusan dan analisa lebih lanjut baik untuk mengantisipasi adanya perubahan permintaan mengelola fluktuasi, serta evaluasi kebijakan inventori.

6. *Decision Point Analysis (DPA)*

Menjelaskan hubungan *trade off* antara *lead time* sesuai dengan pilihan dan dengan tingkat inventori yang berbeda sesuai dengan kebutuhan untuk menutupi kebutuhan selama persediaan belum ada dan pilihan untuk melakukan *forecasting*.

7. *Physical Structure (PS)*

Merupakan sebuah *tools* yang digunakan untuk memahami kondisi rantai suplai di lantai produksi. Hal ini diperlukan untuk memahami kondisi industri itu, bagaimana operasinya, Implementasi *lean* dan dalam mengarahkan perhatian pada area yang mungkin belum mendapatkan perhatian yang cukup untuk pengembangan.

Berikut merupakan tabel keterkaitan ketujuh alat pemetaan aliran nilai dengan ketujuh jenis *Waste*.

**Tabel 2.13** *Value Stream Analysis Tools (VALSAT)*

<i>Waste/Structure</i>	<b>PAM</b>	<b>SCRM</b>	<b>PVF</b>	<b>QFM</b>	<b>DAM</b>	<b>DPA</b>	<b>PS</b>
Kelebihan Produksi	L	M		L	M	M	
Waktu Tunggu	H	H	L		M	M	
Transportasi yang berlebih	H						L
Proses yang tidak tepat	H		M	L		L	
Persediaan yang tidak penting	M	H	M		H	M	L
Gerakan yang tidak berguna	H	L					
Cacat	L			H			

(Sumber : Rawabdeh, 2005)

Keterangan :

H : *High correlation and usefulness* : 9M : *Medium correlation and usefulness* : 3L : *Low correlation and usefulness* : 1**2.2.18 Failure Mode And Effcet Analysis (FMEA)**

FMEA adalah suatu cara dimana suatu bagian atau suatu proses yang mungkin gagal memenuhi suatu spesifikasi, menciptakan cacat atau ketidaksesuaian, dan dampaknya pada pelanggan bila mode kegagalan itu tidak dicegah atau dikoreksi. FMEA biasanya dilakukan selama tahap konseptual dan tahap awal desain dari sistem dengan tujuan untuk meyakinkan bahwa semua kemungkinan kegagalan telah dipertimbangkan dan usaha yang tepat untuk mengatasinya telah dibuat untuk meminimasi semua kegagalan-kegagalan yang potensial (Kholil, dkk, 2016).

FMEA digunakan sebagai titik evaluasi tingkat kehandalan untuk menentukan efek dari kegagalan sistem. Kegagalan digolongkan berdasarkan dampaknya pada kesuksesan suatu misi dan keselamatan anggota atau peralatan. Konsep FMEA ini berubah ketika diterapkan pada kondisi manufaktur *modern* yang memproduksi produk-produk konsumsi. Pada produsen dari produk-produk konsumsi tersebut kemudian menetapkan beberapa prioritas baru, termasuk kepuasan dan keselamatan konsumen (Zendy, 2011).

### Langkah-langkah Penerapan FMEA

1. Peninjauan dilakukan untuk menganalisis kesalahan terhadap proses yang dilakukan.
2. *Brainstorming* berbagai bentuk kemungkinan kesalahan atau kegagalan . Proses *brainstorming* ini bertujuan memperoleh satu daftar kemungkinan kegagalan yang terjadi. Dilakukan pengelompokkan untuk mempermudah proses analisis untuk mengetahui dampak suatu kesalahan.
3. Membuat daftar dampak tiap-tiap kesalahan, proses berikutnya menyusun dampak dari masing-masing kesalahan.
4. *Severity*, merupakan skala yang memeringkatkan tingkat keparahan dari efek-efek yang potensial dari kegagalan.
5. *Occurance*, merupakan skala yang memeringkatkan kemungkinan dari kegagalan akan muncul.
6. *Detection*, merupakan skala yang memeringkatkan kemungkinan dari masalah akan di deteksi sebelum sampai ke tangan konsumen.

Perhitungan FMEA akan menghasilkan data *Risk Priority Number* (RPN) dari setiap *mode* kegagalan. Nilai yang didapat untuk perhitungan FMEA adalah dari kuisisioner dan diskusi dengan responden di perusahaan. Nilai RPN yang terbesar merupakan aktivitas yang harus diprioritaskan untuk diperbaiki. Rumus perhitungan RPN adalah sebagai berikut.

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection.$$

Berikut di bawah ini merupakan contoh kriteria dari masing – masing parameter S, O dan D yang menggunakan skala peringkat numerik 1 -10.

**Tabel 2.14** Parameter *Severity* (S)

<b>Dampak</b>	<b>Kriteria Keparahan S</b>	<b>Peringkat</b>
Bahaya, Kegagalan Terjadi Tanpa Ada Peringatan	Tidak Sesuai Dengan Peraturan Menghentikan Pengoperasian Sistem Produksi	10
Serius, Kegagalan Terjadi Dengan Peringatan	Tidak Sesuai Dengan Peraturan Atau Produk Yang Membahayakan Konsumen	9
Extrem	Mengganggu Kelancaran Proses Produksi Produk Tidak Dapat Dioperasikan Atau Hasil Sangat Tidak Memuaskan	8
Mayor	Sedikit Mengganggu Kelancaran Proses Produksi Kinerja Produk Tidak Sempurna Tetapi Masih Bisa Di Fungsikan Atau Hasil Tidak Cukup Memuaskan Tetapi Masih Bisa Di Terima Oleh Konsumen	7
Signifikan	Kinerja Produk Menurun Karena Ada Beberapa Fungsi Tertentu Mungkin Tidak Beroperasi Atau Hasil Kinerja Menurun Karena Fungsi Kenyamanan Tidak Terpenuhi	6
Sedang	Kinerja Produk Atau Hasil Menurun Tetapi Masih Bisa Diperbaiki	5
Rendah	Kinerja Produk Atau Hasil Menurun Tapi Tidak Memerlukan Perbaikan	4
Kecil	Dampak Kecil Terhadap Sistem Produksi, Kinerja Produk Atau Masih Ada Keluhan Dari Konsumen	3
Sangat Kecil	Dampak Sangat Kecil Terhadap Sistem Produksi, Kinerja Produk Atau Masih Ada Keluhan Dari Konsumen	2
Tidak Ada Dampak	Tidak Ada Dampak Terhadap Sistem Produksi Maupun Produk	1

**Tabel 2.15** Parameter *Occurrence* (O)

<b>Dampak</b>	<b>Kriteria Keparahan O</b>	<b>Peringkat</b>
Sangat Tinggi Dan Extrem	1 Dari 2	10
Sangat Tinggi	1 Dari 3	9
Tinggi	1 Dari 8	8
Relative Tinggi	1 Dari 20	7
Sedang Cenderung Tinggi	1 Dari 80	6
Sedang	1 Dari 400	5
Relative Rendah	1 Dari 2000	4
Rendah	1 Dari 15000	3
Sangat Rendah	1 Dari 150000	2
Hampir Tidak Mungkin Terjadi Kegagalan	1 dari 1500000	1

Tabel 2.16 Parameter *Detection* (D)

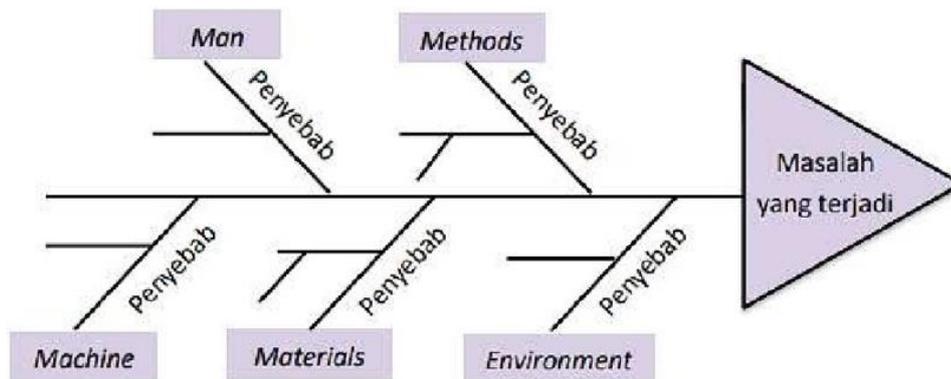
Dampak	Kriteria Keperahan D	Peringkat
Hampir Mustahil	Tidak ada kendali untuk mendeteksi kegagalan	10
Sangat Kecil	Terdapat sangat sedikit kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan	9
Kecil	Terdapat sedikit kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan	8
Sangat Rendah	Terdapat kendali tetapi sangat rendah kemampuannya untuk mendeteksi potensi kegagalan	7
Rendah	Terdapat kendali tetapi rendah kemampuannya untuk mendeteksi potensi kegagalan	6
Sedang	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sedang/cukup untuk mendeteksi potensi kegagalan	5
Agak Tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sedang cenderung tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan	4
Tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan tinggi untuk mendeteksi kegagalan	3
Sangat Tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sangat tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan	2
Hampir Pasti	Kendali hamper pasti mendeteksi potensi kegagalan	1

### 2.2.19 *Fishbone Diagram*

*Fishbone diagram* atau diagram sebab-akibat dibuat oleh Kaoru Ishikawa. Diagram sebab-akibat adalah suatu pendekatan terstruktur yang digunakan untuk melakukan suatu analisis lebih terperinci dalam menemukan penyebab-penyebab suatu masalah, ketidaksesuaian yang ada. Tujuan utama dari *fishbone diagram* adalah untuk mencari solusi untuk menentukan penyebab untuk setiap kategori dan mencari solusi untuk menyelesaikannya (nasution 2005:108). Penggunaan diagram sebab-akibat dapat mengikuti langkah-langkah berikut (Gasperz, 2005):

1. Dapatkan kesepakatan tentang masalah yang terjadi dan ungkapkan masalah itu sebagai suatu pertanyaan masalah (*problem question*).
2. Bangkitkan sekumpulan penyebab yang mungkin, dengan menggunakan teknik *brainstroming* atau membentuk anggota tim yang memiliki ide-ide berkaitan dengan masalah yang sedang dihadapi.

3. Gambarkan diagram dengan pertanyaan masalah ditempatkan pada posisi sisi kanan (membentuk kepala ikan) dan kategori utama seperti: material, metode, manusia, mesin, pengukuran, dan lingkungan ditempatkan pada cabang utama (membentuk tulang-tulang besar dari ikan). Kategori utama ini dapat diubah sesuai kebutuhan.
4. Tetapkan setiap penyebab dalam kategori utama yang sesuai dengan menempatkan pada cabang yang sesuai.
5. Untuk setiap penyebab yang mungkin, tanyakan “mengapa?” untuk menemukan akar penyebab, kemudian daftarkan akar-akar penyebab itu pada cabang-cabang yang sesuai dengan kategori utama (membentuk tulang-tulang kecil dari ikan). Untuk menemukan akar penyebab, kita dapat menggunakan teknik bertanya mengapa lima kali (*Five Why*).
6. Interpretasi diagram sebab-akibat itu dengan melihat penyebab-penyebab yang muncul secara berulang, kemudian dapatkan kesepakatan melalui konsensus tentang penyebab itu. Selanjutnya fokuskan perhatian pada penyebab yang dipilih melalui konsensus itu.
7. Terapkan hasil dengan menggunakan diagram sebab-akibat itu, dengan cara mengembangkan dan mengimplementasikan tindakan korektif, serta memonitor hasil-hasil untuk menjamin bahwa tindakan korektif yang dilakukan itu efektif karena telah menghilangkan akar penyebab dari masalah yang dihadapi.



**Gambar 2.1** *Fishbone Diagram*

(Sumber : Gasperz, 2005)

## 2.3 Hipotesa dan Kerangka Teoritis

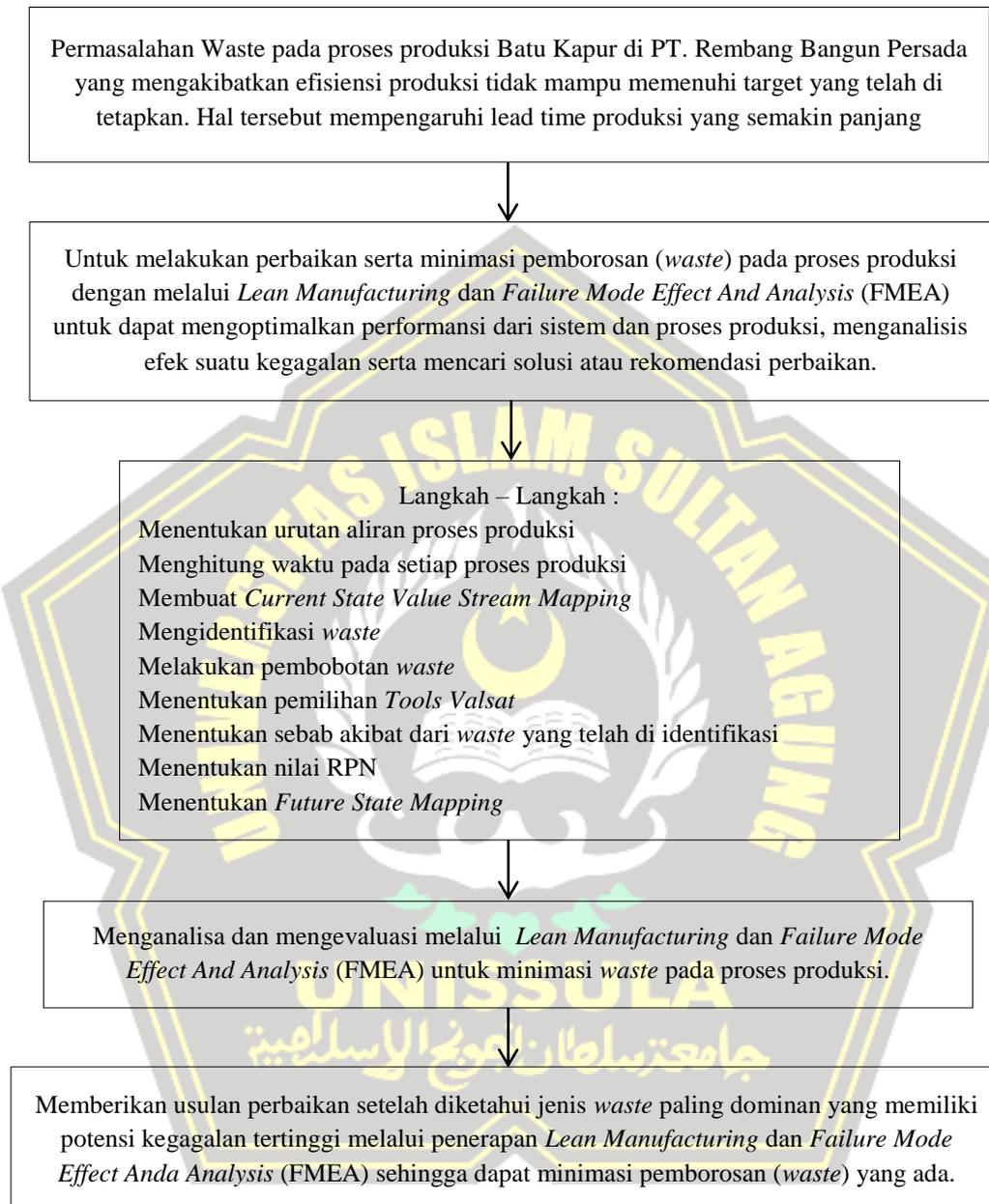
Adapun hipotesis dan kerangka teoritis dari penelitian adalah sebagai berikut :

### 2.3.1 Hipotesa

Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada proses produksi terdapat adanya pemborosan atau *waste* menjadikan waktu proses menjadi bertambah serta biaya produksi tetapi tidak memberikan nilai tambah pada produk tersebut. Untuk mengatasi pemborosan (*waste*) tersebut diperlukan perbaikan melalui pendekatan *Lean Manufacturing* untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi aktifitas-aktifitas yang tidak bernilai tambah. Serta menerapkan *Failure Mode Effect And Analysis* (FMEA) untuk menganalisis penyebab terjadinya kegagalan pada proses produksi dan menentukan rancangan perbaikan yang diharapkan *waste* yang ada dapat berkurang.

### 2.3.2 Kerangka Teoritis

Berikut merupakan skema kerangka teoritis penelitian ini yaitu :



**Gambar 2.2** Kerangka Teoritis

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Objek Penelitian**

Obyek penelitian dilakukan di PT. Rembang Bangun Persada merupakan industri manufaktur yang bergerak pada bidang pertambangan dan proses produksi batu kapur. Terletak di pesisir Kabupaten Rembang bagian utara Jawa Tengah lebih tepatnya di desa Tegaldowo Kecamatan Gunem. Waktu penelitian dilaksanakan selama 3 bulan dimulai dari November 2022 – Januari 2023.

#### **3.2 Teknik Pengumpulan Data**

Pada tahap teknik pengumpulan data penelitian ini adalah dengan melalui pendekatan *action research*. *Action Research* adalah kegiatan atau tindakan perbaikan dari perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi dari sistem semula. Data yang diperlukan adalah dari observasi, wawancara, kuisisioner, dokumentasi, gambaran umum serta struktur organisasi pada perusahaan, jumlah tenaga kerja, data proses produksi, waktu proses produksi, urutan proses produksi, data penggunaan material terdahulu, data permintaan dan realisasi produk.

Berikut ini merupakan pengertian dari data primer dan data sekunder :

1. **Data Primer**

Data primer merupakan data yang diperoleh dari sumber asli. Data primer dapat berupa opini subjek secara individual atau kelompok, hasil observasi kejadian atau kegiatan. Data ini didapat dari metode – metode wawancara dan penyebaran kuisisioner kepada pihak – pihak yang kompeten.

2. **Data Sekunder**

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung. Data sekunder dapat dikatakan data yang dikumpulkan dengan mencatat data dan informasi dari laporan perusahaan. Data sekunder tersebut biasanya berbentuk dokumen, file, arsip atau catatan – catatan perusahaan. Data ini diperoleh melalui dokumentasi perusahaan dan literatur yang berhubungan dengan penelitian selama periode tertentu

### 3.3 Pengujian Hipotesa

Pada tahap ini adalah dilakukan pengujian hipotesa dengan tujuan agar permasalahan yang ada pada perumusan masalah dapat terpecahkan dan ditemukan solusi yang tepat, dengan membuat *current state value stream mapping* terlebih dahulu kemudian ditemukan pemborosan (*waste*) yang terdapat pada proses produksi, melakukan identifikasi *waste* dengan membuat tabel VA, NVA dan NNVA, melakukan pembobotan *waste*, menentukan *tools valsat*, menentukan akar permasalahan dengan diagram sebab akibat dari *waste* yang telah diidentifikasi, menghitung nilai RPN dan memberikan usulan perbaikan serta perancangan *future state mapping*.

### 3.4 Metode Analisis

Untuk membahas permasalahan yang diteliti maka diperlukan metode analisis. Pada tahap ini dilakukan analisis data yang telah diperoleh dan terhadap hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan :

1. Melakukan pengamatan awal pada proses produksi dan identifikasi produk.
2. Merumuskan masalah yang terjadi pada proses produksi.
3. Menentukan tujuan penelitian.
4. Pengumpulan data yang meliputi, observasi secara langsung, wawancara, penyebaran kuisioner terkait identifikasi *waste* yang terdapat pada proses produksi, data proses produksi, urutan proses produksi, waktu proses produksi, data permintaan dan realisasi produk, data penggunaan material terdahulu serta jumlah tenaga kerja.
5. Menghitung waktu pada setiap proses produksi.
6. Membuat *current state value stream mapping*.
7. Identifikasi pemborosan (*waste*) dengan tabel VA, NVA, dan NNVA.
8. Pembobotan *waste*.
9. Menentukan *tools valsat*.
10. Menentukan akar permasalahan dengan *fishbone diagram*.

11. Analisa dari efek kegagalan, penyebab kegagalan, *severity*, *occurance*, dan *detection*, sehingga diperoleh nilai RPN. Nilai RPN untuk mengetahui jenis *waste* yang memiliki potensi kegagalan tertinggi dan perlu dilakukan rekomendasi perbaikan.
12. Memberikan rekomendasi perbaikan dari apa yang telah dianalisa sebelumnya, yaitu berdasarkan perhitungan, serta nilai RPN tertinggi yang dihasilkan dari analisis FMEA terkait dengan jenis *waste* yang telah teridentifikasi.

### 3.5 Pembahasan

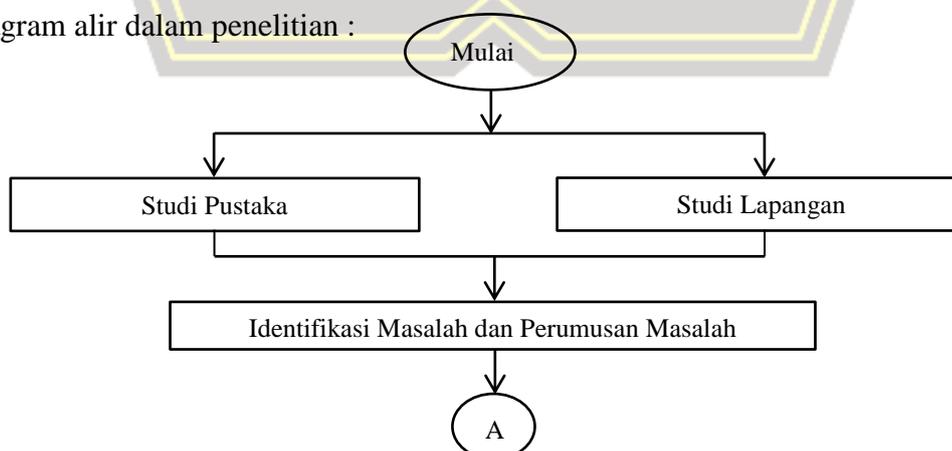
Pada tahap ini setelah proses pengolahan data maka hasil penelitian tersebut akan dilakukan pembahasan dengan menjelaskan data yang sesuai dari hasil pengolahan data tersebut.

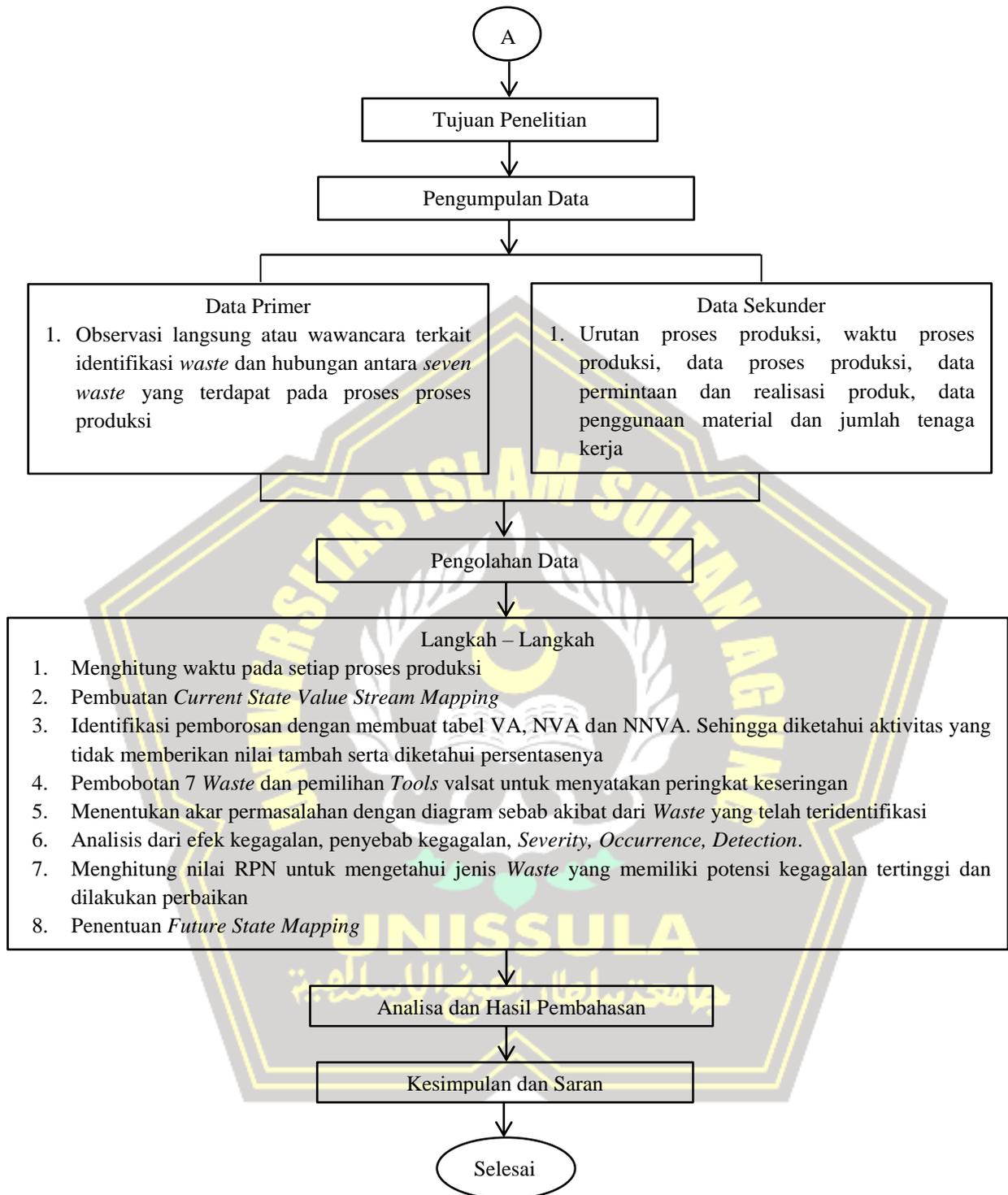
### 3.6 Penarikan Kesimpulan

Pada tahap ini yaitu langkah terakhir dalam suatu penelitian adalah penarikan kesimpulan yang berisi dari hasil akhir pengolahan data dan pembahasan. Selain itu berisi tentang saran yang bermanfaat bagi perusahaan sebagai masukan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

### 3.7 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dibuat sebagai rencana atau tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian mulai dari awal sampai selesai. Berikut ini merupakan diagram alir dalam penelitian :





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

## **BAB IV**

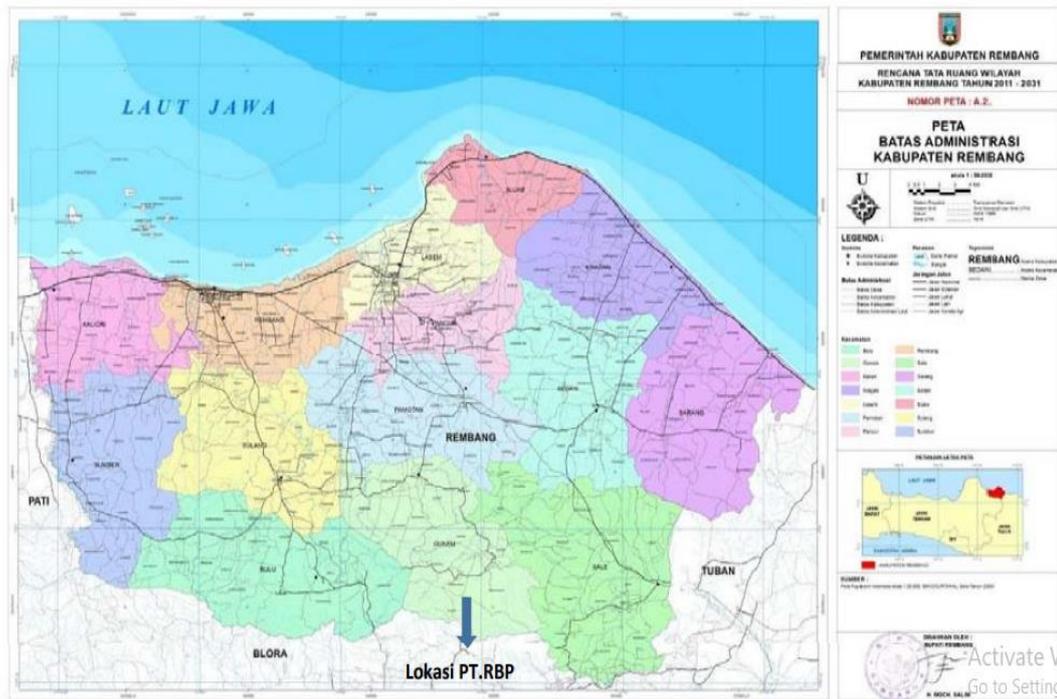
### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Pengumpulan Data**

Data yang dikumpulkan merupakan data yang akan dilakukan pengolahan dalam penelitian untuk mendapatkan penyelesaian. Berikut adalah pengumpulan data yang telah diperoleh yaitu :

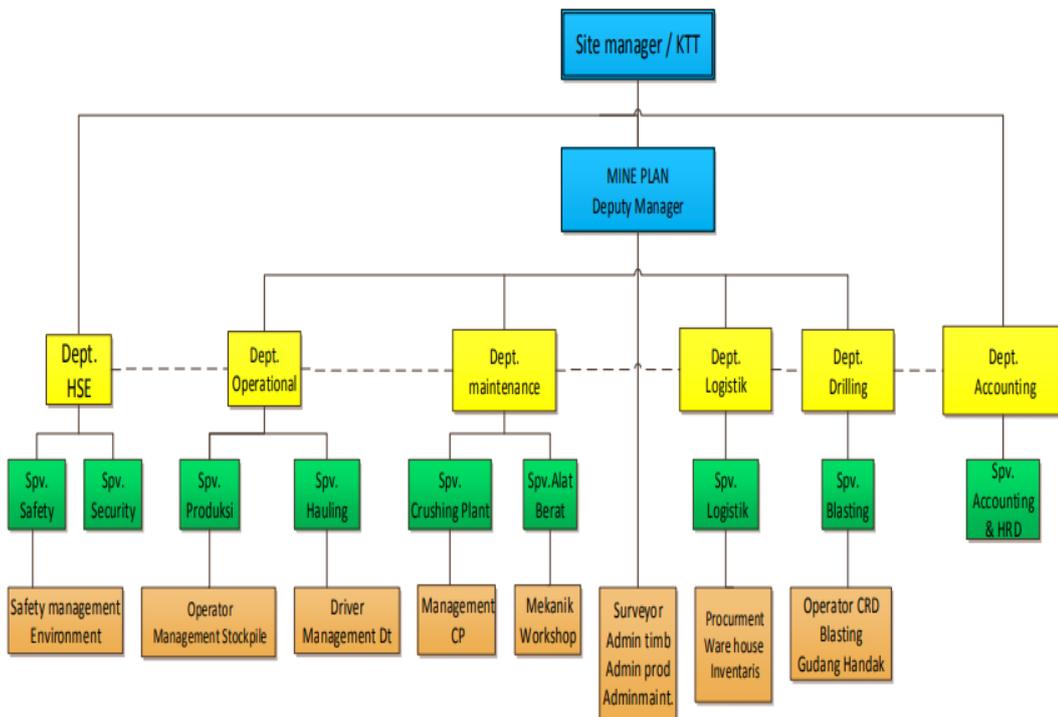
##### **4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan**

Gambaran Umum Perusahaan PT. Rembang Bangun Persada (RBP) adalah perusahaan afiliasi dari PT. Bangun Arta Mineral, produsen batu kapur dan turunannya yang berbasis di Surabaya, Jawa Timur. Kedua perusahaan tersebut tergabung dalam Bangun Arta Group, yang pertama bertanggung jawab atas kegiatan penggalian dan yang kedua bertanggung jawab atas pengembangan dan pemasaran produk. Sejak 2011, RBP telah mengoperasikan tambang batu kapur di pesisir Kabupaten Rembang di Jawa Tengah bagian utara. Tambang tersebut meliputi area pegunungan karst kapur seluas 38 ha, dengan ketinggian hingga 450 m di atas permukaan laut, di Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem, sekitar 3 km dari pusat kota Rembang. Berdasarkan penilaian PT. Surveyor Indonesia, tambang RBP diperkirakan mengandung cadangan hipotetik hingga 33 juta ton batu gamping yang diendapkan hingga kedalaman 30 m dari permukaan. Produk batu kapur perusahaan terutama dijual ke pembangkit listrik tenaga uap terdekat (PLTU Tanjung Jati B) di Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Untuk mendukung layanan pengiriman laut ke pelanggan di pasar lain, perusahaan telah membangun *private stockpile* dan dermaga, yang menempati area seluas 8.100 m<sup>2</sup> di pelabuhan Tanjung Bonang di distrik Sluke. *Stockpile* memiliki kapasitas 35.000 ton dan dilengkapi dengan konveyor pemuatan tongkang, dimana produk batu kapur dimuat langsung ke tongkang berkapasitas 1.000 ton per jam.



**Gambar 4.1** Peta Batas Administrasi Kabupaten Rembang dan Lokasi PT. RBP  
(Sumber : Dokumen Perusahaan, 2022)

**Bagan Struktur Organisasi PT. Rembang Bangun Persada Site Tegaladowo**



**Gambar 5.2** Bagan Struktur Organisasi PT. Rembang Bangun Persada  
(Sumber : Dokumen Perusahaan, 2022)

#### 4.1.2 Urutan Proses Produksi

Berikut merupakan proses produksi Batu Kapur di PT. Rembang Bangun Persada :

##### 1. Penambangan Batu Kapur

Dalam melakukan penambangan batu andesit terdapat beberapa proses yang dilakukan, proses tersebut antara lain :

###### a. Pengeboran

Pengeboran adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk melubangi permukaan tambang, kegiatan ini dilakukan untuk memasukan bahan peledak untuk melakukan proses *blasting*.



**Gambar 6.3** Pengeboran Permukaan Tambang Batu Kapur

(Sumber : <https://bangunarta.co.id> 2022)

###### b. Peledakan (*Blasting*)

*Blasting* adalah suatu proses pemecahan atau penghancuran suatu material dengan cara melakukan meledakkan atau dengan menggunakan bahan peledak.



**Gambar 7.4** Proses Peledakan Batu Kapur

(Sumber : Dokumen Pribadi 2022)

c. Penggalian / Penambangan (*Excavator*)

Penggalian adalah suatu kegiatan yang meliputi pengambilan segala jenis barang galian. Lokasi yang sudah dilakukan proses *blasting* kemudian digali untuk selanjutnya dilakukan proses pemuatan.



**Gambar 8.5** Proses Penambangan Batu Kapur

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2022)

d. Pemuatan

Pemuatan atau dalam istilah lain disebut *loading* adalah proses untuk memasukan material hasil penggalian ke dalam alat angkut atau *dump truck*.



**Gambar 9.6** Proses Pemuatan Batu Kapur Menggunakan *Dump Truck*

(Sumber : <https://bangunarta.co.id> 2022)

e. Pengangkutan

Pengangkutan adalah kegiatan penambangan yang meliputi pekerjaan membawa atau mengangkut material sampai ketempat pengolahan untuk dilakukan proses peremukan.



**Gambar 10.7** Proses Pengangkutan Batu Kapur Menggunakan *Wheel Loader*  
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2022)

## 2. Pengolahan Batu Kapur (*Crushing Plant*)

Proses pengolahan yang berasal dari bahan baku galian menjadi produk yang bisa digunakan. Bahan baku hasil galian yang diubah menjadi bahan baku siap pakai sesuai dengan fungsinya.

### a. *Hopper*

Penampung umpan atau *hopper* merupakan bagian dari rangkaian peralatan unit peremuk yang berfungsi sebagai penerima material umpan yang digunakan PT. Rembang Bangun Persada yang berbentuk trapesium dengan ukuran bagian permukaan atas (4 x 4,5 m), bagian bawah (3,35 x 0,05 m), dan tinggi 2,40 m. Volume *hopper* sebesar 23,58 m<sup>3</sup>, dengan kapasitas 55,88 ton.



**Gambar 11.8** *Hopper*

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2022)

b. *Vibrating Grizzly Feeder*

Proses kerja pada alat *vibrating grizzly feeder* adalah mengirimkan umpan ke *jaw crusher primer*. Posisi kegiatan *feeding* terletak di bawah *hopper* dengan dimensi (1750 x1050) mm. Ukuran umpan maksimal 800 mm.



**Gambar 12.9** *Vibrating Grizzly Feeder*

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2022)

c. *Primary Crusher (Jaw Crusher)*

Proses peremukan Batu Kapur dengan *jaw crusher* dengan *close side setting* 200 mm. Hasil dari peremukan pada *primary crusher* akan diangkut menggunakan *belt conveyor* menuju ke peremukan sekunder.



**Gambar 13.10** *Jaw Crusher*

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2022)

d. *Secondary Crusher (Cone Crusher)*

*Secondary crusher* merupakan peremukan tahap kedua, alat yang digunakan adalah *cone crusher*. Ukuran umpan yang digunakan 150 mm, dengan ukuran produk terbesar yang dihasilkan adalah 70 mm.



**Gambar 14.11** *Cone Crusher*  
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2022)

e. *Vibrating Screen*

*Vibrating screen* adalah alat yang digunakan untuk memisahkan ukuran material hasil proses peremukan berdasarkan besarnya ukuran dari lubang bukaan (*opening*) pada ayakan yang dinyatakan dengan ukuran mili meter (mm) atau dapat juga dinyatakan dengan satuan mesh.



**Gambar 15.12** *Vibrating Screen*  
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2022)

### 4.1.3 Data Proses Produksi

Berikut ini merupakan data proses produksi Batu Kapur pada tahun 2022 di PT. Rembang Bangun Persada :

**Tabel 4.1** Data Proses Produksi Batu Kapur Tahun 2022 PT. Rembang Bangun Persada

No.	Deskripsi					
	Bulan	Pengupasan Lapisan (Ton)		Mineral Yang Di Olah (Ton)	Produksi Hasil Pengolahan / Pemurnian (Ton)	
		Rencana	Realisasi		Rencana	Realisasi
1.	Januari	2500	4000	32740	16750	5670.55
2.	Februari	2500	8000	32740	16750	4224.31
3.	Maret	2500	-	32740	16750	1547.45
4.	April	2500	4000	32740	16750	7462.60
5.	Mei	2500	-	32740	16750	3732.44
6.	Juni	2500	-	32740	16750	7963.57
7.	Juli	2500	-	32740	12888	8569.35
8.	Agustus	2500	-	32740	25250	20102.61
9.	September	2500	-	32740	25250	20465.02
10.	Oktober	2500	-	32740	20650	16687.25
11.	November	2500	-	32740	18240	12000
12.	Desember	2500	-	32740	32500	24000
<b>Total</b>		<b>30000 Ton</b>	<b>16000 Ton</b>	<b>392880 Ton</b>	<b>235.278 Ton</b>	<b>132.425,15 Ton</b>

(Sumber : Dokumen Perusahaan PT. RBP, 2022)

### 4.1.4 Data Permintaan dan Realisasi Produk

Berikut ini merupakan permintaan dan realisasi produk dari pembeli Batu Kapur pada tahun 2022 di PT. RBP :

**Tabel 4.2** Data Permintaan Dan Realisasi Produk Dari Pembeli Batu Kapur Tahun 2022 PT. RBP

No.	Bulan	Permintaan (Ton)		Realisasi (Ton)	
		Domestic	Pembeli	Domestic	Pembeli
1.	Januari	12000	PLTU Tanjung Jati B Jepara	3000	PLTU Tanjung Jati B Jepara
2.	Februari	12000	PLTU Tanjung Jati B Jepara	15000	PT. S G Pabrik Rembang
3.	Maret	12000	PLTU Tanjung Jati B Jepara	3000	PLTU Tanjung Jati B Jepara
4.	April	12000	PLTU Tanjung Jati B Jepara	3000	PLTU Tanjung Jati B Jepara
5.	Mei	12000	PLTU Tanjung Jati B Jepara	3000	PLTU Tanjung Jati B Jepara
6.	Juni	12000	PLTU Tanjung Jati B Jepara	6000	PLTU Tanjung Jati B Jepara
7.	Juli	12000	PLTU Tanjung Jati B Jepara	6000	PLTU Tanjung Jati B Jepara
8.	Agustus	12000	PLTU Tanjung Jati B Jepara	9000	PLTU Tanjung Jati B Jepara
9.	September	12000	PLTU Tanjung Jati B Jepara	9000	PLTU Tanjung Jati B Jepara
10.	Oktober	12000	PLTU Tanjung Jati B Jepara PT. Krakatau PCC	9000 7500	PLTU Tanjung Jati B Jepara PT. Krakatau PCC
11.	November	12000	PLTU Tanjung Jati B Jepara	6000	PLTU Tanjung Jati B Jepara
12.	Desember	12000	PLTU Tanjung Jati B Jepara	12000	PLTU Tanjung Jati B Jepara
<b>Total</b>			<b>144.000 Ton</b>		<b>85.000 Ton</b>

(Sumber : Dokumen Perusahaan PT. RBP, 2022)

#### 4.1.5 Data Penggunaan Material

Berikut ini merupakan data penggunaan material pada tahun 2022 di PT. Rembang Bangun Persada :

**Tabel 4.3** Data Penggunaan Material Tahun 2022 PT. Rembang Bangun Persada

No.	Kategori	Jenis Alat / Bahan	Rencana Penggunaan	Realisasi Penggunaan
1.	Raw Material	Batu Kapur (Ton)	235.278 ton	132.425,15 ton
2.	Bahan Peledak	Bahan Peledak Peka Primer (kg)		
		Anfo	150,000 kg	17,350 kg
		Bahan Peledak Peka Detonator (kg)		
		Dayagel	2280 kg	226 kg
		Detonator (biji)		
		Detonator	7,500 biji	900 biji
		Aksesoris Peledakan (Rol)		
		Kabel	1950 Rol	126 Rol
		Solasi	1500 Rol	232 Rol
		Bahan Berbahaya dan Beracun (liter)		
		Solar / Fuel Diesel	288,000 Liter	188,649 Liter
Minyak Pelumas	10,051 Liter	5,789 Liter		
3.	Bahan Cair	Bahan Berbahaya dan Beracun (liter)		
		Solar / Fuel Diesel	288,000 Liter	188,649 Liter
		Minyak Pelumas	10,051 Liter	5,789 Liter
4.	Alat Penambangan	Alat Gali / Muat		Kapasitas
		Excavator CAT 320 C		0,8 m <sup>3</sup>
		Excavator CAT 329 D		1,8 m <sup>3</sup>
		Excavator CAT 329 D		1,8 m <sup>3</sup>
		Excavator DOOSAN DX 340 LCA		2,3 m <sup>3</sup>
		Alat Angkut		Kapasitas
		Dump Truck NISSAN 215 PK		15 ton
		Dump Truck UD SCANIA 260 CWA		20 ton
		Alat Bor		Kapasitas
		CRD Atlas Copco		24 m/jam
		CRD Marton Jun Jin JD-800, JET - 8		36 m/jam
		Alat Dorong		Kapasitas
		Wheel Loader 350 KOMATSU		2,5 m <sup>3</sup>
		Wheel Loader 200 KOMATSU		4 m <sup>3</sup>
		Alat Penunjang Lainnya		Kapasitas
Excavator (Breaker) 320 D		-		

(Sumber : Dokumen Perusahaan PT. RBP, 2022)

#### 4.1.6 Jumlah Tenaga Kerja

Berikut ini merupakan data jumlah tenaga kerja di PT. Rembang Bangun Persada :

**Tabel 4.4** Data Jumlah Tenaga Kerja di PT. Rembang Bangun Persada

(Sumber : Dokumen Perusahaan PT. RBP, 2022)

No.	Klasifikasi Jabatan	Jumlah
1.	Manajer	1
2.	Ass.Manajer	1
3	Koordinator	8
4.	Operator	15
5.	Administrasi	5
6.	Terampil	8
7.	Tidak Terampil	20
<b>Total</b>	<b>58 Tenaga Kerja</b>	

#### 4.1.7 Jam Kerja dan Jumlah Jam Produksi

Berikut ini merupakan data jam kerja dan jumlah jam produksi batu kapur di PT. Rembang Bangun Persada :

- a. Jumlah jam kerja/hari (07.00 – 17.00) : 10 jam
- b. Waktu istirahat : 1 jam
- c. Jumlah waktu produksi : 9 jam
- d. Kapasitas *crusher* tonase batu kapur jam : 250 ton/jam

#### 4.1.8 Data Waktu Pengukuran

Berikut di bawah ini merupakan data waktu pengukuran meliputi data waktu proses operasi, transportasi dan waktu *setup* mesin pada proses produksi peremukan di PT. Rembang Bangun Persada :

##### a. Waktu Proses Operasi

**Tabel 4.5** Waktu Pengamatan Aktivitas Proses Operasi (Menit)

No.	Jenis Aktivitas	Alat/Mesin	Pengamatan Ke – (Menit)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Penambangan	<i>Excavator</i>	0,22	0,25	0,24	0,22	0,24	0,23	0,24	0,22	0,25	0,23
2.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Kedalam <i>Dump Truck</i>	<i>Excavator</i>	0,18	0,20	0,18	0,19	0,20	0,18	0,20	0,18	0,19	0,18
3.	Pemuatan	<i>Dump Truck</i>	15	14,4	15,2	14,6	15	14,6	15,5	15	14,5	15,4

Tabel 4.5 Waktu Pengamatan Aktivitas Proses Operasi (Menit) Lanjutan

No.	Jenis Aktivitas	Alat/Mesin	Pengamatan Ke – (Menit)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Yang Memuat Material Untuk Dilakukan Proses Penimbangan	–	12	13,3	13	12,8	13,5	12	12,6	13	12,5	13,4
5.	Penimbangan Tonase Batu Kapur	Jembatan Timbang	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6
6.	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Dari Proses Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	–	7,4	6,8	8	8,2	8	7,5	6,5	7	7,6	8,5
7.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh <i>Dump Truck</i> ( <i>Dumping</i> )	<i>Dump Truck</i>	5,4	6	5,5	6,2	5	6	5,8	6,4	5	6,3
8.	Menunggu Proses Persiapan Awal (Pengecekan dan Proses Pengoperasian Alat/Mesin) Pada <i>Stone Crusher</i>	–	25	24,8	24,5	25,2	25	24,6	24,8	25,4	25	24,5
9.	Pengangkutan Material	<i>Wheel Loader</i>	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25	0,26	0,26	0,25	0,25	0,26
10.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh <i>Wheel Loader</i> Akan Diumpakan Ke Dalam Mesin <i>Hopper</i>	<i>Wheel Loader</i>	0,16	0,15	0,16	0,18	0,15	0,17	0,16	0,17	0,15	0,15
11.	Menerima Umpan Dari <i>Wheel Loader</i>	<i>Jaw Cruher</i>	5	6	5	4	6	5	5	4	6	6
12.	Memisahkan Bongkahan Material Dari Tanah dan Mengontrol Material Yang Akan Masuk Ke Dalam Proses <i>Primary Crusher</i>	<i>Vibrating Grizzly Feeder</i>	2	2,4	1,8	2,2	2	2,4	1,8	2	2,4	2,5

Tabel 4.5 Waktu Pengamatan Aktivitas Proses Operasi (Menit) Lanjutan

No.	Jenis Aktivitas	Alat/Mesin	Pengamatan Ke – (Menit)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13.	<i>Primary Crusher</i>	<i>Jaw Crusher</i>	8	7	8	7	7	8	7	8	8	7
14.	<i>Secondary Crusher</i>	<i>Cone Crusher</i>	4	5	5	4	5	4	4	5	4	5
15.	<i>Tertiary Crusher</i>	<i>Impact Crusher</i>	3	4	4	3	4	3	3	4	4	3
16.	<i>Screening (Pengayaan)</i>	<i>Vibrating Screen</i>	9	7	8	8	9	7	8	7	9	8

## b. Waktu Transportasi

Tabel 4.6 Waktu Pengamatan Aktivitas Transportasi (Menit)

No.	Jenis Aktivitas	Alat/Mesin	Pengamatan Ke – (Menit)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	<i>Dump Truck</i> Memuat Material Dari Lokasi Pertambangan Menuju Ke Jembatan Timbang	<i>Dump Truck</i>	10	10,4	9,8	9,5	10,2	10	10,5	9,6	10	10,5
2.	Dari Tempat Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	<i>Dump Truck</i>	6	6,5	7	7,2	6	7,4	7	6,8	6,4	7,3
3.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Hopper</i> dan <i>Vibrating Grizzly Feeder</i> Menuju Ke Proses <i>Primary Crusher</i>	<i>Belt Conveyor 1</i>	3,8	4,3	3,5	3,6	3,4	4,2	3,5	4,2	3,5	3,2
4.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Jaw Crusher (Primary Crusher)</i> Menuju Ke Proses <i>Secondary Crusher</i>	<i>Belt Conveyor 2</i>	3	2,8	3,2	3	2,6	3,4	3	2,5	3	2,7
5.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Cone Crusher (Secondary Crusher)</i> Menuju Ke <i>Tertiary Crusher</i>	<i>Belt Conveyor 3</i>	2	1,8	2	2,2	2	1,8	2	1,9	2	1,9
6.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada <i>Tertiary Crusher</i> Menuju Ke Proses Pengayaan ( <i>Screening</i> )	<i>Belt Conveyor 4</i>	4	3,5	3	4	3,6	3,8	4	3	3,5	4

**Tabel 4.6** Waktu Pengamatan Aktivitas Transportasi (Menit) Lanjutan

No.	Jenis Aktivitas	Alat/Mesin	Pengamatan Ke – (Menit)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 1 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (50 mm – 20 mm)	<i>Belt Conveyor</i> 5	3	2,5	3	2,8	2,6	2,7	3	3	2,5	2,7
8.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 2 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (20 mm – 10 mm)	<i>Belt Conveyor</i> 6	2	2,2	2	2,4	2	2	2,4	2,3	2	2,2
9.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 3 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (10 mm – 1 mm)	<i>Belt Conveyor</i> 7	1,8	2	1,6	2	1,7	1,8	2	1,9	1,7	2
10.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 4 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (200 mesh – 100 mesh)	<i>Belt Conveyor</i> 8	1	1,5	1	1,4	1,2	1	1,2	1,4	1,3	1

### c. Waktu Setup Mesin

**Tabel 4.7** Waktu Pengamatan Aktivitas *Setup* Mesin (Menit)

No.	Jenis Aktivitas	Alat/Mesin	Pengamatan Ke – (Menit)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Persiapan Alat/Mesin	<i>Hopper</i>	8	8,5	8,2	8	8,4	8	8,2	8,5	8,4	8
2.	Persiapan Alat/Mesin	<i>Vibrating Grizzly Feeder</i>	3	4	3	3	4	4	3	4	3	3
3.	Persiapan Alat/Mesin	<i>Jaw Crusher</i>	5	6	5	6	5	5	6	5	6	6
4.	Persiapan Alat/Mesin	<i>Cone Crusher</i>	3	2	3	2	2	3	2	3	3	2
5.	Persiapan Alat/Mesin	<i>Impact Crusher</i>	4	3	3	4	3	4	4	3	4	3
6.	Persiapan Alat/Mesin	<i>Vibrating Screen</i>	6	7	6	6	7	6	7	7	6	7

## 4.2 Pengolahan Data

Setelah semua data waktu pada setiap masing – masing proses telah terkumpul, maka data perlu dilakukan pengolahan. Berikut merupakan tahapan pengolahan data pada proses produksi batu kapur di PT. Rembang Bangun Arta :

### 4.2.1 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui cukup atau tidaknya data yang telah di ambil melalui pengamatan dan pengukuran secara langsung pada proses produksi. Uji kecukupan data ini, digunakan tingkat kepercayaan 5% dan 95%.

#### a. Uji Kecukupan Data Waktu Proses Operasi

Berikut merupakan perhitungan uji kecukupan data waktu proses operasi pada tahap penambangan :

**Tabel 4.8** Uji Kecukupan Data Proses Operasi Tahap Penambangan

No.	Xi (Menit)	Xi <sup>2</sup>
1.	0,22	0,0484
2.	0,25	0,0625
3.	0,24	0,0576
4.	0,22	0,0484
5.	0,24	0,0576
6.	0,23	0,0529
7.	0,24	0,0576
8.	0,22	0,0484
9.	0,25	0,0625
10.	0,23	0,0529
<b>Jumlah (<math>\sum x</math>)</b>	<b>2,34</b>	<b>0,5488</b>

Diketahui	:
N	= 10
k	= 2 (Tingkat kepercayaan 95%)
s	= 5%
$\sum x$	= 2,34
$(\sum x)^2$	= 5,4756
$\sum x^2$	= 0,5488

Ditanyakan :

$$N' = \dots?$$

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

$$N' = \left[ \frac{2 / \sqrt{0,05 \sqrt{(10 \times 0,5488) - (5,4756)}}}{2,34} \right]^2$$

$$N' = 3,62$$

Keterangan :

N = Jumlah pengamatan

Xi = Data pengamatan

Ni = Jumlah pengamatan yang harus dilakukan

Kesimpulan : Karena  $N' < N$  maka data waktu proses penambangan adalah cukup.

Berikut merupakan rekapitulasi dari hasil perhitungan uji kecukupan data proses operasi :

**Tabel 4.9** Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Waktu Proses Operasi

No.	Proses	$\sum x$	$\sum x^2$	$(\sum x)^2$	N'	N	Keterangan
1.	Penambangan	2,34	0,5488	5,4756	3,62	10	Cukup
2.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Kedalam <i>Dump Truck</i>	1,88	0,3542	3,5344	3,44	10	Cukup
3.	Pemuatan	149,2	2227,38	22260,64	0,94	10	Cukup
4.	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Yang Memuat Material Untuk Dilakukan Proses Penimbangan	128,1	1643,55	16409,61	2,52	10	Cukup
5.	Penimbangan Tonase Batu Kapur	5,5	3,05	30,25	3,63	10	Cukup
6.	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Dari Proses Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	75,5	573,75	5700,25	3,23	10	Cukup
7.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh <i>Dump Truck</i> ( <i>Dumping</i> )	57,6	334,14	3317,76	3,37	10	Cukup
8.	Menunggu Proses Persiapan Awal (Pengecekan dan Proses Pengoperasian Alat/Mesin) Pada <i>Stone Crusher</i>	248,8	6190,94	61901,44	0,20	10	Cukup

**Tabel 4.9** Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Waktu Proses Operasi (Lanjutan)

No.	Proses	$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	$(\Sigma x)^2$	N'	N	Keterangan
9.	Pengangkutan Material	2,51	0,6305	6,3001	1,24	10	Cukup
10.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh <i>Wheel Loader</i> Akan Diumpakan Ke Dalam Mesin <i>Hopper</i>	1,6	0,257	2,56	6,25	10	Cukup
11.	Menerima Umpan Dari <i>Wheel Loader</i>	52	276	2704	5,75	10	Cukup
12.	Memisahkan Bongkahan Material Dari Tanah dan Mengontrol Material Yang Akan Masuk Ke Dalam Proses <i>Primary Crusher</i>	21,5	46,85	462,25	4,65	10	Cukup
13.	<i>Primary Crusher</i>	75	565	5625	2,66	10	Cukup
14.	<i>Secondary Crusher</i>	45	205	2025	4,44	10	Cukup
15.	<i>Tertiary Crusher</i>	35	125	1225	5,71	10	Cukup
16.	<i>Screening</i> (Pengayaan)	80	646	6400	3,87	10	Cukup

#### b. Uji Kecukupan Data Waktu Transportasi

Berikut merupakan perhitungan uji kecukupan data waktu transportasi *dump truck* memuat material dari lokasi pertambangan menuju ke jembatan timbang :

**Tabel 4.10** Uji Kecukupan Data Waktu Transportasi *Dump Truck* Memuat Material Dari Lokasi Pertambangan Menuju Ke Jembatan Timbang

No.	$X_i$ (Menit)	$X_i^2$
1.	10	100
2.	10,4	108,16
3.	9,8	96,04
4.	9,5	90,25
5.	10,2	104,04
6.	10	100
7.	10,5	110,25
8.	9,6	92,16
9.	10	100
10.	10,5	110,25
<b>Jumlah (<math>\Sigma x</math>)</b>	<b>100,5</b>	<b>1011,15</b>

Diketahui :

N = 10

k = 2 (Tingkat kepercayaan 95%)

s = 5%

$\sum x$  = 100,5

$(\sum x)^2$  = 10100,25

$\sum x^2$  = 1011,15

Ditanyakan :

N' = .....?

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

$$N' = \left[ \frac{2 / 0,05 \sqrt{(10 \times 1011,15) - (10100,25)}}{100,5} \right]^2$$

N' = 1,78

Keterangan :

N = Jumlah pengamatan

Xi = Data pengamatan

Ni = Jumlah pengamatan yang harus dilakukan

Kesimpulan : Karena  $N' < N$  maka data waktu proses transportasi *dump truck* memuat material dari lokasi pertambangan menuju ke jembatan timbang.

Berikut merupakan rekapitulasi dari hasil perhitungan uji kecukupan data pada proses transportasi :

**Tabel 4.11** Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Waktu Transportasi

No.	Proses	$\sum x$	$\sum x^2$	$(\sum x)^2$	N'	N	Keterangan
1.	<i>Dump Truck</i> Memuat Material Dari Lokasi Pertambangan Menuju Ke Jembatan Timbang	100,5	1011,15	10100,25	1,78	10	Cukup
2.	Dari Tempat Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	67,6	459,34	4569,76	2,88	10	Cukup
3.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Hopper</i> dan <i>Vibrating Grizzly Feeder</i> Menuju Ke Proses <i>Primary Crusher</i>	38,2	147,12	1459,24	3,62	10	Cukup

**Tabel 4.11** Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Waktu Transportasi (Lanjutan)

No.	Proses	$\sum x$	$\sum x^2$	$(\sum x)^2$	N'	N	Keterangan
4.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Jaw Crusher</i> ( <i>Primary Crusher</i> ) Menuju Ke Proses <i>Secondary Crusher</i>	29,2	85,94	852,64	3,56	10	Cukup
5.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Cone Crusher</i> ( <i>Secondary Crusher</i> ) Menuju Ke <i>Tertiary Crusher</i>	19,6	38,54	384,16	2,27	10	Cukup
6.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada <i>Tertiary Crusher</i> Menuju Ke Proses Pengayaan ( <i>Screening</i> )	36,4	133,9	1234,96	4,11	10	Cukup
7.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 1 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (50 mm – 20 mm)	27,8	77,68	772,84	2,86	10	Cukup
8.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 2 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (20 mm – 10 mm)	21,5	46,49	462,25	3,02	10	Cukup
9.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 3 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (10 mm – 1 mm)	18,5	34,43	342,25	3,09	10	Cukup
10.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 4 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (200 mesh – 100 mesh)	12	14,74	144	6,12	10	Cukup

c. **Uji Kecukupan Data Waktu *Setup* Mesin**

Berikut merupakan perhitungan uji kecukupan data waktu *setup* mesin *hopper* :

**Tabel 4.12** Uji Kecukupan Data Waktu *Setup* Mesin *Hopper*

No.	$X_i$ (Menit)	$X_i^2$
1.	8	64
2.	8,5	72,25
3.	8,2	67,24
4.	8	64
5.	8,4	70,56
6.	8	64
7.	8,2	67,24
8.	8,5	72,25
9.	8,4	70,56
10.	8	64
<b>Jumlah (<math>\sum x</math>)</b>	<b>82,2</b>	<b>676,1</b>

Diketahui	:
N	= 10
k	= 2 (Tingkat kepercayaan 95%)
s	= 5%
$\sum x$	= 82,5
$(\sum x)^2$	= 6756,84
$\sum x^2$	= 676,1

Ditanyakan :

N' = .....?

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

$$N' = \left[ \frac{2 / 0,05 \sqrt{(10 \times 676,1) - (6756,84)}}{82,5} \right]^2$$

N' = 0,98

Keterangan :

N = Jumlah pengamatan

Xi = Data pengamatan

Ni = Jumlah pengamatan yang harus dilakukan

Kesimpulan : Karena N' < N maka data waktu *setup* mesin *hopper* adalah cukup.

Berikut merupakan rekapitulasi dari hasil perhitungan uji kecukupan data pada *setup* mesin :

**Tabel 4.13** Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Waktu *Setup* Mesin

No.	Proses	$\sum x$	$\sum x^2$	$(\sum x)^2$	N'	N	Keterangan
1.	<i>Setup</i> Mesin ( <i>Hopper</i> )	82,5	676,1	6756,84	0,98	10	Cukup
2.	<i>Setup</i> Mesin ( <i>Vibrating Grizzly Feeder</i> )	34	118	1156	5,76	10	Cukup
3.	<i>Setup</i> Mesin ( <i>Jaw Crusher</i> )	55	305	3025	3,63	10	Cukup
4.	<i>Setup</i> Mesin ( <i>Cone Crusher</i> )	25	65	625	8	10	Cukup
5.	<i>Setup</i> Mesin ( <i>Impact Crusher</i> )	35	125	1225	5,71	10	Cukup
6.	<i>Setup</i> Mesin ( <i>Vibrating Screen</i> )	65	425	4225	3,07	10	Cukup

#### 4.2.2 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data digunakan untuk memastikan data yang diambil untuk setiap proses masih berada dalam batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB), sehingga tidak ada data yang diluar batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB).

##### a. Uji Keseragaman Data Waktu Proses Operasi

Berikut merupakan perhitungan uji keseragaman data proses operasi pada tahap pada tahap penambangan :

**Tabel 4.14** Uji Keseragaman Data Operasi Pada Tahap Penambangan

No.	$X_i$	$X_i^2$	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
1.	0,22	0,0484	-0,014	0,000196
2.	0,25	0,0625	0,016	0,000256
3.	0,24	0,0576	0,006	3,6E-05
4.	0,22	0,0484	-0,014	0,000196
5.	0,24	0,0576	0,006	3,6E-05
6.	0,23	0,0529	-0,004	1,6E-05
7.	0,24	0,0576	0,006	3,6E-05
8.	0,22	0,0484	-0,014	0,000196
9.	0,25	0,0625	0,016	0,000256
10.	0,23	0,0529	-0,004	1,6E-05
<b>Jumlah</b>	<b>2,34</b>	<b>0,5488</b>	<b>0</b>	<b>0,00124</b>

Keterangan :

$X_i$  = Data waktu yang diambil dari pengamatan

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata

N = Jumlah data yang diambil

Diketahui :

N = 10

$$\begin{aligned} \bullet \quad \bar{x} / W_s &= \frac{\sum x_i}{N} \\ &= \frac{2,34}{10} \\ &= 0,234 \end{aligned}$$

- Standar Deviasi ( $\sigma$ ) :

$$\begin{aligned}(\sigma) &= \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,00124}{10-1}} \\ &= 0,01\end{aligned}$$

- Batas Kendali Atas :

$$\begin{aligned}\text{BKA} &= \bar{x} + k \cdot \sigma \\ &= 0,234 + (2 \times 0,01) \\ &= 0,254\end{aligned}$$

- Batas Kendali Bawah :

$$\begin{aligned}\text{BKB} &= \bar{x} - k \cdot \sigma \\ &= 0,234 - (2 \times 0,01) \\ &= 0,214\end{aligned}$$

Berikut merupakan rekapitulasi dari hasil perhitungan uji keseragaman data pada proses operasi :

**Tabel 4.15** Rekapitulasi Uji Keseragaman Data Waktu Proses Operasi

No.	Proses	Rata – Rata	Standar Deviasi	BKA	BKB	Min	Max	Keterangan
1.	Penambangan	0,234	0,011	0,254	0,214	0,22	0,25	Seragam
2.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Kedalam <i>Dump Truck</i>	0,188	0,008	0,204	0,172	0,18	0,20	Seragam
3.	Pemuatan	14,92	0,38	15,68	14,16	14,4	15	Seragam
4.	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Yang Memuat Material Untuk Dilakukan Proses Penimbangan	12,81	0,53	13,87	11,75	12	13,5	Seragam
5.	Penimbangan Tonase Batu Kapur	0,55	0,05	0,65	0,45	0,5	0,6	Seragam
6.	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Dari Proses Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	7,55	0,64	8,83	6,27	6,5	8,5	Seragam
7.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh <i>Dump Truck</i> ( <i>Dumping</i> )	5,76	0,51	6,78	4,74	5	6,4	Seragam

**Tabel 4.15** Rekapitulasi Uji Keseragaman Data Waktu Proses Operasi (Lanjutan)

No.	Proses	Rata – Rata	Standar Deviasi	BKA	BKB	Min	Max	Keterangan
8.	Menunggu Proses Persiapan Awal (Pengecekan dan Proses Pengoperasian Alat/Mesin) Pada <i>Stone Crusher</i>	24,88	0,29	25,46	24,3	24,5	25,4	Seragam
9.	Pengangkutan Material	0,251	0,0073	0,2656	0,2364	0,24	0,26	Seragam
10.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh <i>Wheel Loader</i> Akan Diumpakan Ke Dalam Mesin <i>Hopper</i>	0,16	0,01	0,18	0,14	0,15	0,18	Seragam
11.	Menerima Umpan Dari <i>Wheel Loader</i>	5,2	0,78	6,76	3,64	4	6	Seragam
12.	Memisahkan Bongkahan Material Dari Tanah dan Mengontrol Material Yang Akan Masuk Ke Dalam Proses <i>Primary Crusher</i>	2,15	0,26	2,67	1,63	1,8	2,5	Seragam
13.	<i>Primary Crusher</i>	7,5	0,49	8,48	6,52	7	8	Seragam
14.	<i>Secondary Crusher</i>	4,5	0,49	5,48	3,52	4	5	Seragam
15.	<i>Tertiary Crusher</i>	3,5	0,49	4,48	2,52	3	5	Seragam
16.	<i>Screening</i> (Pengayaan)	8	0,81	9,62	6,38	7	9	Seragam

**b. Uji Keseragaman Data Waktu Transportasi**

Berikut merupakan perhitungan uji keseragaman data proses transportasi *dump truck* memuat material dari lokasi pertambangan menuju ke jembatan timbang :

**Tabel 4.16** Uji Keseragaman Data Waktu Transportasi *Dump Truck* Memuat Material Dari Lokasi Pertambangan Menuju Ke Jembatan Timbang

No.	$X_i$	$X_i^2$	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
1.	10	100	-0,05	0,0025
2.	10,4	108,16	0,35	0,1225
3.	9,8	96,04	-0,25	0,0625
4.	9,5	90,25	-0,55	0,3025
5.	10,2	104,04	0,15	0,0225

6.	10	100	-0,05	0,0025
7.	10,5	110,25	0,45	0,2025
8.	9,6	92,16	-0,45	0,2025
9.	10	100	-0,05	0,0025
10.	10,5	110,25	0,45	0,2025
<b>Jumlah</b>	<b>100,5</b>	<b>1011,15</b>	<b>0</b>	<b>1,125</b>

Keterangan :

$X_i$  = Data waktu yang diambil dari pengamatan

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata

$N$  = Jumlah data yang diambil

Diketahui :

$N$  = 10

- $\bar{x} / W_s$  =  $\frac{\sum x_i}{N}$   
 $= \frac{100,5}{10}$   
 $= 10,05$

- Standar Deviasi ( $\sigma$ ) :

$$(\sigma) = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{1,125}{10-1}}$$

$$= 0,35$$

- Batas Kendali Atas :

$$BKA = \bar{x} + k \cdot \sigma$$

$$= 10,05 + (2 \times 0,35)$$

$$= 10,75$$

- Batas Kendali Bawah :

$$BKB = \bar{x} - k \cdot \sigma$$

$$= 10,05 - (2 \times 0,35)$$

$$= 9,35$$

Berikut merupakan rekapitulasi dari hasil perhitungan uji keseragaman data pada proses transportasi :

**Tabel 4.17** Rekapitulasi Uji Keseragaman Data Waktu Transportasi

No.	Proses	Rata – Rata	Standar Deviasi	BKA	BKB	Min	Max	Keterangan
1.	<i>Dump Truck</i> Memuat Material Dari Lokasi Pertambangan Menuju Ke Jembatan Timbang	10,05	0,35	10,75	9,35	9,5	10,5	Seragam
2.	Dari Tempat Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	6,76	0,48	7,72	5,8	6	7,4	Seragam
3.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Hopper</i> dan <i>Vibrating Grizzly Feeder</i> Menuju Ke Proses <i>Primary Crusher</i>	3,82	0,36	4,44	3	3,4	4,3	Seragam
4.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Jaw Crusher (Primary Crusher)</i> Menuju Ke Proses <i>Secondary Crusher</i>	2,92	0,25	3,42	2,42	2,5	3,4	Seragam
5.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Cone Crusher (Secondary Crusher)</i> Menuju Ke <i>Tertiary Crusher</i>	1,96	0,11	2,18	1,74	1,8	2	Seragam
6.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada <i>Tertiary Crusher</i> Menuju Ke Proses Pengayaan ( <i>Screening</i> )	3,64	0,39	4,42	2,86	3,5	4	Seragam
7.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 1 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (50 mm – 20 mm)	2,78	0,20	3,28	2,38	2,5	3	Seragam
8.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 2 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (20 mm – 10 mm)	2,15	0,17	2,49	1,81	2	2,4	Seragam
9.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 3 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (10 mm – 1 mm)	1,85	0,15	2,15	1,55	1,6	2	Seragam
10.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 4 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (200 mesh – 100 mesh)	1,2	0,19	1,58	0,82	1	1,5	Seragam

**c. Uji Keseragaman Data Waktu Setup Mesin**

Berikut merupakan perhitungan uji keseragaman data proses waktu setup mesin hopper :

**Tabel 4.18** Uji Keseragaman Data Waktu Setup Mesin Hopper

No.	$X_i$	$X_i^2$	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
1.	8	64	-0,22	0,0484
2.	8,5	72,25	0,28	0,0784
3.	8,2	67,24	-0,02	0,0004
4.	8	64	-0,22	0,0484
5.	8,4	70,56	0,18	0,0324
6.	8	64	-0,22	0,0484
7.	8,2	67,24	-0,02	0,0004
8.	8,5	72,25	0,28	0,0784
9.	8,4	70,56	0,18	0,0324
10.	8	64	-0,22	0,0484
<b>Jumlah</b>	<b>82,2</b>	<b>676,1</b>	<b>0</b>	<b>0,416</b>

Keterangan :

$X_i$  = Data waktu yang diambil dari pengamatan

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata

$N$  = Jumlah data yang diambil

Diketahui :

$N = 10$

- $\bar{X} / W_s = \frac{\sum x_i}{N}$   
 $= \frac{82,2}{10}$   
 $= 8,22$

- Standar Deviasi ( $\sigma$ ) :

$$\begin{aligned}
 (\sigma) &= \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,416}{10-1}} \\
 &= 0,21
 \end{aligned}$$

- Batas Kendali Atas :  

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \bar{x} + k \cdot \sigma \\ &= 8,22 + (2 \times 0,21) \\ &= 8,64 \end{aligned}$$
- Batas Kendali Bawah :  

$$\begin{aligned} \text{BKB} &= \bar{x} - k \cdot \sigma \\ &= 8,22 - (2 \times 0,21) \\ &= 7,8 \end{aligned}$$

Berikut merupakan rekapitulasi dari hasil perhitungan uji keseragaman data pada proses *setup* mesin :

**Tabel 4.19** Rekapitulasi Uji Keseragaman Data Waktu *Setup* Mesin

No.	Proses	Rata – Rata	Standar Deviasi	BKA	BKB	Min	Max	Keterangan
1.	<i>Setup (Hopper)</i>	8,22	0,21	8,64	7,8	8	8,5	Seragam
2.	<i>Setup (Vibrating Grizzly Feeder)</i>	3,4	0,51	4,42	2,38	3	4	Seragam
3.	<i>Setup (Jaw Crusher)</i>	5,5	0,52	6,54	4,46	5	6	Seragam
4.	<i>Setup (Cone Crusher)</i>	2,5	0,52	3,54	1,46	2	3	Seragam
5.	<i>Setup (Impact Crusher)</i>	3,5	0,52	4,54	2,46	3	4	Seragam
6.	<i>Setup (Vibrating Screen)</i>	6,5	0,52	7,54	5,46	6	7	Seragam

### 4.2.3 Perhitungan Waktu Rata – Rata (Ws)

Berdasarkan uji kecukupan data dan keseragaman data bisa disimpulkan bahwa data waktu *setup* mesin, waktu proses dan waktu transportasi telah cukup dan seragam, maka data tersebut dapat digunakan untuk pengolahan data selanjutnya. Perhitungan waktu rata – rata dilakukan untuk menentukan waktu siklus.

#### a. Waktu Rata – Rata (Ws) Proses Operasi

Berikut merupakan perhitungan waktu rata – rata (Ws) proses operasi pada tahap penambangan :

$$\begin{aligned} W_s &= \frac{0,22+0,25+0,24+0,22+0,24+0,23+0,24+0,22+0,25+0,23}{10} \\ &= \frac{2,34}{10} = 0,234 \end{aligned}$$

Berikut merupakan rekapitulasi hasil perhitungan waktu rata – rata pada proses operasi :

**Tabel 4.20** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Waktu Rata – Rata (Ws) Proses Operasi

No.	Proses	Pengamatan Ke – (Menit)										Rata - Rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	Penambangan	0,22	0,25	0,24	0,22	0,24	0,23	0,24	0,22	0,25	0,23	0,234
2.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Kedalam <i>Dump Truck</i>	0,18	0,20	0,18	0,19	0,20	0,18	0,20	0,18	0,19	0,18	0,188
3.	Pemuatan	15	14,4	15,2	14,6	15	14,6	15,5	15	14,5	15,4	14,92
4.	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Yang Memuat Material Untuk Dilakukan Proses Penimbangan	12	13,3	13	12,8	13,5	12	12,6	13	12,5	13,4	12,81
5.	Penimbangan Tonase Batu Kapur	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,55
6.	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Dari Proses Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	7,4	6,8	8	8,2	8	7,5	6,5	7	7,6	8,5	7,55
7.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh <i>Dump Truck (Dumping)</i>	5,4	6	5,5	6,2	5	6	5,8	6,4	5	6,3	5,76
8.	Menunggu Proses Persiapan Awal (Pengecekan dan Proses Pengoperasian Alat/Mesin) Pada <i>Stone Crusher</i>	25	24,8	24,5	25,2	25	24,6	24,8	25,4	25	24,5	24,88
9.	Pengangkutan Material	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25	0,26	0,26	0,25	0,25	0,26	0,251
10.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh <i>Wheel Loader</i> Akan Diumpakan Ke Dalam Mesin <i>Hopper</i>	0,16	0,15	0,16	0,18	0,15	0,17	0,16	0,17	0,15	0,15	0,16
11.	Menerima Umpan Dari <i>Wheel Loader</i>	5	6	5	4	6	5	5	4	6	6	5,2

Tabel 4.20 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Waktu Rata – Rata (Ws) Proses Operasi

No.	Proses	Pengamatan Ke – (Menit)										Rata - Rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
12.	Memisahkan Bongkahan Material Dari Tanah dan Mengontrol Material Yang Akan Masuk Ke Dalam Proses <i>Primary Crusher</i>	2	2,4	1,8	2,2	2	2,4	1,8	2	2,4	2,5	2,15
13.	<i>Primary Crusher</i>	8	7	8	7	7	8	7	8	8	7	7,5
14.	<i>Secondary Crusher</i>	4	5	5	4	5	4	4	5	4	5	4,5
15.	<i>Tertiary Crusher</i>	3	4	4	3	4	3	3	4	4	3	3,5
16	<i>Screening</i> (Pengayaan)	9	7	8	8	9	7	8	7	9	8	8

**b. Waktu Rata – Rata (Ws) Proses Transportasi**

Berikut merupakan perhitungan waktu rata – rata (Ws) proses transportasi dari area *stone crusher* menuju ke lokasi penambangan (*dump truck* dalam keadaan kosong) :

$$\begin{aligned}
 Ws &= \frac{10+10,4+9,8+9,5+10,2+10+10,5+9,6+10+10,5}{10} \\
 &= \frac{100,5}{10} = 10,05
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan rekapitulasi hasil perhitungan waktu rata – rata pada proses transportasi :

Tabel 4.21 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Waktu Rata – Rata (Ws) Proses Transportasi

No.	Proses	Pengamatan Ke – (Menit)										Rata – Rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	<i>Dump Truck</i> Memuat Material Dari Lokasi Pertambangan Menuju Ke Jembatan Timbang	10	10,4	9,8	9,5	10,2	10	10,5	9,6	10	10,5	10,05
2.	Dari Tempat Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	6	6,5	7	7,2	6	7,4	7	6,8	6,4	7,3	6,76
3.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Hopper</i> dan <i>Vibrating Grizzly Feeder</i> Menuju Ke Proses <i>Primary Crusher</i>	3,8	4,3	3,5	3,6	3,4	4,2	3,5	4,2	3,5	3,2	3,82

**Tabel 4.21** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Waktu Rata – Rata (Ws) Proses Transportasi

No.	Proses	Pengamatan Ke – (Menit)										Rata – Rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Jaw Crusher (Primary Crusher)</i> Menuju Ke Proses <i>Secondary Crusher</i>	3	2,8	3,2	3	2,6	3,4	3	2,5	3	2,7	2,92
5.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Cone Crusher (Secondary Crusher)</i> Menuju Ke <i>Tertiary Crusher</i>	2	1,8	2	2,2	2	1,8	2	1,9	2	1,9	1,96
6.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada <i>Tertiary Crusher</i> Menuju Ke Proses Pengayaan ( <i>Screening</i> )	4	3,5	3	4	3,6	3,8	4	3	3,5	4	3,64
7.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen 1</i> Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (50 mm – 20 mm)	3	2,5	3	2,8	2,6	2,7	3	3	2,5	2,7	2,78
8.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen 2</i> Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (20 mm – 10 mm)	2	2,2	2	2,4	2	2	2,4	2,3	2	2,2	2,15
9.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen 3</i> Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (10 mm – 1 mm)	1,8	2	1,6	2	1,7	1,8	2	1,9	1,7	2	1,85
10.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen 4</i> Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (200 mesh – 100 mesh)	1	1,5	1	1,4	1,2	1	1,2	1,4	1,3	1	1,2

### c. Waktu Rata – Rata (Ws) Proses Setup Mesin

Berikut merupakan perhitungan waktu rata – rata (Ws) proses *setup* pada mesin *hopper* :

$$\begin{aligned} W_s &= \frac{8+8,5+8,2+8+8,4+8+8,2+8,5+8,4+8}{10} \\ &= \frac{82,2}{10} \\ &= 8,22 \end{aligned}$$

Berikut merupakan rekapitulasi hasil perhitungan waktu rata – rata pada proses *setup* mesin :

**Tabel 4.22** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Waktu Rata – Rata (Ws) Proses Setup Mesin

No.	Proses	Pengamatan Ke – (Menit)										Rata – Rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	Setup (Hopper)	8	8,5	8,2	8	8,4	8	8,2	8,5	8,4	8	8,22
2.	Setup (Vibrating Grizzly Feeder)	3	4	3	3	4	4	3	4	3	3	3,4
3.	Setup (Jaw Crusher)	5	6	5	6	5	5	6	5	6	6	5,5
4.	Setup (Cone Crusher)	3	2	3	2	2	3	2	3	3	2	2,5
5.	Setup (Impact Crusher)	4	3	3	4	3	4	4	3	4	3	3,5
6.	Setup (Vibrating Screen)	6	7	6	6	7	6	7	7	6	7	6,5

#### 4.2.4 Pembuatan Current State Mapping

*Current state mapping* dibuat untuk menggambarkan kondisi saat ini pada sebuah lini produksi. Berikut ini merupakan langkah – langkah dan data yang dibutuhkan dalam pembuatan *Current State Value Stream Mapping* :

##### 4.2.4.1 Pembentukan Peta Current State Mapping

Dalam menyusun *Current State Value Stream Mapping*, diperlukan pembuatan peta untuk setiap kategori proses. Pembuatan peta pada setiap kategori proses ini dibutuhkan data – data seperti CT (*Cycle Time*) yaitu waktu proses, CO (*Changeover Time*) yaitu waktu setup mesin, waktu menunggu, *Transportation* (Waktu Transportasi), Jumlah Pekerja dan *Availability* (Tingkat Ketersediaan Waktu).

Tabel 4.23 Pengelompokan Data

No.	Proses	Jenis Aktivitas	Alat/Mesin	Waktu (Menit)	Cycle Time			
					Process	Delay	Inspection	Transportation
1.	Penambangan	Penambangan	<i>Excavator</i>	0,234	0,234			
2.	Buang	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Kedalam <i>Dump Truck</i>	<i>Excavator</i>	0,188	0,188			
3.	Pemuatan	Pemuatan Material	<i>Dump Truck</i>	14,92	14,92			
4.	Transportasi	<i>Dump Truck</i> Memuat Material Dari Lokasi Pertambangan Menuju Ke Jembatan Timbang	<i>Dump Truck</i>	10,05				10,05
5.	Waktu Menunggu	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Yang Memuat Material Untuk Dilakukan Proses Penimbangan	–	12,81		12,81		
6.	Penimbangan	Penimbangan Tonase Batu Kapur	Jembatan Timbang	0,55	0,55			
7.	Transportasi	Dari Tempat Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	<i>Dump Truck</i>	6,76				6,76
8.	Waktu Menunggu	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Dari Proses Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	–	7,55		7,55		
9.	<i>Dumping</i>	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh <i>Dump Truck</i> ( <i>Dumping</i> )	<i>Dump Truck</i>	5,76	5,76			
10.	Mempersiapkan Alat/Mesin	<i>Setup (Hopper)</i>	<i>Hopper</i>	8,22			8,22	
11.		<i>Setup (Vibrating Grizzly Feeder)</i>	<i>Feedet</i>	3,4			3,4	
12.		<i>Setup (Jaw Crusher)</i>	<i>Jaw Crusher</i>	5,5			5,5	
13.		<i>Setup (Cone Crusher)</i>	<i>Cone Crusher</i>	2,5			2,5	
14.		<i>Setup (Impact Crusher)</i>	<i>Impact Crusher</i>	3,5			3,5	
15.		<i>Setup (Vibrating Screen)</i>	<i>Screening</i>	6,5			6,5	

Tabel 4.23 Pengelompokan Data (Lanjutan)

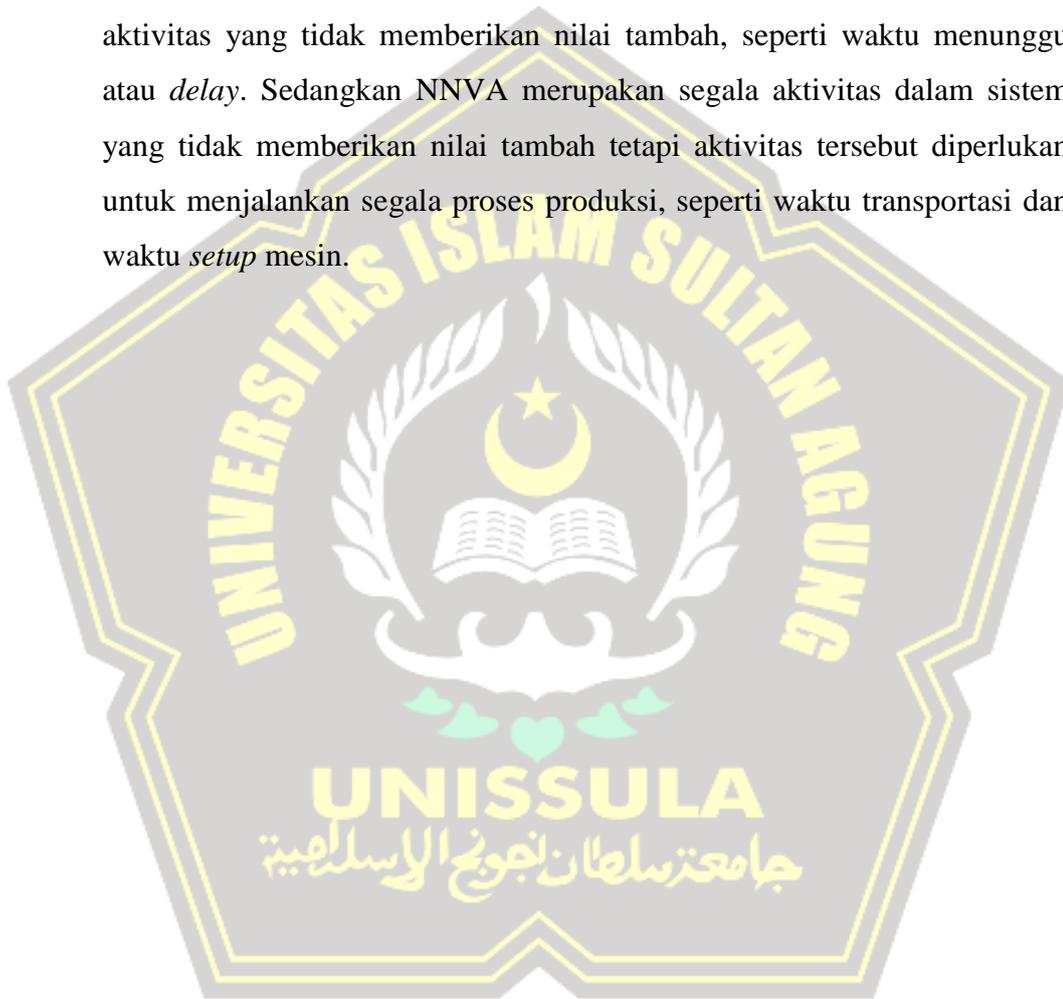
No.	Proses	Jenis Aktivitas	Alat/Mesin	Waktu (Menit)	Cycle Time			
					Process	Delay	Inspection	Transportation
16.	Waktu Menunggu	Menunggu Proses Persiapan Awal (Pengecekan dan Proses Pengoperasian Alat/Mesin) Pada <i>Stone Crusher</i>	–	24,88		24,88		
17.	Pengangkutan	Pengangkutan Material	<i>Wheel Loader</i>	0,251	0,251			
18.	<i>Dumping</i>	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh <i>Wheel Loader</i> Akan Diumpakan Ke Dalam Mesin <i>Hopper</i>	<i>Wheel Loader</i>	0,16	0,16			
19.	<i>Crushing</i>	Menerima Umpan Dari <i>Wheel Loader</i>	<i>Hopper</i>	5,2	5,2			
20.	Memisahkan Material	Memisahkan Bongkahan Material Dari Tanah dan Mengontrol Material Yang Akan Masuk Ke Dalam Proses <i>Primary Crusher</i>	<i>Vibrating Grizzly Feeder</i>	2,15	2,15			
21.	Transportasi	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Hopper</i> dan <i>Vibrating Grizzly Feeder</i> Menuju Ke Proses <i>Primary Crusher</i>	<i>Belt Conveyor 1</i>	3,82				3,82
22.	<i>Primary Crusher</i>	<i>Primary Crusher</i>	<i>Jaw Crusher</i>	7,5	7,5			
23.	Transportasi	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Jaw Crusher (Primary Crusher)</i> Menuju Ke Proses <i>Secondary Crusher</i>	<i>Belt Conveyor 2</i>	2,92				2,92
24.	<i>Secondary Crusher</i>	<i>Secondary Crusher</i>	<i>Cone Crusher</i>	4,5	4,5			
25.	Transportasi	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Cone Crusher (Secondary Crusher)</i> Menuju Ke <i>Tertiary Crusher</i>	<i>Belt Conveyor 3</i>	1,96				1,96
26.	<i>Tertiary Crusher</i>	<i>Tertiary Crusher</i>	<i>Impact Crusher</i>	3,5	3,5			
27.	Transportasi	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada <i>Tertiary Crusher</i> Menuju Ke Proses Pengayaan ( <i>Screening</i> )	<i>Belt Conveyor 4</i>	3,64				3,64

Tabel 4.23 Pengelompokan Data (Lanjutan)

No.	Proses	Jenis Aktivitas	Alat/Mesin	Waktu (Menit)	Cycle Time			
					Process	Delay	Inspection	Transportation
28.	Screening	Screening (Pengayaan)	Vibrating Screen	8	8			
29.	Transportasi	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 1 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (50 mm – 20 mm)	Belt Conveyor 5	2,78				2,78
30.	Transportasi	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 2 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (20 mm – 10 mm)	Belt Conveyor 6	2,15				2,15
31.	Transportasi	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 3 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (10 mm – 1 mm)	Belt Conveyor 7	1,85				1,85
32.	Transportasi	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 4 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (200 mesh – 100 mesh)	Belt Conveyor 8	1,2				1,2
<b>Jumlah</b>				<b>164,903</b>	<b>52,913</b>	<b>45,24</b>	<b>29,62</b>	<b>37,13</b>

#### 4.2.4.2 Mengidentifikasi Aktivitas *Value Added*, *Non Value Added*, dan *Necessary but Non Value Added*

Sebelum melakukan pembuatan *current state value stream mapping*, maka akan terlebih dahulu dilakukan klasifikasi terhadap aktivitas VA, NVA, dan NNVA. VA merupakan segala aktivitas proses produksi yang mempunyai nilai tambah. NNVA merupakan segala aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah, seperti waktu menunggu atau *delay*. Sedangkan NVA merupakan segala aktivitas dalam sistem yang tidak memberikan nilai tambah tetapi aktivitas tersebut diperlukan untuk menjalankan segala proses produksi, seperti waktu transportasi dan waktu *setup* mesin.



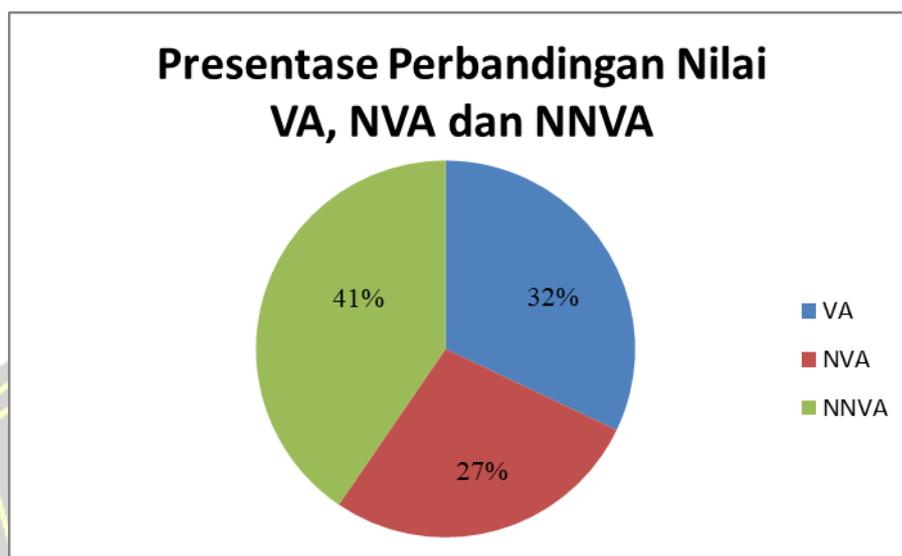
Tabel 4.24 Klasifikasi VA, NVA dan NNVA

No.	Proses	Aktivitas	Waktu (Menit)	Kategori		
				VA	NVA	NNVA
1.	Penambangan	Penambangan	0,234	√		
2.	Buang	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Kedalam <i>Dump Truck</i>	0,188	√		
3.	Pemuatan	Pemuatan Material	14,92	√		
4.	Transportasi	<i>Dump Truck</i> Memuat Material Dari Lokasi Pertambangan Menuju Ke Jembatan Timbang	10,05			√
5.	Waktu Menunggu	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Yang Memuat Material Untuk Dilakukan Proses Penimbangan	12,81		√	
6.	Penimbangan	Penimbangan Tonase Batu Kapur	0,55	√		
7.	Transportasi	Dari Tempat Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	6,76			√
8.	Waktu Menunggu	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Dari Proses Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	7,55		√	
9.	<i>Dumping</i>	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh <i>Dump Truck</i> ( <i>Dumping</i> )	5,76	√		
10.	Mempersiapkan Alat/Mesin	<i>Setup (Hopper)</i>	8,22			√
11.		<i>Setup (Vibrating Grizzly Feeder)</i>	3,4			√
12.		<i>Setup (Jaw Crusher)</i>	5,5			√
13.		<i>Setup (Cone Crusher)</i>	2,5			√
14.		<i>Setup (Impact Crusher)</i>	3,5			√
15.		<i>Setup (Vibrating Screen)</i>	6,5			√
16.	Waktu Menunggu	Menunggu Proses Persiapan Awal (Pengecekan dan Proses Pengoperasian Alat/Mesin) Pada <i>Stone Crusher</i>	24,88		√	
17.	Pengangkutan	Pengangkutan Material	0,251	√		
18.	<i>Dumping</i>	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh <i>Wheel Loader</i> Akan Diumpakan Ke Dalam Mesin <i>Hopper</i>	0,16	√		

Tabel 4.24 Klasifikasi VA, NVA dan NNVA (Lanjutan)

No.	Proses	Aktivitas	Waktu (Menit)	Kategori		
				VA	NVA	NNVA
19.	<i>Crushing</i>	Menerima Umpan Dari <i>Wheel Loader</i>	5,2	√		
20.	Memisahkan Material	Memisahkan Bongkahan Material Dari Tanah dan Mengontrol Material Yang Akan Masuk Ke Dalam Proses <i>Primary Crusher</i>	2,15	√		
21.	Transportasi	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Hopper</i> dan <i>Vibrating Grizzly Feeder</i> Menuju Ke Proses <i>Primary Crusher</i>	3,82			√
22.	<i>Primary Crueher</i>	<i>Primary Crusher</i>	7,5	√		
23.	Transportasi	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Jaw Crusher (Primary Crusher)</i> Menuju Ke Proses <i>Secondary Crusher</i>	2,92			√
24.	<i>Secondary Crusher</i>	<i>Secondary Crusher</i>	4,5	√		
25.	Transportasi	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Cone Crusher (Secondary Crusher)</i> Menuju Ke <i>Tertiary Crusher</i>	1,96			√
26.	<i>Tertiary Crusher</i>	<i>Tertiary Crusher</i>	3,5	√		
27.	Transportasi	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada <i>Tertiary Crusher</i> Menuju Ke Proses Pengayaan ( <i>Screening</i> )	3,64			√
28.	<i>Screening</i>	<i>Screening</i> (Pengayaan)	8	√		
29.	Transportasi	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen 1</i> Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (50 mm – 20 mm)	2,78			√
30.	Transportasi	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen 2</i> Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (20 mm – 10 mm)	2,15			√
32.	Transportasi	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen 3</i> Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (10 mm – 1 mm)	1,85			√
32.	Transportasi	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen 4</i> Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (200 mesh – 100 mesh)	1,2			√
<b>Jumlah</b>			<b>164,903</b>	<b>52,913</b>	<b>45,24</b>	<b>66,75</b>

Dari **tabel 4.24** maka bisa diketahui bahwa waktu yang termasuk *value added time* adalah sebesar 52,913 menit, sedangkan untuk waktu yang termasuk *non value added time* adalah sebesar 45,24 menit dan *necessary but non value added time* adalah sebesar 66,75 menit. Berikut merupakan perbandingan antara waktu *value added time*, *non value added time* dan *necessary but non value added time* :



**Gambar 16.13** Grafik Perbandingan Nilai VA, NVA dan NNVA

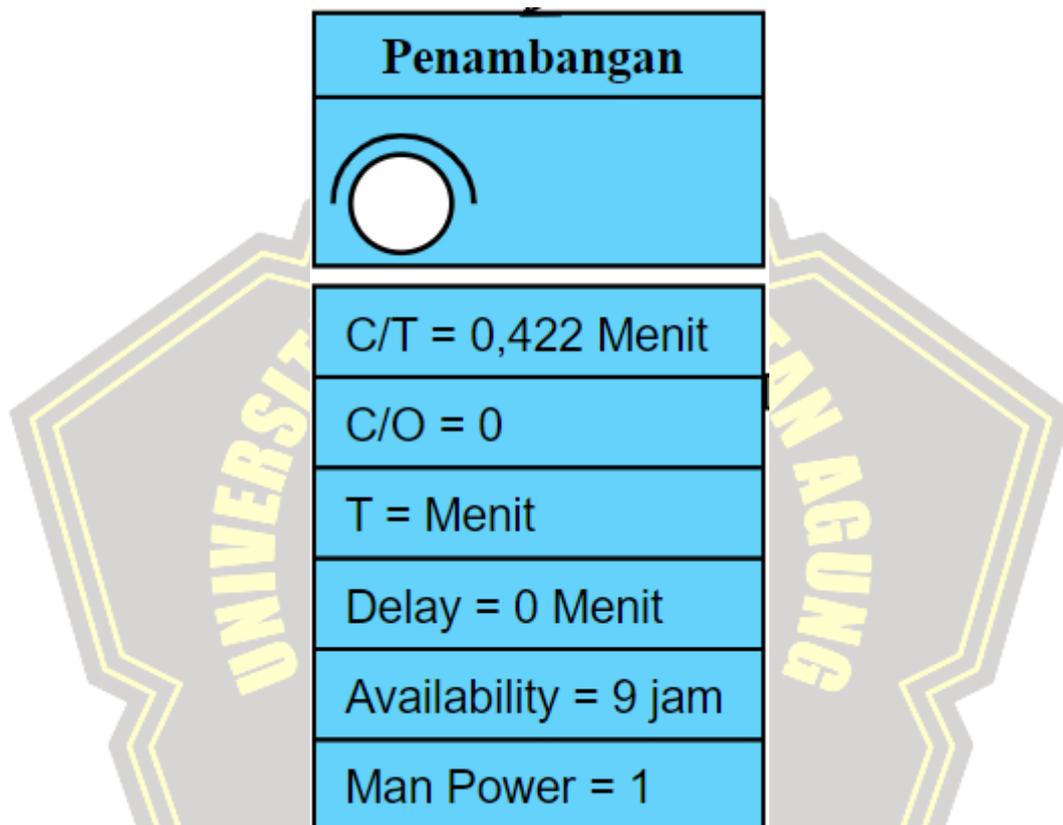
Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa presentase *value added time* adalah sebesar 32 % dari total waktu keseluruhan produksi yaitu detik. Nilai NNVA yang terdapat di PT. Rembang Bangun Persada ini cenderung besar jika dibandingkan nilai *VA time* nya, oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi agar bisa mengurangi waktu total produksi sehingga waktu produksi dapat lebih cepat serta dapat meminimasi *waste* yang ada pada lini produksi.

#### 4.2.5 Pembuatan Peta Untuk Kategori Pada Setiap Proses

Dalam penyusunan *current state mapping*, perlu adanya pembuatan peta untuk setiap kategori proses dengan menggunakan data waktu siklus dilengkapi dengan data jumlah operator, *uptime*, *availability time* dan *changeover time*. Berikut ini merupakan langkah – langkah contoh pembuatan peta kategori pada proses penambangan :

1. Mengisi nama proses dibagian atas dengan *process box*
2. Memasukkan jumlah pekerja dalam proses tersebut
3. Melengkapi *process box* dengan data – data jumlah operator, *uptime*, *availability time* dan *changeover time*

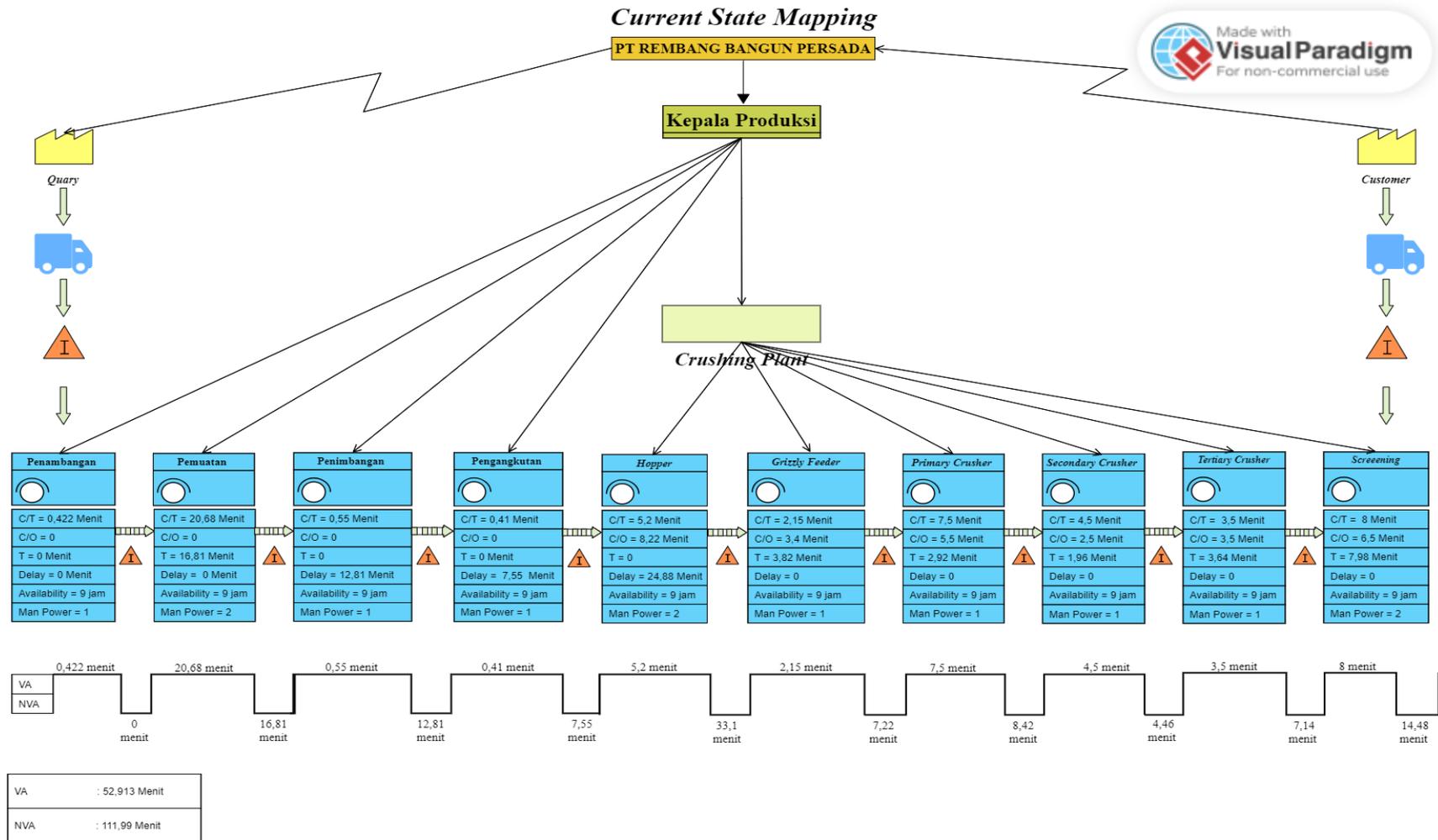
Setelah langkah tersebut telah dilakukan, maka akan diperoleh peta kategori pada proses penambangan seperti **gambar 4.14** berikut :



Gambar 17.14 Peta Bagian Proses Penambangan

#### 4.2.6 Membuat *Current State Mapping*

Setelah semua data yang diperlukan terkumpul dan telah dilakukan pengolahan, maka dibuatlah *current state mapping* sebagai berikut :



**Gambar 18.15** Current State Mapping

#### 4.2.7 Identifikasi Pemborosan (*Waste*)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi *waste* dengan memanfaatkan konsep *waste assessment model* (WAM). Dalam penelitian ini proses identifikasi *waste* yang terjadi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

1. Mengidentifikasi hubungan antar *waste* dengan metode *Waste Relationship Matrix* (WRM) yang bertujuan untuk mengetahui keterkaitan antara *waste* yang terjadi.
2. Mengidentifikasi *waste* dengan metode *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ) yang bertujuan untuk mengetahui *waste* yang paling dominan dan level antar *waste* yang ada.

Selanjutnya hasil dari kedua metode tersebut digunakan dalam proses analisa menggunakan *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT).

##### 4.2.7.1 Identifikasi Hubungan Antar *Waste* Dengan WRM

Untuk mengetahui hubungan antar *waste* dengan metode *waste relationship matrix* maka yang perlu dilakukan adalah :

1. Menyebarkan kuesioner hubungan antar *waste* kepada kepala bagian *unit crushing plant* batu kapur
2. Melakukan pengumpulan data identifikasi *waste*
3. Melakukan pembobotan dengan *seven waste relationship*
4. Melakukan pembobotan dengan *waste relationship matrix*

##### 4.2.7.2 Data Identifikasi *Waste*

Data identifikasi *waste* pada tahap pengumpulan data dilakukan dengan dua cara yaitu :

1. Kuesioner  
Langkah awal yang dilakukan dalam mengidentifikasi *waste* sebelum dilakukan pembobotan yaitu memberikan kuesioner kepada responden, dimana responden tersebut yaitu kepala bagian di *unit crushing plant* batu kapur di PT. Rembang Bangun Persada. Responden tersebut dipilih karena kuesioner ini bersifat *assessment* yang didalamnya terdiri dari pertanyaan-pertanyaan yang tidak semua orang memahaminya, tetapi lebih kepada kompetensi dan

pengalaman yang dimiliki oleh responden tersebut. Kuesioner *Waste Relationship Matrix* (WRM) dapat dilihat di **lampiran 1** dan kuesioner *Waste Assessment Model* (WAQ) dapat dilihat pada **lampiran 2**.

## 2. *Brainstorming*

Wawancara/diskusi (*brainstorming*) dilakukan untuk menyamaratakan pendapat atau persepsi tentang pemahaman terhadap *waste* dan hubungan tujuh *waste* (*seven waste relationship*).

Berdasarkan hasil dari *brainstorming* yang telah dilakukan terdapat 7 *waste* yang terjadi pada kondisi aktual perusahaan, antara lain yaitu :

- a. *Overproduction*
- b. *Waiting time*
- c. *Excessive inventory*
- d. *Excessive transportation*
- e. *Inappropriate processing*
- f. *Unnecessary motion*
- g. *Defect*

### 4.2.7.3 *Seven Waste Relationship*

Setelah hasil kuesioner yang dibagikan kepada responden terkumpul, langkah selanjutnya yaitu pembobotan terhadap kuesioner keterkaitan *waste* dengan cara mengakumulasikan nilai skor pada setiap pertanyaan *question type* berdasarkan hubungan antar *waste* yang disajikan pada kuesioner. Tujuan dilakukan pembobotan ini untuk mengetahui hubungan antar *waste* yang satu dengan *waste* yang lainnya, sifat *waste* sendiri yaitu *inter-dependent* dan berpengaruh terhadap *waste* lain. Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil skor dari kuesioner WRM yaitu :

Tabel 4.25 Penjelasan Hubungan Pemborosan (*Waste*)

Tipe Pemborosan	Jenis Hubungan	Penjelasan
<i>Defect</i>	D_O	Kegiatan produksi yang berlebihan muncul untuk mengatasi kekurangan produk dikarenakan cacat.
	D_I	Memproduksi produk yang cacat perlu dilakukan pengerjaan ulang, sehingga terjadi peningkatan proses pengerjaan akibatnya ada penambahan penyimpanan.
	D_M	Produksi produk cacat meningkatkan waktu yang diperlukan untuk pencarian, pemilihan, dan pemeriksaan pada bagian pengerjaan ulang sehingga membutuhkan lebih banyak gerakan.
	D_T	Pemindahan produk cacat ke area kerja pengerjaan sebelumnya meningkatkan intensitas transportasi yaitu kegiatan pemborosan transportasi.
	D_W	Adanya proses pengerjaan ulang menyebabkan proses selanjutnya menunggu untuk diproses.
<i>Waiting</i>	W_O	Ketika mesin harus menunggu karena produk masih diproses pada stasiun kerja yang lain, maka nantinya mesin harus memproduksi secara berlebih karena produksi harus tetap berjalan.
	W_I	Menunggu dapat diartikan bahwa lebih banyak produk yang diperlukan pada titik tertentu.
	W_D	Produk yang menunggu dapat menyebabkan cacat karena berada pada kondisi yang tidak sesuai.
<i>Inventory</i>	I_O	Jika prosesnya tidak standar atau berulang, waktu tunggu akan bertambah.
	I_D	Meningkatkan persediaan bahan baku, meningkatkan kemungkinan terjadinya kecacatan meningkat karena kurangnya perhatian dan kondisi penyimpanan.
	I_M	Peningkatan persediaan menghasilkan peningkatan jumlah waktu yang dihabiskan untuk mencari, memilih, mencapai, memindahkan dan penanganan persediaan juga mengalami peningkatan.
	I_T	Peningkatan persediaan pada akhirnya dapat menghalangi yang tersedia, menyebabkan aktivitas transportasi menjadi lebih lama.
<i>Processing</i>	P_O	Jika melakukan proses produksi yang berlebihan, maka menghasilkan produk yang berlebihan.
	P_I	Dengan melakukan proses yang berlebihan, maka menyebabkan peningkatan persediaan.

Tabel 4.25 Penjelasan Hubungan Pemborosan (*Waste*) Lanjutan

Tipe Pemborosan	Jenis Hubungan	Penjelasan
	P_D	Pemrosesan bahan yang berlebihan dapat menyebabkan material menjadi cacat.
	P_M	Proses yang tidak sesuai setandar dapat menyebabkan pergerakan operator yang berlebihan.
	P_W	Jika prosesnya tidak standar atau berulang, waktu tunggu akan bertambah.
<i>Motion</i>	M_I	Pergerakan yang tidak standar menyebabkan penumpukan material karena keterlambatan proses pengerjaan.
	M_D	Persentase cacat meningkat ketika ada kekurangan keterampilan dan pelatihan.
	M_P	Ketika pekerjaan tidak mencapai standar yang sudah ditetapkan, maka pemborosan proses meningkat karena kurang pemahaman tentang kapasitas teknologi yang tersedia.
	M_W	Ketika standar tidak diatur dengan benar, waktu terbuang untuk mencari dan bergerak, yang meningkatkan waktu tunggu.
<i>Transportation</i>	T_O	Transportasi karena kapasitas pengangkutan yang besar sehingga mengakibatkan mesin memproduksi secara berlebihan.
	T_I	Transportasi yang berlebihan menyebabkan persediaan produk menumpuk.
	T_D	Jika transportasi berlebihan, produk mengalami cacat karena penggunaan transportasi yang tidak sesuai dengan produk.
	T_M	Ketika barang yang diangkut dengan tidak benar, menyebabkan pemborosan pada waktu yang dilakukan oleh operator.
	T_W	Jika transportasi tidak sesuai standar, maka stasiun selanjutnya menunggu untuk dilakukan proses produksi.
<i>Overproduction</i>	O_I	<i>Overproduction</i> menyebabkan kebutuhan ruang penyimpanan produk dihasilkan menjadi semakin lebih besar dari sebelumnya.
	O_D	Ketika operator memproduksi secara lebih, dapat berpeluang menyebabkan kualitas produksi terhadap produk yang di hasilkan berkurang.
	O_M	<i>Overproduction</i> tersebut akan mengarah ke perilaku tidak ergonomis dimana mengarah ke metode kerja yang tidak standar dengan banyak pergerakan yang dilakukan mengakibatkan serangkaian kerugian

**Tabel 4.25** Penjelasan Hubungan Pemborosan (*Waste*) Lanjutan

Tipe Pemborosan	Jenis Hubungan	Penjelasan
	O_T	<i>Overproduction</i> membutuhkan upaya yang lebih besar dalam transportasi mengikuti pemborosan diproduksi.
	O_W	Ketika terjadi produksi yang berlebihan di stasiun kerja, maka terjadi antrian produk untuk diproses pada stasiun kerja berikutnya.

Pembobotan ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antar pemborosan satu dengan yang lain mulai dari hubungan diperlukan secara mutlak (*absolutely necessary*) hingga hubungan tidak penting (*unimportant*) atau pun tidak punya hubungan (*no relation*).

**Tabel 4.26** dibawah ini, merupakan tabel hasil pembobotan pemborosan dari setiap jawaban responden. Kemudian setelah diketahui hasil skor kuesioner dilakukan konversi rentang skor kedalam bentuk simbol huruf WRM dengan ketentuan sebagai berikut :

**Tabel 4.26** Konversi Rentang Skor Simbol Huruf WRM

Sumber: (Rawabdeh, 2005)

Range	Jenis Hubungan	Simbol
17 – 20	<i>Absolutely necessary</i>	A
13 – 16	<i>Especially Important</i>	E
9 – 12	<i>Important</i>	I
5 – 8	<i>Ordinary closeness</i>	O
1 – 4	<i>Unimportant</i>	U
0	<i>No relation</i>	X

Hubungan untuk tiap tipe pertanyaan pada **Tabel 4.27** merupakan representasi dari suatu aktivitas atau suatu kondisi aktual yang ada di perusahaan yang didapatkan dari hasil kuesioner untuk memberikan penilaian (*relationship*). Berikut merupakan rekapitulasi skor *waste relationship matrix* (WRM) dari hasil kuesioner *seven waste relationship* yang telah dibagikan kepada responden :

Tabel 4.27 Rekapitulasi Skor *Waste Relationship Matrix*

No.	Hubungan	Pertanyaan												Total Skor	Tingkat Keterkaitan
		1		2		3		4		5		6			
		Jawaban	Skor	Jawaban	Skor	Jawaban	Skor	Jawaban	Skor	Jawaban	Skor	Jawaban	Skor		
1.	D_O	c	0	c	0	c	0	a	2	a	1	c	0	3	U
2.	D_I	c	0	b	1	c	0	c	0	b	1	c	0	2	U
3.	D_M	c	0	c	0	b	2	c	0	b	1	c	0	3	U
4.	D_T	c	0	c	0	b	2	a	2	g	4	b	2	10	I
5.	D_W	c	0	c	0	b	2	a	2	e	2	b	2	8	O
6.	W_O	b	2	c	0	b	2	a	2	f	2	b	2	10	I
7.	W_I	b	2	a	2	a	4	a	2	f	2	a	4	16	E
8.	W_D	c	0	c	0	b	2	c	0	e	2	b	2	6	O
9.	I_O	c	0	c	0	c	0	a	2	a	1	c	0	3	U
10.	I_D	c	0	c	0	b	2	c	0	a	1	c	0	3	U
11.	I_M	c	0	c	0	b	2	b	1	b	1	c	0	4	U
12.	I_T	b	2	a	2	b	2	a	2	c	4	c	0	11	I
13.	P_O	c	0	c	0	b	2	c	0	b	1	c	0	3	U
14.	P_I	b	2	c	0	c	0	a	2	c	1	b	2	3	U
15.	P_D	b	2	c	0	b	2	c	0	g	4	c	0	8	O
16.	P_M	c	0	c	0	b	2	c	0	b	1	c	0	3	U
17.	P_W	a	4	a	2	a	4	a	2	f	2	a	4	18	A
18.	M_I	c	0	c	0	c	0	c	0	f	2	c	0	2	U

Tabel 4.27 Rekapitulasi Skor Waste Relationship Matrix (Lanjutan)

No.	Hubungan	Pertanyaan												Total Skor	Tingkat Keterkaitan
		1		2		3		4		5		6			
		Jawaban	Skor	Jawaban	Skor	Jawaban	Skor	Jawaban	Skor	Jawaban	Skor	Jawaban	Skor		
19.	M_D	c	0	c	0	b	2	c	0	a	1	c	0	3	U
20.	M_P	a	4	a	2	a	4	c	0	f	2	a	4	16	E
21.	M_W	c	0	c	0	b	2	c	0	f	2	b	2	6	O
22.	T_O	c	0	c	0	c	0	a	2	c	1	c	0	3	U
23.	T_I	c	0	c	0	b	2	c	0	a	1	c	0	3	U
24.	T_D	b	2	c	0	b	2	c	0	a	1	c	0	5	O
25.	T_M	b	2	c	0	b	2	c	0	g	1	b	2	10	I
26.	T_W	b	2	a	2	b	2	b	1	g	4	a	4	15	E
27.	O_I	b	2	a	2	b	2	b	1	a	1	b	2	10	I
28.	O_D	c	0	c	0	b	2	c	0	a	1	c	0	3	U
29.	O_M	c	0	c	0	b	2	c	0	b	1	c	0	2	U
30.	O_T	b	2	c	0	b	2	c	0	f	2	b	2	8	O
31.	O_W	c	0	a	2	a	4	a	2	f	2	b	2	12	I

#### 4.2.8 Pembobotan *Waste Relationship Matrix* (WRM)

Setelah mengetahui skor pada *waste relationship* untuk setiap pertanyaan, selanjutnya akan membuat *Waste Relationship Matrix* (WRM), dari skor yang telah dikumpulkan dalam bentuk simbol huruf pada tabel diatas, kemudian membuat matrik hubungan *waste*. Berikut merupakan matrik hubungan antar jenis *waste* :

**Tabel 4.28** *Waste Relationship Matrix* (WRM)

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	A	I	U	U	O	X	I
I	U	A	U	U	I	X	X
D	U	U	A	U	I	X	O
M	X	U	U	A	X	E	O
T	U	U	O	I	A	X	E
P	U	O	U	U	X	A	A
W	I	E	O	X	X	X	A

Setelah membuat *waste relationship matrix* (WRM), untuk mengetahui hasil skor dan persentase hubungan antar jenis *waste*, dengan mengkonversikan simbol huruf dari tabel diatas ke dalam bentuk angka dengan ketentuan nilai yang telah ditetapkan yaitu A = 10, E = 8, I = 6, O = 4, U = 2, dan X = 0. Berikut ini merupakan konversi simbol huruf dari *waste relationship matrix* (WRM) kedalam bentuk bobot berupa angka :

**Tabel 4.29** *Waste Relationship Matrix Value*

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	10	6	2	2	4	0	6
I	2	10	2	2	6	0	0
D	2	2	10	2	6	0	4
M	0	2	2	10	0	8	4
T	2	2	4	6	10	0	8
P	2	4	2	2	0	10	10
W	6	8	4	0	0	0	10

Untuk melakukan perhitungan nilai skor yaitu dengan cara menjumlahkan nilai bobot dari masing – masing *waste*. Berikut ini merupakan contoh perhitungan skor baris dari *waste overproduction* :

$$\text{Overproduction (O)} = 10 + 6 + 2 + 2 + 4 + 0 + 6 = 30$$

Setelah diketahui skor dari masing – masing *waste*, kemudian dilakukan perhitungan persentasenya. Berikut ini merupakan contoh perhitungan persentase baris dari *waste overproduction* :

$$\begin{aligned} \text{Overproduction (O)} &= \frac{\text{Nilai Skor}}{\text{Total Skor}} \times 100 \% \\ &= \frac{30}{194} \times 100\% \\ &= 15,45\% \end{aligned}$$

**Tabel 4.30** Hasil Persentase *Waste Relationship Matrix (WRM)*

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Skor	(%)
O	10	6	2	2	4	0	6	30	15,46 %
I	2	10	2	2	6	0	0	22	11,34 %
D	2	2	10	2	6	0	4	26	13,40 %
M	0	2	2	10	0	8	4	26	13,40 %
T	2	2	4	6	10	0	8	32	16,49 %
P	2	4	2	2	0	10	10	30	15,46 %
W	6	8	4	0	0	0	10	28	14,43 %
<b>Skor</b>	24	34	26	24	26	18	42	194	
(%)	12,37 %	17,53 %	13,40 %	12,37 %	13,40 %	9,27 %	21,60 %		

Berdasarkan hasil *waste matrix value* di atas nilai dari baris *from transportation* (T) memiliki *score* dan presentase yang paling besar yaitu 16,49 %. Hal tersebut menunjukkan apabila *waste transportation* terjadi maka akan memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap munculnya *waste* lainnya. Sedangkan pada kolom matrik *to waiting* (W) memiliki *score* dan presentase yang paling besar yaitu 21,60 %. Hal itu menunjukkan bahwa *waste waiting* merupakan *waste* yang paling banyak di pengaruhi oleh *waste* lainnya.

#### 4.2.9 Waste Assessment Questionnaire (WAQ)

Setelah diketahui hasil pembobotan pada *Waste Relationship Matrix* (WRM), langkah selanjutnya yaitu melakukan pembobotan dengan menggunakan algoritma *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ). *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ) merupakan kuesioner penilaian yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengalokasi *waste* yang terjadi pada lini produksi. Menurut (Rawabdeh, 2005) kuesioner *assessment* ini terdiri dari 68 jenis pertanyaan yang berbeda, dimana setiap pertanyaan kuesioner memperlihatkan suatu aktivitas, suatu kondisi atau sifat yang mungkin menimbulkan suatu jenis *waste* tertentu. Kuesioner WAQ dibagi menjadi dua jenis pertanyaan yaitu “*from*” dan “*to*”.

Beberapa pertanyaan “*from*” mempunyai arti bahwa pertanyaan tersebut mengarah terhadap segala pemborosan (*waste*) yang terjadi dapat mempengaruhi munculnya jenis *waste* yang berbeda. Sedangkan pertanyaan “*to*” mempunyai arti bahwa semua jenis pemborosan (*waste*) yang ditimbulkan oleh *waste* yang lainnya. Tiap pertanyaan memiliki tiga pilihan jawaban masing – masing jawaban diberi bobot 1, 0.5 atau 0 (*zero*). Pertanyaan-pertanyaan kuesioner dikategorikan kedalam empat kelompok yaitu *man*, *machine*, *material* dan *method* dimana pertanyaan hubungan antar suatu kategori dengan kategori lainnya. Selain itu, terdapat dua kategori hubungan *waste*, yaitu kategori A dan B. Perbedaan kedua kategori tersebut berada pada pembobotan jawaban dari setiap pertanyaan dalam kuesioner. Pada hubungan *waste* kategori A, jika responden menjawab “ya” maka nilai pembobotan sebesar 1, jika responden menjawab “sedang” maka nilai pembobotan sebesar 0.5 dan jika responden menjawab “tidak” maka nilai pembobotan sebesar 0. Sebaliknya pada hubungan *waste* yang kategori B, jika responden menjawab “ya” maka nilai pembobotan sebesar 0, jika “sedang” maka nilai pembobotan sebesar 0,5 dan jika “tidak” maka nilai pembobotan sebesar 1.

Dalam melakukan identifikasi pemborosan dengan *Waste Assessment Questionare (WAQ)* Terdapat 6 tahapan yang dilakukan dalam mengidentifikasi pemborosan dengan *Waste Assessment Questionare (WAQ)* untuk memperoleh hasil akhir berupa *ranking* dari *waste*, yaitu:

1. Mengelompokkan dan menghitung jumlah pertanyaan kuesioner berdasarkan “*from*” dan “*to*” dari tiap jenis *waste*. Tabel merupakan hasil pengelompokan dan perhitungan jenis pertanyaan.

**Tabel 4.31** Pengelompokan dan Perhitungan Pertanyaan

No.	Tipe Pertanyaan (i)	Jumlah Pertanyaan (Ni)
1.	<i>From Overproduction</i>	3
2.	<i>From Inventory</i>	6
3.	<i>From Defect</i>	8
4.	<i>From Motion</i>	11
5.	<i>From Transportation</i>	4
6.	<i>From Process</i>	7
7.	<i>From Waiting</i>	8
8.	<i>To Defect</i>	4
9.	<i>To Motion</i>	9
10.	<i>To Transportation</i>	3
11.	<i>To Waiting</i>	5
<b>Total Jumlah Pertanyaan</b>		<b>68</b>

2. Melakukan pembobotan untuk tiap jenis *waste* dari setiap pertanyaan kuesioner WAQ berdasarkan *Waste Relationship Matrix Value* pada **Tabel 4.31**. Berikut ini merupakan bobot awal *waste* berdasarkan *Waste Relationship Matrix Value* yaitu :

**Tabel 4.32** Bobot Awal Yang Diperoleh Dari WRM Value

No.	Jenis Pertanyaan	Aspek Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Setiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
1.	<i>To Motion</i>	Kategori 1 (Man)	6	0	6	10	4	10	0
2.	<i>From Motion</i>		0	4	4	10	0	10	10
3.	<i>From Defect</i>		0	4	10	6	8	0	4
4.	<i>From Motion</i>		0	4	4	10	0	10	10
5.	<i>From Motion</i>		0	4	4	10	0	10	10
6.	<i>From Defect</i>		0	4	10	6	8	0	4

Tabel 4.32 Bobot Awal Yang Diperoleh Dari WRM Value (Lanjutan)

No.	Jenis Pertanyaan	Aspek Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Setiap Jenis Waste						
			O	I	D	M	T	P	W
7.	<i>From Process</i>	Kategori 2 (Material)	10	10	10	10	0	10	10
8.	<i>To Waiting</i>		0	10	4	10	10	10	10
9.	<i>From Waiting</i>		8	8	10	0	0	0	10
10.	<i>From Transportation</i>		8	6	0	4	10	0	10
11.	<i>From Inventory</i>		0	10	0	0	0	0	10
12.	<i>From Inventory</i>		0	10	0	0	0	0	10
13.	<i>From Defect</i>		0	4	10	6	8	0	4
14.	<i>From Inventory</i>		0	10	0	0	0	0	10
15.	<i>From Waiting</i>		8	8	10	0	0	0	10
16.	<i>To Defect</i>		4	0	10	4	0	10	10
17.	<i>From Defect</i>		0	4	10	6	8	0	4
18.	<i>From Transportation</i>		8	6	0	4	10	0	10
19.	<i>To Motion</i>		6	0	6	10	4	10	0
20.	<i>From Waiting</i>		8	8	10	0	0	0	10
21.	<i>From Motion</i>		0	4	4	10	0	10	10
22.	<i>From Transportation</i>		8	6	0	4	10	0	10
23.	<i>From Defect</i>		0	4	10	6	8	10	4
24.	<i>From Motion</i>		0	4	4	10	0	0	10
25.	<i>From Inventory</i>		0	10	0	0	0	0	10
26.	<i>From Inventory</i>		0	10	0	0	0	10	10
27.	<i>To Waiting</i>		0	10	4	10	10	0	10
28.	<i>From Defect</i>		0	4	10	6	8	0	4
29.	<i>From Waiting</i>		8	8	10	0	0	0	10
30.	<i>From Overproduction</i>		10	0	4	6	0	0	0
31.	<i>To Motion</i>		6	0	6	10	4	10	0
32.	<i>From Process</i>		10	10	10	10	0	10	10
33.	<i>To Waiting</i>		0	10	4	10	10	10	10
34.	<i>From Process</i>		10	10	10	10	0	10	10
35.	<i>From Transportation</i>		8	6	0	4	10	0	10
36.	<i>To Motion</i>	6	0	6	10	4	10	0	
37.	<i>From Overproduction</i>	10	0	4	6	0	0	0	
38.	<i>From Waiting</i>	8	8	10	0	0	0	10	
39.	<i>From Waiting</i>	8	8	10	0	0	0	10	

Tabel 4.32 Bobot Awal Yang Diperoleh Dari WRM Value (Lanjutan)

No.	Jenis Pertanyaan	Aspek Pertanyaan	Bobot Awal Untuk Setiap Jenis Waste							
			O	I	D	M	T	P	W	
40.	<i>To Defect</i>	Kategori 4 (Method)	4	0	10	4	0	10	10	
41.	<i>From Waiting</i>		8	8	10	0	0	0	10	
42.	<i>To Motion</i>		6	0	6	10	4	10	0	
43.	<i>From Process</i>		10	10	10	10	0	10	10	
44.	<i>To Transportation</i>		0	0	8	0	10	0	0	
45.	<i>From Motion</i>		0	4	4	10	0	10	10	
46.	<i>From Waiting</i>		8	8	10	0	0	0	10	
47.	<i>To Motion</i>		6	0	6	10	4	10	0	
48.	<i>To Waiting</i>		0	10	4	10	10	10	10	
49.	<i>To Defect</i>		4	0	10	4	0	10	10	
50.	<i>From Motion</i>		0	4	4	10	0	10	10	
51.	<i>From Defect</i>		0	4	10	6	8	0	4	
52.	<i>From Motion</i>		0	4	4	10	0	10	10	
53.	<i>To Waiting</i>		0	10	4	10	10	10	10	
54.	<i>From Process</i>		10	10	10	10	0	10	10	
55.	<i>From Process</i>		10	10	10	10	0	10	10	
56.	<i>To Defect</i>		4	0	10	4	0	10	10	
57.	<i>From Inventory</i>		0	10	0	0	0	0	10	
58.	<i>To Transportation</i>		0	0	8	0	10	0	0	
59.	<i>To Motion</i>		6	0	6	10	4	10	0	
60.	<i>To Transportation</i>		0	0	8	0	10	0	0	
61.	<i>To Motion</i>		6	0	6	10	4	10	0	
62.	<i>To Motion</i>		6	0	6	10	4	10	0	
63.	<i>From Motion</i>		0	4	4	10	0	10	10	
64.	<i>From Motion</i>		0	4	4	10	0	10	10	
65.	<i>From Motion</i>		0	4	4	10	0	10	10	
66.	<i>From Overproduction</i>		10	0	4	6	0	0	0	
67.	<i>From Process</i>		10	10	10	10	0	10	10	
68.	<i>From Defect</i>		0	4	10	6	8	0	4	
<b>Total Skor</b>			<b>266</b>	<b>344</b>	<b>424</b>	<b>418</b>	<b>220</b>	<b>360</b>	<b>482</b>	

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa jumlah pembobotan tertinggi adalah pada *waste waiting* (W) sebesar 482. Sedangkan jumlah pembobotan terendah adalah pada *waste transportation* (T) sebesar 220.

- Membagi tiap bobot pertanyaan dengan jumlah dari masing-masing tipe pertanyaan ( $N_i$ ), kemudian menghitung jumlah skor ( $S_j$ ) dari tiap kolom jenis *waste*, serta frekuensi ( $F_j$ ) dari munculnya nilai pada tiap kolom jenis *waste* dengan mengabaikan nilai 0 (nol). Berikut ini merupakan contoh perhitungan nilai *Overproduction* (O) pada *question type to motion*, diketahui bobot awal pada **Tabel 4.32** nilai *Overproduction* dengan *question type to motion* yaitu 2, selanjutnya nilai ( $N_i$ ) pada *question type to motion* yaitu 9 pada **Tabel 4.31**, maka nilai bobot *Overproduction* (O) untuk *question type to motion* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Bobot Overproduction to Motion} &= \frac{\text{WRM Value}}{N_i \text{ question type}} \\ &= \frac{6}{9} \\ &= 0,67 \end{aligned}$$

**Tabel 4.33** Pembobotan Berdasarkan Nilai ( $N_i$ )

No.	Question Type	Aspek Pertanyaan	Ni	Bobot Untuk Setiap Jenis Pertanyaan						
				O	I	D	M	T	P	W
1.	To Motion	Kategori 1 (Man)	9	0,67	0	0,67	1,11	0,44	1,11	0
2.	From Motion		11	0	0,36	0,36	0,91	0	0,91	0,91
3.	From Defect		8	0	0,50	1,25	0,75	1	0	0,50
4.	From Motion		11	0	0,36	0,36	0,91	0	0,91	0,91
5.	From Motion		11	0	0,36	0,36	0,91	0	0,91	0,91
6.	From Defect		8	0	0,50	1,25	0,75	1	0	0,50
7.	From Process		7	1,43	1,43	1,43	1,43	0	1,43	1,43
8.	To Waiting		5	0	2	0,80	2	2	2	2
9.	From Waiting		8	1	1	1,25	0	0	0	1,25
10.	From Transportation		4	2	1,50	0	1	2,50	0	2,50
11.	From Inventory		6	0	1,67	0	0	0	0	1,67
12.	From Inventory		6	0	1,67	0	0	0	0	1,67

Tabel 4.33 Pembobotan Berdasarkan Nilai (Ni) Lanjutan

No.	Question Type	Aspek Pertanyaan	Ni	Bobot Untuk Setiap Jenis Pertanyaan						
				O	I	D	M	T	P	W
13.	<i>From Defect</i>	Kategori 2 (Material)	8	0	0,50	1,25	0,75	1	0	0,50
14.	<i>From Inventory</i>		6	0	1,67	0	0	0	0	1,67
15.	<i>From Waiting</i>		8	1	1	1,25	0	0	0	1,25
16.	<i>To Defect</i>		4	1	0	2,50	1	0	2,50	2,50
17.	<i>From Defect</i>		8	0	0,50	1,25	0,75	1	0	0,50
18.	<i>From Transportation</i>		4	2	1,50	0	1	2,50	0	2,50
19.	<i>To Motion</i>		9	0,67	0	0,67	1,11	0,44	1,11	0
20.	<i>From Waiting</i>		8	1	1	1,25	0	0	0	1,25
21.	<i>From Motion</i>		11	0	0,36	0,36	0,91	0	0,91	0,91
22.	<i>From Transportation</i>		4	2	1,50	0	1	2,50	0	2,50
23.	<i>From Defect</i>		8	0	0,50	1,25	0,75	1	0	0,50
24.	<i>From Motion</i>		11	0	0,36	0,36	0,91	0	0,91	0,91
25.	<i>From Inventory</i>		6	0	1,67	0	0	0	0	1,67
26.	<i>From Inventory</i>		6	0	1,67	0	0	0	0	1,67
27.	<i>To Waiting</i>		5	0	2	0,80	2	2	2	2
28.	<i>From Defect</i>		8	0	1	1,25	0,75	1,25	0	0,50
29.	<i>From Waiting</i>		8	1	1	1,25	0	0	0	1,25
30.	<i>From Overproduction</i>		3	3,33	0	1,33	2	0	0	0
31.	<i>To Motion</i>		9	0,67	0	0,67	1,11	0,44	0,11	0
32.	<i>From Process</i>		Kategori 3 (Machine)	7	1,43	1,43	1,43	1,43	0	1,43
33.	<i>To Waiting</i>	5		0	2	0,80	2	2	2	2
34.	<i>From Process</i>	7		1,43	1,43	1,43	1,43	0	1,43	1,43
35.	<i>From Transportation</i>	4		2	1,50	0	1	2,50	0	2,50
36.	<i>To Motion</i>	9		0,67	0	0,67	1,11	0,44	1,11	0
37.	<i>From Overproduction</i>	3		3,33	0	1,33	2	0	0	0
38.	<i>From Waiting</i>	8		1	1	1,25	0	0	0	1,25
39.	<i>From Waiting</i>	8		1	1	1,25	0	0	0	1,25
40.	<i>To Defect</i>	4		1	0	2,50	1	0	2,50	2,50
41.	<i>From Waiting</i>	8		1	1	1,25	0	0	0	1,25
42.	<i>To Motion</i>	9		0,67	0	0,67	1,11	0,44	1,11	0
43.	<i>From Process</i>	7		1,43	1,43	1,43	0,43	0	1,43	1,43
44.	<i>To Transportation</i>	3		0	0	2,67	0	3,33	0	0
45.	<i>From Motion</i>	11	0	0,36	0,36	0,91	0	0,91	0,91	

Tabel 4.33 Pembobotan Berdasarkan Nilai (Ni) Lanjutan

No.	Question Type	Aspek Pertanyaan	Ni	Bobot Untuk Setiap Jenis Pertanyaan						
				O	I	D	M	T	P	W
46.	<i>From Waiting</i>	Kategori 4 (Method)	8	0	1	1,25	0	0	0	1,25
47.	<i>To Motion</i>		9	1	0	0,67	1,11	0,44	1,11	0
48.	<i>To Waiting</i>		5	0	0	0,80	2	2	2	2
49.	<i>To Defect</i>		4	1	0	2,50	1	0	2,50	2,50
50.	<i>From Motion</i>		11	0	0,36	0,36	0,91	0	0,91	0,91
51.	<i>From Defect</i>		8	0	0,50	1,25	0,75	1	0	0,50
52.	<i>From Motion</i>		11	0	0,36	0,36	0,91	0	0,91	0,91
53.	<i>To Waiting</i>		5	0	2	0,80	2	2	2	2
54.	<i>From Process</i>		7	1,43	1,43	1,43	1,43	0	1,43	1,43
55.	<i>From Process</i>		7	1,43	1,43	1,43	1,43	0	1,43	1,43
56.	<i>To Defect</i>		4	1	1	2,50	1	0	2,50	2,50
57.	<i>From Inventory</i>		6	0	1,67	0,67	0	0	0	1,67
58.	<i>To Transportation</i>		3	0	0	2,67	0	3,33	0	0
59.	<i>To Motion</i>		9	0,67	0	0,67	1,11	0,44	1,11	0
60.	<i>To Transportation</i>		3	0	0	2,67	0	3,33	0	0
61.	<i>To Motion</i>		9	0,67	0	0,67	1,11	0,44	1,11	0
62.	<i>To Motion</i>		9	0,67	0	0,67	1,11	0,44	1,11	0
63.	<i>From Motion</i>		11	0	0,36	0,36	0,91	0	0,91	0,91
64.	<i>From Motion</i>		11	0	0,36	0,36	0,91	0	0,91	0,91
65.	<i>From Motion</i>		11	0	0,36	0,36	0,91	0	0,91	0,91
66.	<i>From Overproduction</i>	3	3,33	0	1,33	2	0	0	0	
67.	<i>From Process</i>	7	1,43	1,43	1,43	1,43	0	1,43	1,43	
68.	<i>From Defect</i>	8	0,5	1	1,25	0,75	1,25	0	0,50	
<b>Total Skor (Sj)</b>				<b>46</b>	<b>52</b>	<b>66</b>	<b>60</b>	<b>42</b>	<b>50</b>	<b>74</b>
<b>Frekuensi (Fj)</b>				<b>35</b>	<b>49</b>	<b>58</b>	<b>51</b>	<b>29</b>	<b>36</b>	<b>53</b>

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai Sj tertinggi adalah pada *waste waiting* sebesar 74 dengan nilai Fj sebesar 53, sedangkan nilai Sj terendah adalah *waste transportation* (T) sebesar 42 dengan nilai Fj sebesar 29.

4. Langkah selanjutnya memasukkan nilai hasil kuesioner ke dalam bobot berdasarkan nilai Ni (**tabel 4.33**) dengan cara mengalikannya. Pembobotan *waste* berdasarkan bobot tiap jawaban kuesioner dapat dilihat pada **Tabel 4.34**. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai bobot *Overproduction* pada *question type to motion*.

$$\begin{aligned} \mathbf{W_o} &= \text{Rata-rata jawaban} \times \text{bobot } \textit{Overproduction} \text{ (O)} \\ &= 0,55 \times 0,67 \\ &= 0,37 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai bobot pemborosan, selanjutnya menghitung total skor (Sj) baru untuk tiap nilai bobot pada kolom *waste* dan frekuensi (Fj) baru untuk tiap nilai bobot pada kolom *waste* dengan mengabaikan nilai nol (0,00).

**Tabel 4.34** Pembobotan *Waste* Berdasarkan Bobot Setiap Jawaban

No.	Aspek Pertanyaan	Question Type	Ni	Bobot Untuk Setiap Jenis Pertanyaan						
				Wo	Wi	Wd	Wm	Wt	Wp	Ww
1.	Kategori 1 (Man)	To Motion	0,55	0,37	0	0,37	0,61	0,25	0,61	0
2.		From Motion	0,64	0	0,23	0,23	0,59	0	0,59	0,59
3.		From Defect	0,60	0	0,30	0,75	0,45	0,60	0	0,30
4.		From Motion	0,64	0	0,23	0,23	0,59	0	0,59	0,59
5.		From Motion	0,64	0	0,23	0,23	0,59	0	0,59	0,59
6.		From Defect	0,64	0	0,32	0,80	0,48	0,64	0	0,32
7.		From Process	0,64	0,92	0,92	0,92	0,92	0	0,92	0,92
8.	Kategori 2 (Material)	To Waiting	0,64	0	1,29	0,52	1,29	1,29	1,29	1,29
9.		From Waiting	0,64	0,64	0,64	0,80	0	0	0	0,80
10.		From Transportation	0,43	0,86	0,65	0	0,43	1,08	0	1,08
11.		From Inventory	0,43	0	0,72	0	0	0	0	0,72
12.		From Inventory	0,55	0	0,92	0	0	0	0	0,92
13.		From Defect	0,55	0	0,28	0,69	0,41	0,55	0	0,28
14.		From Inventory	0,55	0	0,92	0	0	0	0	0,92
15.		From Waiting	0,58	0,58	0,58	0,73	0	0	0	0,73
16.		To Defect	0,43	0,43	0	1,08	0,43	0	1,08	1,08
17.		From Defect	0,43	0	0,22	0,54	0,32	0,43	0	0,22

Tabel 4.34 Pembobotan Waste Berdasarkan Bobot Setiap Jawaban (Lanjutan)

No.	Aspek Pertanyaan	Question Type	Ni	Bobot Untuk Setiap Jenis Pertanyaan							
				Wo	Wi	Wd	Wm	Wt	Wp	Ww	
18.		<i>From Transportation</i>	0,55	1,10	0,83	0	0,55	1,38	0	1,38	
19.		<i>To Motion</i>	0,55	0,37	0	0,37	0,61	0,25	0,61	0	
20.		<i>From Waiting</i>	0,64	0,64	0,64	0,80	0	0	0	0,80	
21.		<i>From Motion</i>	0,64	0	0,23	0,23	0,59	0	0,15	0,59	
22.		<i>From Transportation</i>	0,43	0,86	0,65	0,65	0	1,08	0	1,08	
23.		<i>From Defect</i>	0,55	0	0,28	0,28	0,69	0,55	0	0,28	
24.		<i>From Motion</i>	0,64	0	0,23	0,23	0,23	0	0,2	0,59	
25.		<i>From Inventory</i>	0,64	0	1,07	1,07	0	0	0	1,07	
26.		<i>From Inventory</i>	0,64	0	1,07	1,07	0	0	0	1,07	
27.		<i>To Waiting</i>	0,43	0	0,86	0,86	0,34	0,86	0,8	0,86	
28.		<i>From Defect</i>	0,43	0	0,22	0,22	0,54	0,43	0	0,22	
29.		<i>From Waiting</i>	0,43	0,43	0,43	0,43	0,54	0	0	0,54	
30.		<i>From Overproduction</i>	0,43	1,44	0	0	0,57	0	0	0	
31.		<i>To Motion</i>	0,64	0,43	0	0,43	0,72	0,29	0,72	0	
32.		Kategori 3 (Machine)	<i>From Process</i>	0,43	0,62	0,62	0,62	0,62	0	0,62	0,62
33.			<i>To Waiting</i>	0,43	0	0,86	0,34	0,86	0,86	0,86	0,86
34.			<i>From Process</i>	0,60	0,86	0,86	0,86	0,86	0	0,86	0,86
35.			<i>From Transportation</i>	0,64	1,29	0,97	0	0,64	1,61	0	1,61
36.			<i>To Motion</i>	0,55	0,37	0	0,37	0,61	0,25	0,61	0
37.			<i>From Overproduction</i>	0,63	2,10	0	0,84	1,26	0	0	0
38.	<i>From Waiting</i>		0,60	0,60	0,60	0,75	0	0	0	0,75	
39.	<i>From Waiting</i>		0,55	0,55	0,55	0,69	0	0	0	0,69	
40.	<i>To Defect</i>		0,43	0,43	0	1,08	0,43	0	1,08	0,08	
41.	<i>From Waiting</i>		0,64	0,64	0,64	0,80	0	0	0	0,80	
42.	<i>To Motion</i>		0,53	0,36	0	0,36	0,59	0,24	0,59	0	
43.	<i>From Process</i>		0,45	0,65	0,65	0,65	0,65	0	0,65	0,65	
44.			<i>To Transportation</i>	0,64	0	0	1,72	0	2,15	0	0
45.		<i>From Motion</i>	0,64	0	0,23	0,23	0,59	0	0,59	0,59	
46.		<i>From Waiting</i>	0,64	0,64	0,64	0,80	0	0	0	0,80	
47.		<i>To Motion</i>	0,64	0,43	0	0,43	0,72	0,29	0,72	0	
48.		<i>To Waiting</i>	0,55	0	1,29	0,52	1,29	1,29	1,29	1,29	
49.		<i>To Defect</i>	0,43	0,55	0	1,38	0,55	0	1,38	1,38	

Tabel 4.34 Pembobotan Waste Berdasarkan Bobot Setiap Jawaban (Lanjutan)

No.	Aspek Pertanyaan	Question Type	Ni	Bobot Untuk Setiap Jenis Pertanyaan						
				Wo	Wi	Wd	Wm	Wt	Wp	Ww
50.	Kategori 4 (Method)	<i>From Motion</i>	0,43	0	0,16	0,16	0,39	0	0,39	0,39
51.		<i>From Defect</i>	0,64	0	0,32	0,80	0,48	0,64	0	0,32
52.		<i>From Motion</i>	0,58	0	0,21	0,21	0,53	0	0,53	0,53
53.		<i>To Waiting</i>	0,64	0	1,29	0,52	1,29	1,29	1,29	1,29
54.		<i>From Process</i>	0,55	0,79	0,79	0,79	0,79	0	0,79	0,79
55.		<i>From Process</i>	0,64	0,92	0,92	0,92	0,92	0	0,92	0,92
56.		<i>To Defect</i>	0,64	0,64	0	1,61	0,64	0	1,61	1,61
57.		<i>From Inventory</i>	0,64	0	1,07	0	0	0	0	1,07
58.		<i>To Transportation</i>	0,50	0	0	1,32	0	1,65	0	0
59.		<i>To Motion</i>	0,64	0	1,07	0	0	0	0	0
60.		<i>To Transportation</i>	0,52	0	0	1,32	0	1,65	0	0
61.		<i>To Motion</i>	0,64	0,43	0	0,43	0,72	0,29	0,72	0
62.		<i>To Motion</i>	0,64	0,43	0	0,43	0,72	0,29	0,72	0
63.		<i>From Motion</i>	0,64	0	0,23	0,23	0,59	0	0,59	0,59
64.		<i>From Motion</i>	0,64	0	0,23	0,23	0,59	0	0,59	0,59
65.		<i>From Motion</i>	0,55	0	0,20	0,20	0,50	0	0,50	0,50
66.		<i>From Overproduction</i>	0,43	1,44	0	0,57	0,86	0	0	0
67.		<i>From Process</i>	0,50	0,71	0,71	0,71	0,71	0	0,71	0,71
68.		<i>From Defect</i>	0,64	0	0,32	0,80	0,48	0,64	0	0,32
<b>Total Skor (Sj)</b>				<b>24,95</b>	<b>29,34</b>	<b>36,84</b>	<b>33,63</b>	<b>23,15</b>	<b>28,31</b>	<b>41,39</b>
<b>Frekuensi (Fj)</b>				<b>35</b>	<b>49</b>	<b>58</b>	<b>51</b>	<b>29</b>	<b>36</b>	<b>53</b>

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai Sj tertinggi pada *waste waiting* (D) sebesar 41,39 dengan nilai Fj sebesar 53, sedangkan nilai Sj terendah adalah *waste transportation* (T) sebesar 23,15 dengan nilai Fj sebesar 29.

Tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan *score* Yj dan Pj untuk mendapatkan Yj final dan presentase pemborosan yang paling tinggi. Yj merupakan faktor indikasi awal untuk setiap pemborosan. Berikut merupakan contoh perhitungan Yj pada *waste Overproduction* (O).

$$\begin{aligned}
 Y_j &= \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \\
 &= \frac{24,95}{46} \times \frac{35}{35} \\
 &= 0,54
 \end{aligned}$$

Nilai skor ( $s_j$ ) baru dan frekuensi ( $f_j$ ) baru terdapat pada **tabel 4.32**, sedangkan nilai skor ( $S_j$ ) dan frekuensi ( $F_j$ ) dapat dilihat pada **tabel 4.31**. Sedangkan  $P_j$  merupakan faktor probabilitas pengaruh antar jenis pemborosan, didapat dengan cara mengalikan persentase “*from*” dengan “*to*” pada WRM *value* dapat dilihat pada **Tabel 4.30**. Berikut merupakan contoh perhitungan  $P_j$  pada *waste Overproduction* (O).

Nilai “*from*” *Overproduction* = 12,37

Nilai “*to*” *Overproduction* = 15,46

$P_j$  = 12,47 x 15,46  
= 191,24

Jika nilai  $Y_j$  dan  $P_j$  telah didapatkan, maka  $Y_j$  final didapatkan dengan cara mengalikan  $Y_j$  dan  $P_j$ . Berikut merupakan contoh perhitungan  $Y_j$  final pada *waste Overproduction* (O).

$Y_j$  Final = 0,54 x 191,24  
= 103,26

**Tabel 4.35** Rekapitulasi Hasil Berdasarkan WAQ

	O	I	D	M	T	P	W
<b>Skor (<math>Y_j</math>)</b>	0,54	0,56	0,56	0,56	0,55	0,57	0,56
<b><math>P_j</math> Faktor</b>	191,24	198,79	179,56	165,75	220,96	143,31	311,68
<b>Hasil Akhir (<math>Y_j</math> Final)</b>	103,26	111,32	100,55	92,82	121,52	81,68	174,54
<b>Hasil Akhir (%)</b>	13,14 %	14,16 %	12,79 %	11,81 %	15,46 %	10,39 %	22,21 %
<b>Ranking</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>1</b>

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa *waste* terbesar yang terjadi di PT. Rembang Bangun Persada disebabkan oleh *waste waiting* dengan proporsi sebesar 22,21 %, kemudian *waste* terbesar kedua adalah *waste transportation* dengan proporsi sebesar 15,46 %, sedangkan *waste process* menduduki peringkat yang terakhir yaitu dengan proporsi sebesar

10,39 %. Hasil akhir (%) selanjutnya digunakan sebagai pembobotan dalam pemilihan *value stream analysis tools* digunakan dengan mengalikan hasil *waste* dengan *factor* pengali yang telah ditentukan.

Dari hasil perhitungan *final result* (%), maka pada **gambar 4.16** Dapat dilihat peringkat (*ranking*) *waste* dalam bentuk grafik sebagai berikut:



**Gambar 19.16** Grafik *Ranking Waste*

#### 4.2.10 *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT)

Setelah mendapatkan hasil akhir dari proses identifikasi *waste* dengan cara pembobotan WAQ dan WRM, selanjutnya adalah menentukan detail *mapping tools* yang akan digunakan dan sesuai dengan jenis *waste* yang terdapat pada perusahaan. Proses pemilihan *mapping tools* ini digunakan *matrix* VALSAT yaitu dengan mengalikan nilai *matrix* VALSAT dengan bobot dari setiap jenis *waste*. **Tabel 2.13** merupakan matrik VALSAT yang menunjukkan korelasi dan kegunaan dari tools VALSAT terhadap *waste*, dimana nilai matrik VALSAT-nya adalah 1 (*low correlation*), 3 (*medium correlation*), 9 (*high correlation*) (Hines & Rich, 1997).

Sementara nilai bobot *waste* didapatkan dari hasil identifikasi dengan WAQ yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut adalah *matrix* VALSAT yang telah disesuaikan dengan bobot dari tiap *waste* yang terjadi:

Tabel 4.36 Pemilihan *Mapping Tools*

Pemborosan	Weight	Mapping Tools						
		<i>Proses Activity Mapping</i>	<i>Supply Chain Response Matrix</i>	<i>Production Variety Funned</i>	<i>Quality Filter Mapping</i>	<i>Demand Amplification Mapping</i>	<i>Decision Point Analysis</i>	<i>Physical Structure (a) Volume (b) Valume</i>
<i>Overproduction</i>	13,14	1	3	0	1	3	3	0
<i>Inventory</i>	14,16	3	9	3	0	9	3	1
<i>Defect</i>	12,79	1	0	0	9	0	0	0
<i>Motion</i>	11,81	9	1	0	0	0	0	0
<i>Transportation</i>	15,46	9	0	0	0	0	0	1
<i>Process</i>	10,39	9	0	3	1	0	1	0
<i>Waiting</i>	22,21	9	9	1	0	3	3	0

Untuk mengetahui hasil alat bantu yang cocok untuk permasalahan yang dialami yaitu mengalikan nilai *weight* pada masing – masing pemborosan dengan nilai pada jenis *tools* yang akan digunakan, sebagai contoh adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Overproduction x PAM Overproduction} &= 13,14 \times 1 \\ &= 13,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Overproduction x SCRM Overproduction} &= 13,14 \times 3 \\ &= 39,42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Overproduction x PVF Overproduction} &= 13,14 \times 0 \\ &= 0 \end{aligned}$$

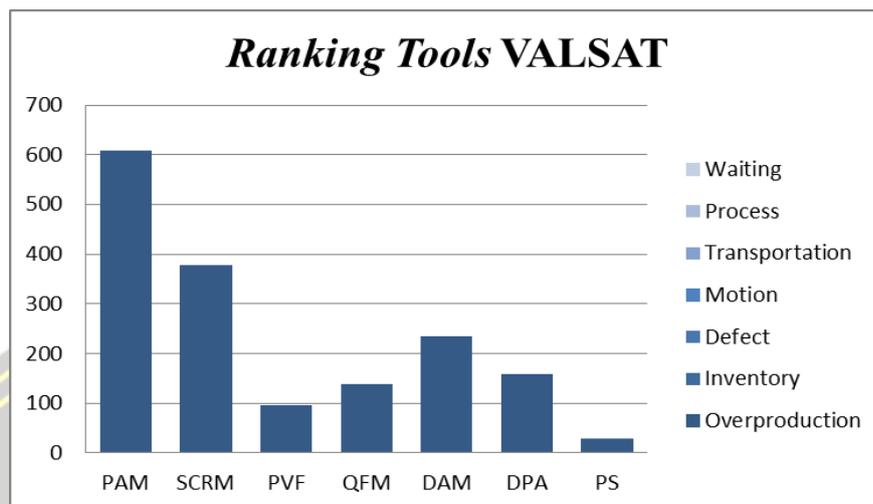
$$\begin{aligned}
 \text{Overproduction} \times \text{QFM Overproduction} &= 13,14 \times 1 \\
 &= 13,14 \\
 \text{Overproduction} \times \text{DAM Overproduction} &= 13,14 \times 3 \\
 &= 39,42 \\
 \text{Overproduction} \times \text{DPA Overproduction} &= 13,14 \times 3 \\
 &= 39,42 \\
 \text{Overproduction} \times \text{PS Overproduction} &= 13,14 \times 0 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.37** Hasil Perhitungan Pemilihan *Mapping Tools* VALSAT

Pemborosan	Weight	Mapping Tools						
		Proses Activity Mapping	Supply Chain Response Matrix	Production Variety Funned	Quality Filter Mapping	Demand Amplification Mapping	Decision Point Analysis	Physical Structure (a) Volume (b) Valume
Overproduction	13,14	13,14	39,42	0	13,14	39,42	39,42	0
Inventory	14,16	42,48	127,44	42,48	0	127,44	42,48	14,16
Defect	12,79	12,79	0	0	115,11	0	0	0
Motion	11,81	106,29	11,81	0	0	0	0	0
Transportation	15,46	140,4	0	0	0	0	0	15,46
Process	10,39	93,51	0	31,17	10,39	0	10,39	0
Waiting	22,21	199,89	199,89	22,21	0	66,63	66,63	0
<b>Total</b>		<b>608,5</b>	<b>378,56</b>	<b>95,86</b>	<b>138,64</b>	<b>233,49</b>	<b>158,92</b>	<b>29,62</b>

Berdasarkan **tabel 4.37** terlihat bahwa *Process Activity Mapping* (PAM) mempunyai skor yang paling tinggi, yaitu sebesar 608,5. Oleh karena itu, alat yang digunakan untuk menganalisis pemborosan secara terperinci adalah PAM.

Dari hasil perhitungan pemilihan *tools* VALSAT diatas dapat digambarkan dalam bentuk grafik adalah sebagai berikut :



**Gambar 20.17** Grafik Peringkat Pemilihan *Tools* VALSAT

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa *Process Activity Mapping* menempati urutan pertama dengan skor 608,5. Sedangkan di urutan kedua yaitu *Supply Chain Response Matrix* dengan total skor sebesar 378,56 dan yang menempati di urutan ketiga yaitu *Demand Amplification Mapping* dengan total skor sebesar 233,49. Maka dalam penelitian ini penulis membatasi penggunaan *tools* yang akan digunakan yaitu *tools* yang berada pada *ranking* terbesar saja. Sehingga *tools* yang digunakan yaitu *Process Activity Mapping* (PAM).

#### 4.2.11 Proses Activity Mapping (PAM)

PAM merupakan sebuah alat untuk menggambarkan proses produksi secara lebih detail dan terperinci sesuai dengan langkah yang dilakukan. Data yang dibutuhkan dalam pembuatan PAM adalah semua aktivitas, mesin atau alat bantu, waktu untuk setiap proses, dan jumlah tenaga kerja. Setelah didapatkan perincian setiap aktivitas yang ada pada proses produksi peremukan batu kapur, maka dilakukan proses klasifikasi

setiap aktivitas ke dalam aktivitas *Operation* (O), *Trasnportation* (T), *Inpection* (I), *Storage* (S), dan *Delay* (D). Tujuan dari pembuatan PAM ini adalah untuk mengetahui lebih detail yang termasuk kedalam kategori dari aktivitas sebagai berikut, *Value Added* (VA), menunjukkan aktivitas yang memberikan nilai tambah, *Non Value Added* (NVA), menunjukkan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dan *Necessary but Non Value Added* (NNVA), menunjukkan aktivitas yang harus dilakukan, tetapi tidak memberikan nilai tambah.



Tabel 4.38 Process Activity Mapping (PAM)

No.	Jenis Aktivitas	Mesin / Alat	Waktu (Menit)	Aktivitas					Kategori		
				O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
1.	Penambangan	<i>Excavator</i>	0,234	0,234					√		
2.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Kedalam <i>Dump Truck</i>	<i>Excavator</i>	0,188	0,188					√		
3.	Pemuatan Material	<i>Dump Truck</i>	14,92	14,92					√		
4.	<i>Dump Truck</i> Memuat Material Dari Lokasi Pertambangan Menuju Ke Jembatan Timbang	<i>Dump Truck</i>	10,05		10,05						√
5.	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Yang Memuat Material Untuk Dilakukan Proses Penimbangan	–	12,81					12,81		√	
6.	Penimbangan Tonase Batu Kapur	Jembatan Timbang	0,55	0,55					√		
7.	Dari Tempat Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	<i>Dump Truck</i>	6,76		6,76						√
8.	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Dari Proses Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	–	7,55					7,55		√	
9.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh <i>Dump Truck (Dumping)</i>	<i>Dump Truck</i>	5,76	5,76					√		
10.	<i>Setup (Hopper)</i>	<i>Hopper</i>	8,22			8,22					√
11.	<i>Setup (Vibrating Grizzly Feeder)</i>	<i>Feedet</i>	3,4			3,4					√
12.	<i>Setup (Jaw Crusher)</i>	<i>Jaw Crusher</i>	5,5			5,5					√

Tabel 4.38 Process Activity Mapping (PAM) Lanjutan

No.	Jenis Aktivitas	Mesin / Alat	Waktu (Menit)	Aktivitas					Kategori		
				O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
13.	Setup (Cone Crusher)	Cone Crusher	2,5			2,5					√
14.	Setup (Impact Crusher)	Impact Crusher	3,5			3,5					√
15.	Setup (Vibrating Screen)	Screening	6,5			6,5					√
16.	Menunggu Proses Persiapan Awal (Pengecekan dan Proses Pengoperasian Alat/Mesin) Pada Stone Crusher	–	24,88					24,88		√	
17.	Pengangkutan Material	Wheel Loader	0,251	0,251					√		
18.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh Wheel Loader Akan Diumpakan Ke Dalam Mesin Hopper	Wheel Loader	0,16	0,16					√		
19.	Menerima Umpan Dari Wheel Loader	Hopper	5,2	5,2					√		
20.	Memisahkan Bongkahan Material Dari Tanah dan Mengontrol Material Yang Akan Masuk Ke Dalam Proses Primary Crusher	Vibrating Grizzly Feeder	2,15	2,15					√		
21.	Dari Proses Crushing Pada Mesin Hopper dan Vibrating Grizzly Feeder Menuju Ke Proses Primary Crusher	Belt Conveyor 1	3,82		3,82						√
22.	Primary Crusher	Jaw Crusher	7,5	7,5					√		
23.	Dari Proses Crushing Pada Mesin Jaw Crusher (Primary Crusher) Menuju Ke Proses Secondary Crusher	Belt Conveyor 2	2,92		2,92						√
24.	Secondary Crusher	Cone Crusher	4,5	4,5					√		

Tabel 4.38 Process Activity Mapping (PAM) Lanjutan

No.	Jenis Aktivitas	Mesin / Alat	Waktu (Menit)	Aktivitas					Kategori		
				O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
25.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Cone Crusher (Secondary Crusher)</i> Menuju Ke <i>Tertiary Crusher</i>	<i>Belt Conveyor 3</i>	1,96		1,96						√
26.	<i>Tertiary Crusher</i>	<i>Impact Crusher</i>	3,5	3,5					√		
27.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada <i>Tertiary Crusher</i> Menuju Ke Proses Pengayaan ( <i>Screening</i> )	<i>Belt Conveyor 4</i>	3,64		3,64						√
28.	<i>Screening</i> (Pengayaan)	<i>Vibrating Screen</i>	8	8					√		
29.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen 1</i> Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (50 mm – 20 mm)	<i>Belt Conveyor 5</i>	2,78				2,78				√
30.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen 2</i> Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (20 mm – 10 mm)	<i>Belt Conveyor 6</i>	2,15				2,15				√
31.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen 3</i> Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (10 mm – 1 mm)	<i>Belt Conveyor 7</i>	1,85				1,85				√
32.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen 4</i> Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (200 mesh – 100 mesh)	<i>Belt Conveyor 8</i>	1,2				1,2				√
<b>Jumlah</b>			<b>164,903</b>	<b>52,913</b>	<b>29,15</b>	<b>29,62</b>	<b>7,98</b>	<b>45,24</b>	<b>52,913</b>	<b>45,24</b>	<b>66,75</b>

Berdasarkan *Process Activity Mapping* (PAM) pada proses produksi peremukan batu kapur diatas, maka dapat diketahui aktivitas yang tergolong dalam aktivitas *operation*, *transportation*, *inspection*, *storage*, dan *delay*. Selanjutnya dilakukan pengelompokan aktivitas – aktivitas tersebut berdasarkan VA, NVA dan NNVA adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.39** Rekapitulasi *Tools Process Activity Mapping* (PAM)

Aktivitas	Jumlah	Waktu (Menit)	Presentase (%)
<i>Operation</i>	13	52,913	32,08
<i>Transportation</i>	6	29,15	17,67
<i>Inspection</i>	6	29,62	17,96
<i>Storage</i>	4	7,98	4,83
<i>Delay</i>	3	45,24	27,43
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>164,903</b>	<b>100 %</b>

**Tabel 4.40** Rekapitulasi Presentase VA, NVA dan NNVA

Aktivitas	Jumlah	Waktu (Menit)	Presentase (%)
VA	13	52,913	32,08
NVA	3	45,24	27,43
NNVA	16	66,75	40,47
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>164,903</b>	<b>100 %</b>

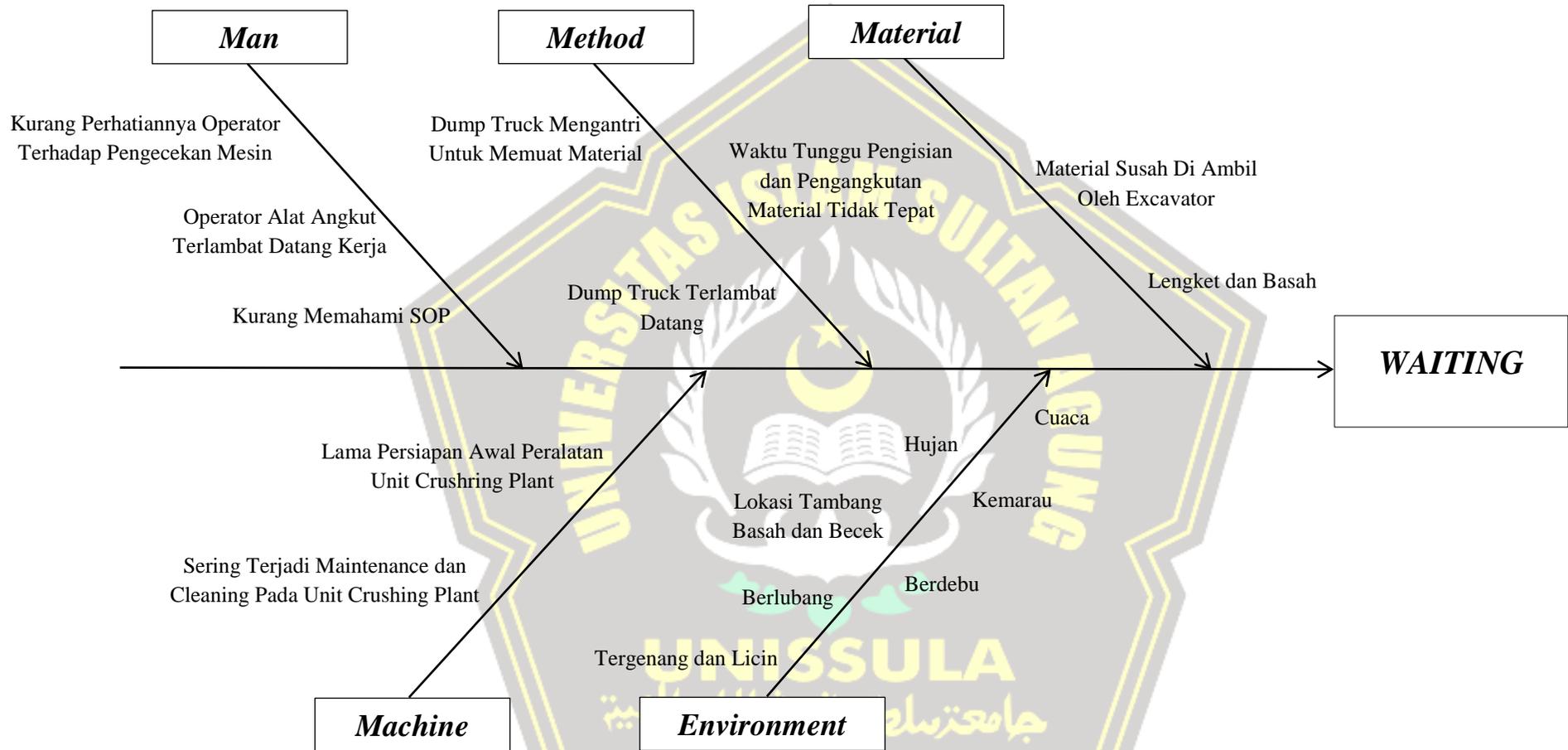
Dari **Tabel 4.39** terlihat bahwa waktu yang diperlukan pada aktivitas keseluruhan proses peremukan pada batu kapur adalah selama 164,903 menit dengan jumlah aktivitas sebanyak 32 aktivitas. Dimana dari 32 aktivitas tersebut dapat diklasifikasikan untuk aktivitas *operation* sebanyak 13 aktivitas dengan waktu 52,913 menit, *transportation* sebanyak 6 aktivitas dengan waktu 29,15 menit, *inspection* sebanyak 6 aktivitas dengan waktu 29,62 menit, *storage* sebanyak 4 aktivitas yang dilakukan dengan waktu 7,98 menit dan *delay* sebanyak 3 aktivitas dengan waktu 45,24 menit.

Berdasarkan **Tabel 4.40** terlihat bahwa 13 aktivitas tergolong pada aktivitas bernilai tambah (VA) dengan waktu sebesar 52,913 menit, yang berarti presentase sebesar 30,08 % dari keseluruhan aktivitas. Total waktu aktivitas yang tidak bernilai tambah (NVA) sebesar 45,24 menit atau 27,43 % dari total waktu dengan 3 aktivitas. Aktivitas tidak mempunyai nilai tambah tapi dibutuhkan (NNVA) adalah sebanyak 16 aktivitas dengan waktu 66,75 menit persentase sebesar 40,47 %. Dari hasil perhitungan PAM menunjukkan angka terbesar sebagai pemborosan yaitu *Waste Waiting*.

#### **4.2.12 Identifikasi Penyebab Timbulnya Waste Dengan Fishbone Diagram**

Dari hasil identifikasi *waste* dengan penyebaran kuesioner menggunakan *Waste Assessment Model* (WAM) dan identifikasi pengamatan secara langsung mengenai aktivitas kegiatan pada proses produksi peremukan batu kapur dalam bentuk *tools* PAM untuk mengetahui penyebab timbulnya *waste* dimana *waste* tersebut akan dianalisa menggunakan *fishbone diagram*. *Fishbone diagram* adalah suatu pendekatan terstruktur yang memungkinkan dilakukan suatu analisis lebih terperinci dalam menemukan penyebab – penyebab suatu masalah, ketidaksesuaian, dan kesenjangan yang ada. Langkah – langkah yang harus dilakukan yaitu, pengumpulan data, menggambarkan bagan faktor penyebab, identifikasi akar masalah, rekomendasi dan implementasi.

Berikut merupakan penggambaran dalam bentuk *fishbone diagram* pada proses operasi unit *crushing plant* batu kapur :



Gambar 21.18 Fishbone Diagram Penyebab Terjadinya Waste Waiting

Berikut merupakan penjelasan lebih lanjut dari *cause and effect diagram* pada *waste waiting* :

**1. Faktor Manusia**

Terjadi keterlambatan disebabkan dari pengoperasian pada alat berat berupa *excavator* dan *dump truck* untuk pemuatan material. Selain itu juga terjadinya kerusakan pada alat/mesin pemecah batu yang disebabkan kurangnya perhatian operator terhadap pengecekan alat/mesin. Sehingga mengakibatkan waktu kerja tertunda.

**2. Faktor Metode**

Operator alat angkut dalam pengoperasian peralatan tidak sesuai SOP mengakibatkan *dump truck* pemuat material terlambat datang. Sehingga adanya waktu pengisian dan pengangkutan material tidak tepat menimbulkan antrian pada alat angkut untuk memuat material.

**3. Faktor Material**

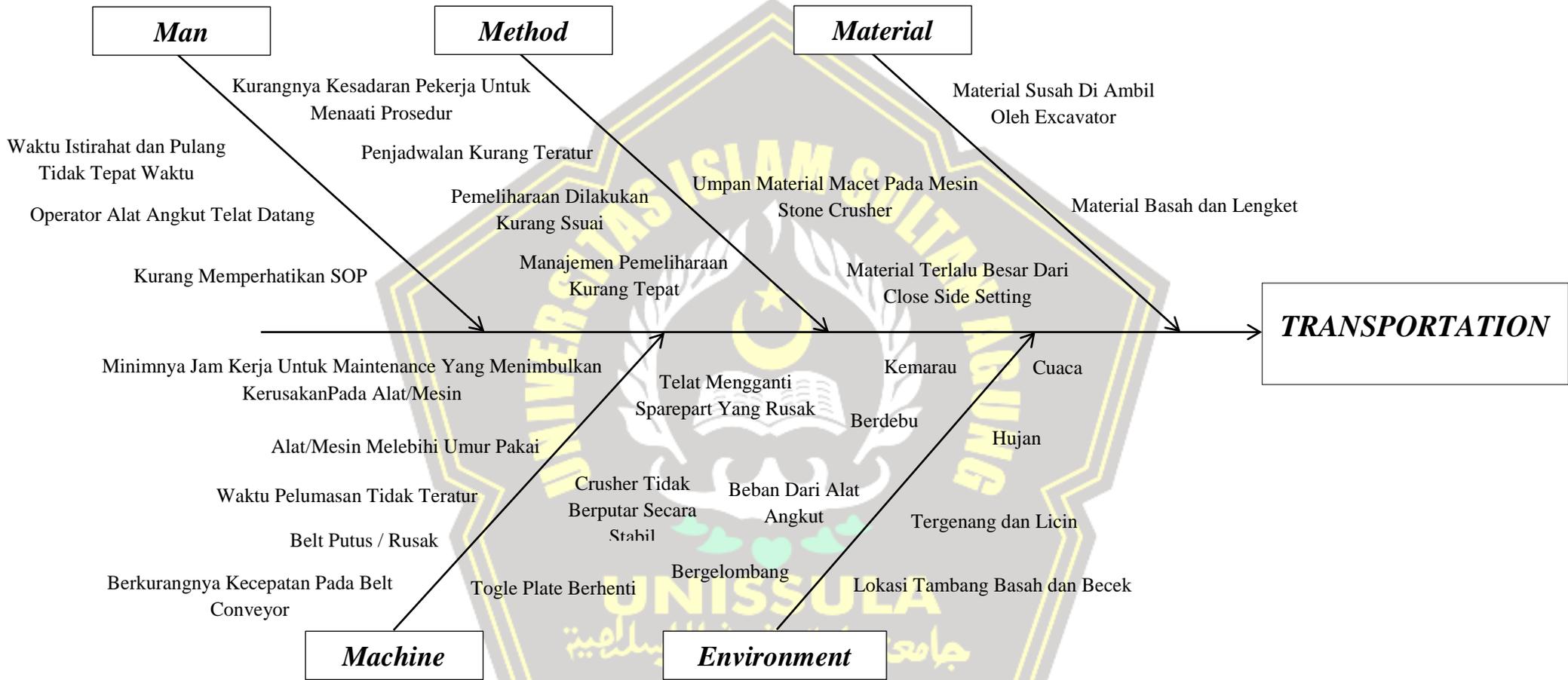
Material yang basah dan lengket ketika musim hujan menyebabkan proses penambangan/pengambilan material oleh *excavator* menjadi lebih susah dan membutuhkan waktu yang lama untuk mengisi material ke *dump truck* serta mengakibatkan terlambatnya proses pengangkutan menuju ke area *stone crusher*.

**4. Faktor Mesin**

Sering terjadinya kerusakan pada mesin unit *crushing plant* pada saat proses pengoperasian mesin yang tidak terintegrasi dengan baik sehingga aktivitas produksi menjadi terhambat.

**5. Faktor Lingkungan**

Pada faktor lingkungan ini diartikan sebagai faktor cuaca yang tidak menentu sehingga menyebabkan kendala dalam proses penambangan, pemuatan dan kondisi material yang bisa menghambat dalam proses peremukan batu kapur.



Gambar 22.19 Fishbone Diagram Penyebab Terjadinya Waste Transportation

Berikut merupakan penjelasan lebih lanjut dari *cause and effect diagram* pada *waste transportation* :

**1. Faktor Manusia**

Kurang memahami SOP, kurangnya pengawasan terhadap operator alat berat, operator alat angkut terlambat datang, mengakibatkan waktu kerja menjadi tertunda, waktu jam istirahat dan waktu pulang tidak tepat waktu, operator kurang melakukan pengecekan dan perhatian secara berkala terhadap alat/mesin.

**2. Faktor Metode**

Penjadwalan produksi kurang teratur akan mengakibatkan proses persiapan di awal tidak tepat waktu, kurangnya kesadaran pekerja untuk menaati prosedur yang berlaku, manajemen pemeliharaan kurang tepat, pemeliharaan yang dilakukan tidak sesuai sehingga kehilangan waktu produktif pada unit peremuk. Penyediaan bahan bakar kurang sehingga kadang kala pasokan bahan bakar habis dan harus menunggu pasokan bahan bakar yang baru.

**3. Faktor Material**

Material sulit didapatkan karena menunggu pengupasan lapisan tanah dan *boulder* hasil peledakan, serta pengaruh cuaca yaitu hujan yang mengakibatkan kondisi material batu kapur menjadi basah dan lengket bercampur tanah dan kadang material yang diangkut memiliki ukuran yang sangat besar sehingga mengakibatkan alat pengolahan *crushing plant* tidak meremukan material dan material tersebut tersangkut.

**4. Faktor Mesin**

Persiapan awal peralatan unit peremuk lama karena harus menunggu pengisian bahan bakar sebelum proses pemanasan mesin, kurangnya jam kerja untuk kegiatan perawatan dan perbaikan terhadap alat/mesin, peralatan melebihi umur pakai, waktu pelumasan terhadap alat peremuk tidak teratur, belt mengalami kendala seperti putus/rusak mengakibatkan

berkurangnya kecepatan pada *belt conveyor*, *crusher* tidak berputar dengan stabil, telatnya mengganti *spare part* yang rusak, *toggle plate* berhenti sehingga proses produksi menjadi terhambat.

## 5. Faktor Lingkungan

Pada faktor lingkungan ini diartikan sebagai faktor cuaca yang tidak menentu sehingga menyebabkan kendala dalam proses penambangan, pemuatan dan kondisi material yang bisa menghambat dalam proses peremukan batu kapur. Cuaca yang dimaksud adalah hujan yang mengakibatkan lokasi penambangan basah dan becek sehingga *excavator* sulit untuk mengambil material yang basah serta lengket dengan tanah. Pada proses pemuatan terkendala karena jalanan menjadi tergenang, licin dan berlubang/bergelombang akibat beban alat angkut yaitu *dump truck*. Sedangkan cuaca kemarau berakibat jalanan berdebu dan debu masuk menempel pada mesin menjadikan kinerja mesin menurun.

### 4.2.13 Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)

*Failure mode and effect analysis* (FMEA) merupakan proses yang sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan yang akan timbul dalam proses dengan tujuan untuk mengeliminasi atau meminimalkan resiko kegagalan produksi yang akan timbul. Pembuatan FMEA berdasarkan akar permasalahan dari *fishbone diagram* untuk menyukan nilai RPN (*risk priority number*), FMEA berisikan nilai seberapa besar pengaruh kegagalan (*degree of severity* atau S), seberapa sering modus kegagalan terjadi (*frequency of occurrence* atau O), seberapa besar kemungkinan kegagalan terdeteksi atau diantisipasi (*probability of detection* atau D) dalam skala 1 – 10 sehingga didapatkan nilai RPN. Nilai RPN didapatkan dengan cara mengalikan ketiga nilai yaitu *severity*, *occurrence* dan *detection*.

Berikut merupakan tabel FMEA dari pemborosan *waiting* dan pemborosan *transportation* berdasarkan *fishbone diagram* :

### 1. FMEA Waste Waiting

Pada *waste waiting* akan dilakukan pembobotan nilai *severity* (tingkat kejadian), *occurrence* (tingkat keparahan) dan *detection* (tingkat deteksi) sehingga didapatkan nilai RPN pada masing – masing proses yang telah teridentifikasi menjadi penyebab terjadinya *waste waiting*. Berikut merupakan tabel FMEA dari *waste waiting* yang teridentifikasi pada masing – masing penyebab :

Tabel 4.41 FMEA Waste Waiting

No.	Jenis Kegagalan	Efek Dari Kegagalan	S	Penyebab Kegagalan	O	Kontrol Saat Ini Yang Dilakukan	D	RPN
1.	Pemborosan Waktu Menunggu	Proses Produksi Terhambat	6	Kurang Memahami SOP	4	Membuat SOP Tertulis Secara Jelas	5	120
			7	Kurangnya Perhatian Operator Terhadap Pengecekan Alat/Mesin	5	Melakukan Pemeriksaan Ulang Terhadap Alat/Mesin	5	175
			4	Operator Datang Terlambat Kerja, Dump Truck Terlambat Datang	6	Belum Ada	3	72
			6	Material Lengket Dan Basah, Material Susah Diambil Oleh Excavator	5	Membersihkan Material Batu Kapur Dari Tanah Yang Menempel	3	90
			5	Lama Persiapan Awal Alat/Mesin Peremuk	4	Cek Rutin Terhadap Alat, Melakukan Cleaning Dan Maintenance	5	100
			7	Berdebu	5	Melakukan Cleaning Dan Menyiram Jalanan Dengan Water Truck	3	105
			5	Lokasi Tambang Basah Dan Becek, Jalan Tergenang Dan Licin, Jalan Bergelombang	4	Membuat Parit Sekitar Lokasi Untuk Aliran Air, Pemeliharaan Dengan Motor Grader	4	80

### 2. FMEA Waste Transportation

Pada *waste transportation* akan dilakukan pembobotan nilai *severity* (tingkat kejadian), *occurrence* (tingkat keparahan) dan *detection* (tingkat deteksi) sehingga didapatkan nilai RPN pada masing – masing proses yang telah teridentifikasi menjadi penyebab terjadinya *waste processing*. Berikut merupakan tabel *severity* dari *waste transportation* yang teridentifikasi pada masing – masing penyebab :

Tabel 4.42 FMEA Waste Transportation

No.	Jenis Kegagalan	Efek Dari Kegagalan	S	Penyebab Kegagalan	O	Kontrol Saat Ini Yang Dilakukan	D	RPN
1.	Pemborosan Pada Proses Transportasi	Proses Produksi Terhambat	6	Kurang Memahami SOP	5	Membuat SOP Tertulis Secara Jelas	4	120
			7	Operator Terlambat Datang, Waktu Istirahat Dan Pulang Tidak Tepat Waktu	4	Belum Ada	4	112
			6	Kurangnya Pengecekan Terhadap Alat/Mesin	7	Melakukan Pemeriksaan Ulang Terhadap Alat/Mesin	3	126
			6	Penjadwalan Kurang Teratur, Kurangnya Kesadaran Pekerja Untuk Menaati Prosedur Yang Berlaku, Manajemen Pemeliharaan Kurang Tepat, Pemeliharaan Dilakukan Tidak Sesuai	5	Belum Ada	5	150
			7	Material Susah Diambil, Material Lengket Dan Basah	4	Membersihkan Material Batu Kapur Dari Tanah Yang Menempel	3	84
			5	Material Terlalu Besar Dari Close Side Setting, Umpan Material Macet	5	Melakukan Pengecekan Terhadap Material, Pengecekan Material Sebelum Diumpankan Dan Melakukan Clearing Alat/Mesin	5	125
			5	Lama Persiapan Awal Alat/Mesin Peremuk	4	Cek Rutin Terhadap Alat, Melakukan Cleaning	5	100
			6	Minimnya Jam Kerja Untuk Maintenance Alat/Mesin, Alat/Mesin Melebihi Umur Pakai, Waktu Proses Pelumasan Tidak Teratur	6	Belum Ada	4	144
				Belt Putus/Rusak, Berkurangnya Kecepatan Pada Belt Conveyor	5	Mengganti Bagian Yang Aus, Membersihkan Material Yang Menumpuk	3	90
			6	Crusher Tidak Berputar Secara Stabil, Telat Mengganti Spare Part Yang Rusak, Toggle Plate Berhenti	4	Melakukan Maintenance Adalah Greasing, Check Bolt, Dan Clearing, Mengadakan Stock Alat Cadangan, Melakukan Pelumasan Pada Tiap Ujung Toggle Plate	4	128

			6	Berdebu	3	Melakukan Cleaning Alat/Mesin Dan Menyiram Jalanan Dengan Water Truck	5	105
			6	Lokasi Tambang Basah Dan Becek, Jalan Tergenang Dan Licin, Beban Dari Alat Angkut, Jalan Bergelombang	6	Membuat Parit Sekitar Lokasi Untuk Aliran Air, Mengurangi Beban Material, Pemeliharaan Dengan Motor Grader	3	108

Nilai RPN dari tabel di atas yang telah didapatkan sebelumnya kemudian akan diurutkan dari nilai RPN tertinggi hingga terendah sehingga menunjukkan prioritas perbaikan dari jenis kegagalan yang dilakukan. Berikut merupakan tabel usulan perbaikan berdasarkan urutan prioritas perbaikan dari nilai RPN FMEA :



Tabel 4.43 Rekapitulasi Usulan Perbaikan FMEA

No.	Jenis Kegagalan	Unsur	S	O	D	Nilai RPN	Faktor Penyebab Kegagalan	Usulan Perbaikan
1.	Waiting	Manusia	6	4	5	120	Kurang Memahami SOP	Membuat SOP tertulis secara jelas, mengedukasi kepada operator untuk tata tertib dan tidak melanggar SOP yang berlaku.
			7	5	5	175	Kurangnya Perhatian Operator Terhadap Pengecekan Alat/Mesin	Memberikan pelatihan terhadap operator mengenai kegiatan pemeliharaan <i>preventive</i> pada mesin <i>stone crusher</i>
		Mesin	5	4	5	100	Lama Persiapan Awal Alat/Mesin Peremuk	Membuat jadwal terperinci untuk melakukan inspeksi, perbaikan, pengisian bahan bakar dan pelumasan terhadap mesin peremuk batu kapur
		Lingkungan	7	5	3	105	Berdebu	Melakukan proses <i>cleaning</i> terhadap alat berat dan pada <i>unit crushing plant</i> secara rutin sebelum dilakukan proses produksi
2.	Transportation	Manusia	7	4	4	112	Operator Terlambat Datang, Waktu Istirahat Dan Pulang Tidak Tepat Waktu	Mempertegas pekerja untuk menaati SOP yang berlaku saat melakukan pekerjaan
		Mesin	6	5	5	150	Penjadwalan Kurang Teratur, Kurangnya Kesadaran Pekerja Untuk Menaati Prosedur Yang Berlaku, Manajemen Pemeliharaan Kurang Tepat, Pemeliharaan Dilakukan Tidak Sesuai	Melakukan penjadwalan <i>maintenance</i> dan <i>cleaning</i> secara rutin, membuat jadwal inspeksi rutin untuk mengetahui kesiapan pada mesin <i>stone crusher</i> , mengadakan pelatihan kerja terhadap operator agar mengerti dalam menangani kerusakan pada mesin <i>stone crusher</i> , memberikan edukasi kepada operator untuk tetap melaksanakan tata tertib dan melakukan pekerjaan sesuai dengan SOP yang berlaku
		Material	5	5	5	125	Material Terlalu Besar Dari Close Side Setting, Umpan Material Macet	Melakukan pengecekan material sebelum diumpankan ke mesin <i>crusher</i> dan memperkecil ukuran dengan alat bantu berupa <i>excavator</i>

Tabel 4.43 Rekapitulasi Usulan Perbaikan FMEA (Lanjutan)

No.	Jenis Kegagalan	Unsur	S	O	D	Nilai RPN	Faktor Penyebab Kegagalan	Usulan Perbaikan
		Mesin	6	6	4	144	Minimnya Jam Kerja Untuk Maintenance Alat/Mesin, Alat/Mesin Melebihi Umur Pakai, Waktu Proses Pelumasan Tidak Teratur	Melakukan proses <i>maintenance (Cleaning)</i> serta pengecekan kembali terhadap alat/mesin sebelum dan sesudah dilakukan proses produksi, mengadakan stok alat cadangan untuk setiap jenis kerusakan dan dilakukan <i>greasing</i> secara rutin pada alat sebelum proses produksi dimulai
			8	4	4	128	Crusher Tidak Berputar Secara Stabil, Telat Mengganti Spare Part Yang Rusak, Toggle Plate Berhenti	Membersihkan mesin <i>stone crusher</i> , mengorganisir komponen cadangan, seperti gigi <i>jaw</i> , <i>toggle plate</i> , <i>bearing</i> mengencangkan dan mengganti baut yang rusak atau longgar, melakukan pengecekan dan pelumasan
		Lingkungan	6	6	3	108	Lokasi Tambang Basah Dan Becek, Jalan Tergenang Dan Licin, Beban Dari Alat Angkut, Jalan Bergelombang	Membuat parit sekitar lokasi untuk aliran air, mengurangi muatan beerlebih, pemeliharaan dengan <i>motor grader</i>

### 4.3 Penentuan *Future State Mapping*

Setelah dilakukan analisa terhadap *current stream mapping* dengan menggunakan WAM dan VALSAT dengan *tools* yang terpilih yaitu *Process Activity Mapping* (PAM), dan menghasilkan *output* bahwa pada proses produksi terdapat aktivitas yang tidak bernilai tambah (*Non Value Added Activity*) serta aktivitas yang harus dilakukan tetapi tidak bernilai tambah (*Necessary but Non Value Added Activity*) yang keduanya harus dikurangi bahkan dihilangkan. Pada tabel dibawah ini merupakan rincian estimasi perhitungan minimasi terhadap *Non Value Added Activity* untuk pembuatan *Future State Mapping*.

**Tabel 4.44** Rincian Estimasi Perhitungan Minimasi NVA

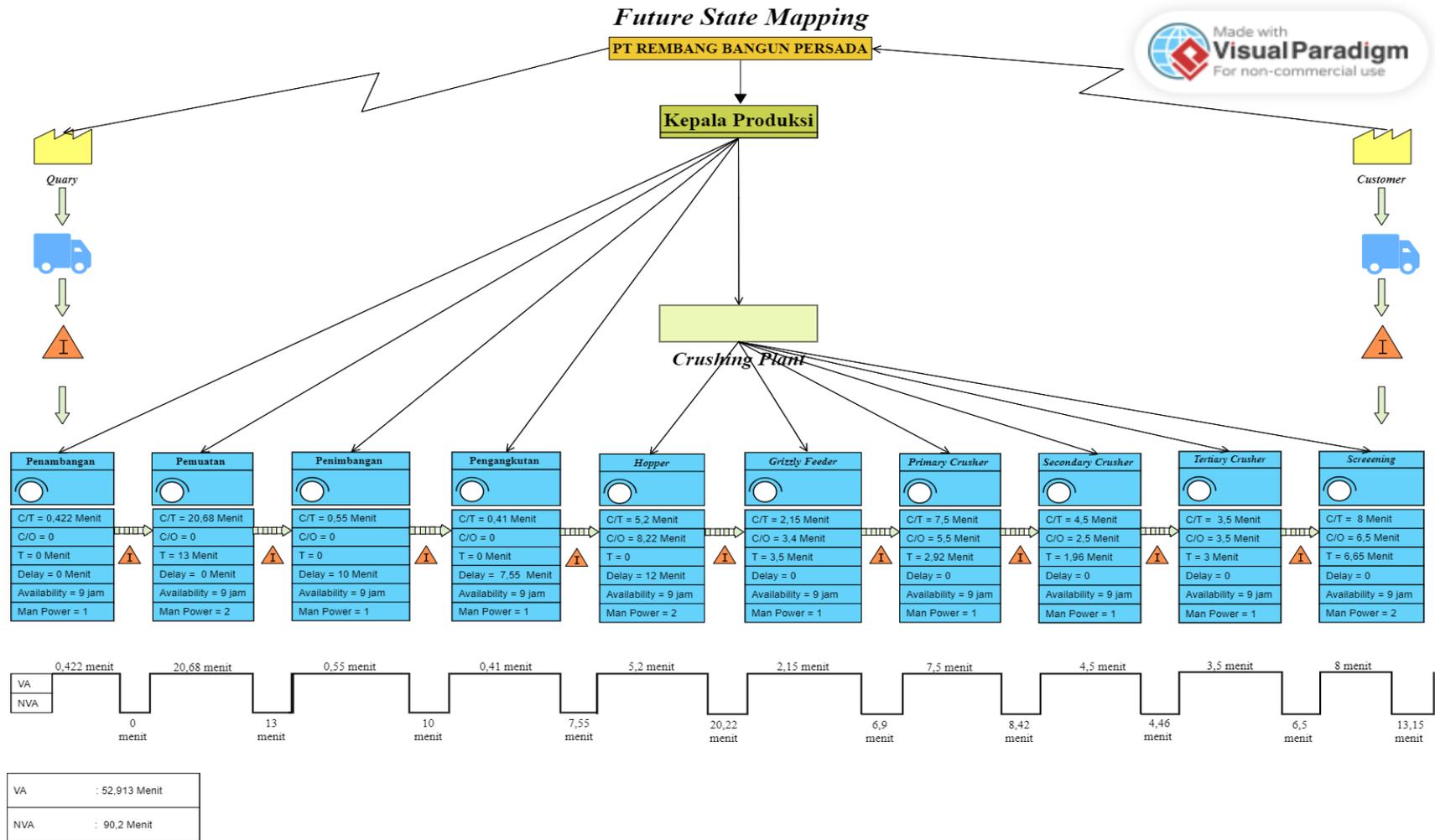
No.	Kegiatan NVA	NVA Sebelum Perbaikan (Menit)	Perbaikan Minimasi (Menit)	Keterangan Upaya Perbaikan
3.	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Yang Memuat Material Untuk Di Timbang	12,81	10	Durasi pada kegiatan menunggu kedatangan <i>dump truck</i> pada saat proses pengangkutan dikarenakan adanya ketersediaan alat penunjang yang memadai
4.	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Dari Proses Penimbangan Ke Area Penimbunan Material	7,55	7,55	Tidak Ada Perubahan
5.	Menunggu Mempersiapkan Alat/Mesin	24,88	12	Inspeksi dan perawatan mesin secara berkala akan meminimalisir terjadinya kerusakan pada mesin

Pada tabel dibawah ini merupakan rincian estimasi perhitungan minimasi terhadap *Necessary but Non Value Added Activity* (NNVA) untuk pembuatan *Future State Mapping*.

**Tabel 4.45** Rincian Perhitungan Minimasi Terhadap NNVA

No.	Kegiatan NNVA	NNVA Sebelum Perbaikan (Menit)	Perbaikan Minimasi (Menit)	Keterangan Upaya Perbaikan
1.	<i>Dump Truck</i> Memuat Material Dari Lokasi Pertambangan Menuju Ke Jembatan Timbang	10,05	8	Melakukan Pengeckan Material Sebelum Dimuat, Melakukan perbaikan Pada Jalan Yang Dilalui <i>Dump Truck</i> 1 Dengan Menggunakan <i>Motor Grader</i> , Membuat Aliran Air Dan Menambah Material Keras Untuk Timbunan Jalan Yang Bergelombang Karena Beban Dari Material Yang Dimuat
2.	Dari Tempat Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	6,76	5	Melakukan Pengeckan Material Sebelum Dimuat, Melakukan perbaikan Pada Jalan Yang Dilalui <i>Dump Truck</i> 1 Dengan Menggunakan <i>Motor Grader</i> , Membuat Aliran Air Dan Menambah Material Keras Untuk Timbunan Jalan Yang Bergelombang Karena Beban Dari Material Yang Dimuat
3.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Hopper</i> dan <i>Vibrating Grizzly Feeder</i> Menuju Ke Proses <i>Primary Crusher</i>	3,82	3,5	Membersihkan <i>Belt</i> Dari Debu – Debu Yang Menempel Pada <i>Bearing</i> Dan Material – Material Tumpahan Batu Kapur, Penggantian Oli Pelumas <i>Gear Reducer</i> , Pengeckan
4.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Jaw Crusher (Primary Crusher)</i> Menuju Ke Proses <i>Secondary Crusher</i>	2,92	2,92	Tidak Ada Perubahan

5.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Cone Crusher (Secondary Crusher)</i> Menuju Ke <i>Tertiary Crusher</i>	1,96	1,96	Tidak Ada Perubahan
6.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada <i>Tertiary Crusher</i> Menuju Ke Proses Pengayaan ( <i>Screening</i> )	3,64	3	Membersihkan <i>Belt</i> Dari Debu – Debu Yang Menempel Pada <i>Bearing</i> Dan Material – Material Tumpahan Batu Kapur, Penggantian Oli Pelumas <i>Gear Reducer</i> , Pengecekan
7.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 1 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (50 mm – 20 mm)	2,78	2,2	Membersihkan <i>Belt</i> Dari Debu – Debu Yang Menempel Pada <i>Bearing</i> Dan Material – Material Tumpahan Batu Kapur, Penggantian Oli Pelumas <i>Gear Reducer</i> , Pengecekan
8.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 2 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (20 mm – 10 mm)	2,15	1,75	Membersihkan <i>Belt</i> Dari Debu – Debu Yang Menempel Pada <i>Bearing</i> Dan Material – Material Tumpahan Batu Kapur, Penggantian Oli Pelumas <i>Gear Reducer</i> , Pengecekan
9.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 3 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (10 mm – 1 mm)	1,85	1,5	Membersihkan <i>Belt</i> Dari Debu – Debu Yang Menempel Pada <i>Bearing</i> Dan Material – Material Tumpahan Batu Kapur, Penggantian Oli Pelumas <i>Gear Reducer</i> , Pengecekan
10.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 4 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (200 mesh – 100 mesh)	1,2	1,2	Tidak Ada Perubahan



**Gambar 23.20 Future State Mapping**

#### 4.4 Analisa

Pada tahap ini akan dijabarkan hasil analisa dari pengolahan data yang telah dilakukan untuk selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pengembangan rekomendasi perbaikan pada sistem dan proses produksi. Langkah terakhir pada tahap ini adalah memberikan rekomendasi perbaikan.

##### 4.4.1 Analisa VA, NVA dan NNVA Pada *Current State Value Stream Mapping*

Nilai dari *value added activity* diperoleh dari waktu proses yang terdapat dalam *current state mapping*, aktivitasnya meliputi proses penambangan, pengangkutan, penimbangan, pemuatan dan *crushing plant* batu kapur. Nilai dari *necessary but non value added activity* merupakan aktivitas yang tidak bernilai tambah tetapi aktivitas ini sangat diperlukan untuk mendukung proses operasi menjadi lancar. Aktivitas tersebut meliputi proses transportasi dan *setup* mesin. Sedangkan *non value added* merupakan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah pada proses operasi. Aktivitas yang termasuk dalam kategori *non value added* yaitu *delay* atau *waiting* saat proses produksi. Berikut ini merupakan hasil klasifikasi *value added activity*, *non value activity* dan *necessary but not value added activity* dalam proses produksi Batu Kapur di PT. Rembang Bangun Persada.

Tabel 4.46 Klasifikasi VN, NVA dan NNVA

No.	Jenis Aktivitas	Waktu (Menit)	Kategori		
			VA	NVA	NNVA
1.	Penambangan	0,234	0,234		
2.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Kedalam <i>Dump Truck</i>	0,188	0,188		
3.	Pemuatan Material	14,92	14,92		
4.	<i>Dump Truck</i> Memuat Material Dari Lokasi Pertambangan Menuju Ke Jembatan Timbang	10,05			10,05
5.	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Yang Memuat Material Untuk Dilakukan Proses Penimbangan	12,81		12,81	
6.	Penimbangan Tonase Batu Kapur	0,55	0,55		
7.	Dari Tempat Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	6,76			6,76

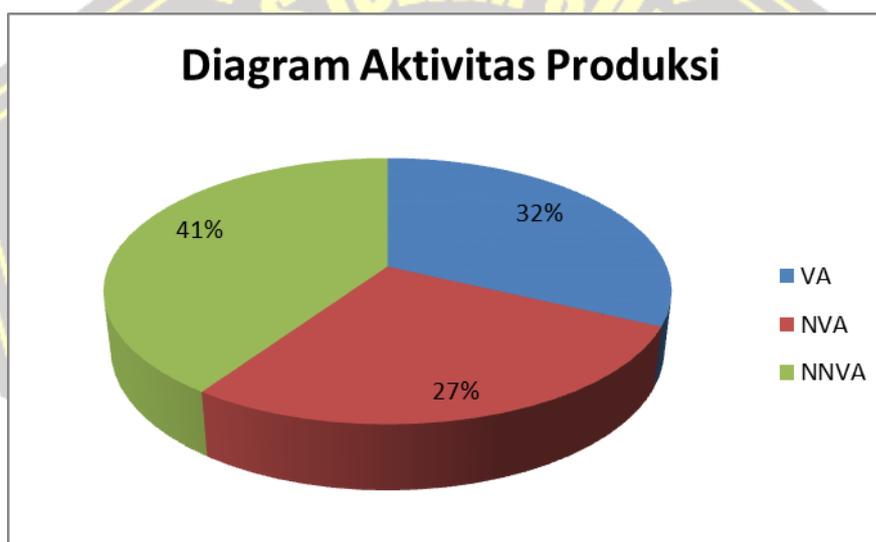
Tabel 4.46 Klasifikasi VN, NVA dan NNVA (Lanjutan)

No.	Jenis Aktivitas	Waktu (Menit)	Kategori		
			VA	NVA	NNVA
8.	Menunggu Kedatangan <i>Dump Truck</i> Dari Proses Penimbangan Menuju Ke Area Penimbunan Material	7,55		7,55	
9.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh <i>Dump Truck</i> ( <i>Dumping</i> )	5,76	5,76		
10.	<i>Setup (Hopper)</i>	8,22			8,22
11.	<i>Setup (Vibrating Grizzly Feeder)</i>	3,4			3,4
12.	<i>Setup (Jaw Crusher)</i>	5,5			5,5
13.	<i>Setup (Cone Crusher)</i>	2,5			2,5
14.	<i>Setup (Impact Crusher)</i>	3,5			3,5
15.	<i>Setup (Vibrating Screen)</i>	6,5			6,5
16.	Menunggu Proses Persiapan Awal (Pengecekan dan Proses Pengoperasian Alat/Mesin) Pada <i>Stone Crusher</i>	24,88		24,88	
17.	Pengangkutan Material	0,251	0,251		
18.	Penumpahan Material Bongkahan Batu Kapur Oleh <i>Wheel Loader</i> Akan Diumpakan Ke Dalam Mesin <i>Hopper</i>	0,16	0,16		
19.	Menerima Umpan Dari <i>Wheel Loader</i>	5,2	5,2		
20.	Memisahkan Bongkahan Material Dari Tanah dan Mengontrol Material Yang Akan Masuk Ke Dalam Proses <i>Primary Crusher</i>	2,15	2,15		
21.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Hopper</i> dan <i>Vibrating Grizzly Feeder</i> Menuju Ke Proses <i>Primary Crusher</i>	3,82			3,82
22.	<i>Primary Crusher</i>	7,5	7,5		
23.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Jaw Crusher (Primary Crusher)</i> Menuju Ke Proses <i>Secondary Crusher</i>	2,92			2,92
24.	<i>Secondary Crusher</i>	4,5	4,5		
25.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada Mesin <i>Cone Crusher (Secondary Crusher)</i> Menuju Ke <i>Tertiary Crusher</i>	1,96			1,96
26.	<i>Tertiary Crusher</i>	3,5	3,5		
27.	Dari Proses <i>Crushing</i> Pada <i>Tertiary Crusher</i> Menuju Ke Proses Pengayaan ( <i>Screening</i> )	3,64			3,64
28.	<i>Screening (Pengayaan)</i>	8	8		
29.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen 1</i> Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (50 mm – 20 mm)	2,78			2,78

Tabel 4.46 Klasifikasi VN, NVA dan NNVA (Lanjutan)

No.	Jenis Aktivitas	Waktu (Menit)	Kategori		
			VA	NVA	NNVA
30.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 2 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (20 mm – 10 mm)	2,15			2,15
31.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 3 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (10 mm – 1 mm)	1,85			1,85
32.	Mengangkut Material Hasil <i>Vibrating Screen</i> 4 Menuju Ke <i>Stockpile</i> Dengan Ukuran (200 mesh – 100 mesh)	1,5			1,5
<b>Jumlah</b>		<b>164,903</b>	<b>52,913</b>	<b>45,24</b>	<b>66,75</b>

Grafik perbandingan *value added activity*, *non value added activity* dan *necessary but non value added* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 24.21 Diagram Aktivitas

Berdasarkan gambar diatas nilai *value added activity* sebesar 32 %, nilai *non value added activity* sebesar 27 % sedangkan *necessary but non value added* sebesar 41 %.

#### 4.4.2 Analisa Hasil Identifikasi Waste

Proses identifikasi *waste* pada tahap ini dengan menggunakan metode *waste assessment model* (WAM). Penggunaan metode ini bertujuan untuk menyederhanakan pencarian permasalahan dan objektifitas penelitian. Identifikasi *waste* dengan metode ini melibatkan satu responden yang berkompeten dari setiap fungsi serta

bertanggungjawab terhadap operasional sistem dan proses produksi, responden tersebut yaitu kepala *crusher*.

#### 4.4.3 Analisa Waste Relationship Matrix (WRM)

*Waste Relationship Matrix* (WRM) digunakan untuk menganalisa pengukuran dari waste yang menunjukkan tingkat pengaruh maupun efek dari masing – masing *waste*.

**Tabel 4.47** Hasil Persentase *Waste Relationship Matrix* (WRM)

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Skor	(%)
O	10	6	2	2	4	0	6	30	15,46 %
I	2	10	2	2	6	0	0	22	11,34 %
D	2	2	10	2	6	0	4	26	13,40 %
M	0	2	2	10	0	8	4	26	13,40 %
T	2	2	4	6	10	0	8	32	16,49 %
P	2	4	2	2	0	10	10	30	15,46 %
W	6	8	4	0	0	0	10	28	14,43 %
Skor	24	34	26	24	26	18	42	194	
(%)	12,37 %	17,53 %	13,40 %	12,37 %	13,40 %	9,27 %	21,60 %		

Berdasarkan hasil *waste matrix value* di atas nilai dari baris *from transportation* (T) memiliki *score* dan presentase yang paling besar yaitu 16,49 %. Hal tersebut menunjukkan apabila *waste transportation* terjadi maka akan memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap munculnya *waste* lainnya. Sedangkan pada kolom matrik *to waiting* (W) memiliki *score* dan presentase yang paling besar yaitu 21,60 %. Hal itu menunjukkan bahwa *waste waiting* merupakan *waste* yang paling banyak di pengaruhi oleh *waste* lainnya.

#### 4.4.4 Analisa Waste Assessment Questionnaire (WAQ)

*Waste Assessment Questionnaire* (WAQ) digunakan untuk mengidentifikasi dan menentukan *waste* yang paling signifikan. WAQ terdiri dari 68 pertanyaan penilaian yang menggambarkan suatu kegiatan, kondisi atau karakteristik tertentu yang dapat menyebabkan pemborosan jenis tertentu. Pertanyaan-pertanyaan ini termasuk pertanyaan "*from*" dan "*to*" dan dibagi menjadi beberapa kategori seperti *man*, *method*, *material*,

dan *mechine*. Pemeringkatan hasil penilaian WAQ dimulai dari yang terbesar hingga yang terkecil sebagai berikut:

**Tabel 4.48** Ranking Hasil Perhitungan WAQ

Peringkat	Jenis Waste	Presentase ( %)
1	<i>Waiting</i>	22,21 %
2	<i>Transportation</i>	15,46 %
3	<i>Inventory</i>	14,16 %
4	<i>Overproduction</i>	13,14 %
5	<i>Defect</i>	12,79 %
6	<i>Motion</i>	11,81 %
7	<i>Process</i>	10,39 %

Dari hasil *assessment* diatas peringkat *waste* yang dominan serta *waste* yang sangat berpengaruh terhadap *waste* yang lainnya adalah *waste waiting* dengan presentase 22,21 %. Selanjutnya *waste transportation* dan *inventory* dengan presentase masing-masing yaitu 15,46 % dan 14,16 %. Peringkat keempat dan kelima dengan presentase masingmasing 13,14 % dan 12,79 % yaitu *waste overproduction* dan *defect*. Sedangkan yang termasuk minor *waste* yaitu *waste motion* dan *process* dengan presentase masing-masing 11,81 % dan 10,39 %

#### 4.4.5 Analisa Hasil *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT)

Setelah diketahui peringkat masing-masing *waste* dengan metode WAM, selanjutnya dilakukan pembobotan dan pengolahan *tools* menggunakan matrik VALSAT, dengan tujuan untuk menentukan *tools* yang efektif dan tepat dalam mengevaluasi *waste* yang terjadi secara detail. Adapun ranking hasil pembobotan *tools* VALSAT secara berurutan dari yang terbesar sampai terkecil sebagai berikut:

**Tabel 4.49** Hasil Analisis *Tools* VALSAT

<b>Ranking</b>	<b>Tools VALSAT</b>	<b>Total Bobot</b>	<b>Presentase (%)</b>
1	<i>Process Activity Mapping (PAM)</i>	608,5	37,02 %
2	<i>Suply Chain Responce Matrix (SCRM)</i>	378,56	23,03 %
3	<i>Demand Amplification Mapping (DAM)</i>	233,49	14,20 %
4	<i>Decision Point Analysis (DPA)</i>	158,92	9,66 %
5	<i>Quality Filter Mapping (QFM)</i>	138,64	8,43 %
6	<i>Production Variety Funned (PVF)</i>	95,86	5,83 %
7	<i>Physical Structure (PS)</i>	29,62	1,80 %

Berdasarkan *ranking tools* VALSAT di atas, skor tertinggi yaitu proses *activity mapping* (PAM) dengan nilai sebesar 608,5, *ranking* kedua *suplay chain reponse matrix* (SCRM) sebesar 378,56, *ranking* ketiga yaitu *demand amplification mapping* (DAM) sebesar 233,49, *ranking* ke empat *decision point analysis* (DPA) sebesar 158,93, *rangking* ke lima *quality filter mapping* (QFM) sebesar 138,64, *rangking* ke enam *production variety funnel* (PVF) sebesar 95,86 dan yang ke tujuh yaitu *physical structure* (PS) dengan nilai 29,62, jadi *tools* yang terpilih untuk menganalisa pemborosan (*waste*) secara lebih detail adalah *process activity mapping* (PAM) sebagai peringkat pertama, *tools* ini mampu menggambarkan lebih detail, proses pembuatan PAM menggunakan data waktu proses yang di dapatkan melalui pengamatan langsung dengan *stopwatch*. Hasil pengukuran waktu proses di validasi dengan menggunakan uji kecukupan data dan uji keseragaman data, total seluruh aktivitas proses produksi memerlukan waktu sebesar 164,903 menit.

Ada 32 aktifitas dalam *process actifity mapping* yang terdiri dari aktivitas *operation* sebanyak 13 aktivitas, *inspection* sebanyak 6 aktivitas, *transportation* sebanyak 6 aktivitas, *delay* sebanyak 3 aktivitas, dan *storage* sebanyak 4 aktivitas. Presentase secara detail dari setiap aktivitas dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 4.50** Klasifikasi Tiap Aktivitas

Jenis Aktivitas	<i>Operation</i>	<i>Inspection</i>	<i>Transportation</i>	<i>Delay</i>	<i>Storage</i>	Total
Jumlah Aktivitas	13	6	6	3	4	32
Waktu (Menit)	52,913	29,62	29,15	45,24	7,98	164,903
Presentase (%)	32,08 %	17,96 %	17,67 %	27,43 %	4,83 %	100 %

Dari tabel diatas presentase tertinggi terdapat pada aktivitas *operation* yaitu sebesar 32,08 %, *operation* merupakan aktivitas yang bernilai tambah (*value added*). Klasifikasi VA, NVA, DAN NNVA sebagai berikut :

**Tabel 4.51** Klasifikasi VA, NVA dan NNVA

Aktivitas	Jumlah	Waktu (Menit)	Presentase (%)
VA	13	52,913	32,08 %
NVA	3	45,24	27,43 %
NNVA	16	66,75	40,47 %
Total	32	164,903	100 %

Berdasarkan tabel diatas diketahui waktu aktivitas yang bernilai VA sebesar 52,913 menit dengan presentase 32,08 %, aktivitas dengan waktu 45,24 menit dengan presentase 27,43 % yaitu NVA, kemudian 66,75 menit dengan presentase 40,47 % yaitu NNVA. Waktu aktivitas tertinggi yaitu aktivitas NNVA dengan waktu 66,75 menit.

#### 4.4.5 Analisa Usulan Perbaikan

Dari hasil identifikasi akar penyebab permasalahan, maka penulis memberikan usulan perbaikan untuk permasalahan yang timbul, yaitu sebagai berikut :

##### 1. Ketersediaan Peralatan Penunjang

Dari hasil pembuatan *future state mapping*, penyebab dari waktu NVA yaitu 45,24 menit dalam *cycle time* produksi *suplay* material dari tambang ke *hopper*, hal ini yang masih menjadi penyebab terjadinya keterlambatan kedatangan material, sehingga menghambat proses peremukan batu kapur. Jarak dari penampungan hasil tambang material batu kapur yang terlalu jauh, tidak bisa diubah / didekatkan karena sesuai *layout* pada arean *stone crusher* dan peraturan pertambangan. Faktor

terjadinya keterlambatan adalah operator alat angkut tidak datang tepat waktu, sehingga *dump truck* terlambat datang, kerusakan pada *excavator*, oleh karena itu alternative yang harus dilakukan adalah dengan melakukan *service* secara berkala dan terjadwal untuk mencegah terjadinya kerusakan pada *excavator*, sehingga ketersediaan *excavator* serta alat angkut *dump truck* tetap terjaga untuk menunjang kelancaran dalam produksi batu kapur.

## 2. Perawatan Mesin dan Peralatan

Berdasarkan indentifikasi akar penyebab masalah yang terjadi pada *stone crusher* diantaranya yaitu, material yang nempel dengan tanah akan mengakibatkan macet, tersangkut pada *hopper* dan material berukuran melebihi *close side setting*. Melakukan pembersihan material pada *chute*, membersihkan material pada area *hopper*, memindahkan *pile*. Kerusakan pada alat *grate bare crusher*, kerusakan di *spillage crusher*, kerusakan di *roller* baut patah/longgar, untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan mengadakan stok alat cadangan pada setiap jenis kerusakan, melakukan pembersihan secara berkala. Pada alat *primary crusher*, *belt conveyor*, *welding toggle plate* dan *change blot jaw*. Untuk *maintenance greasing*, *check bolt jaw* dan *clearing*, sedangkan untuk permasalahan pada *secondary crusher* atau *tertiary crusher* dengan perbaikan alata *change mantle* dan *concave* pada alat *cone crusher*. Penambahan/pergantian *skirt plate* penyangga, penggantian *bend pulley* pada *belt conveyor*, melakukan pelumasan pada alat unit peremuk.

## 3. Pengadaan Pelatihan Kerja

Mengadakan pelatihan kepada karyawan untuk upaya menguatkan serta meningkatkan kepatuhan karyawan ketika produksi dalam melaksanakan 5R. Dari pelatihan tersebut ditujukan dapat menumbuhkan rasa memiliki karyawan terhadap mesin yang ada sehingga perawatan lebih sering dilakukan dan proses identifikasi ketika mesin bermasalah akan lebih mudah dilakukan

4. Melakukan peningkatan kesadaran kepada karyawan dalam menggunakan *lable tag* pada mesin agar pengawasan status mesin dapat dilakukan dengan mudah.
5. Melakukan peningkatan kesadaran kepada karyawan tentang pentingnya merawat mesin. Peningkatan kesadaran ini dapat dilakukan melalui pemberian pelatihan dan pengetahuan pada karyawan terkait dengan perawatan mesin dari proses pembersihan, pemeriksaan, dan pengecekan setiap bagian dari mesin.
6. Adanya pelatihan kepada karyawan mengenai cara memelihara mesin secara menyeluruh. Pelatihan ini dapat dilakukan dengan produsen mesin yang digunakan agar pemberian pengetahuan lebih aktual.
7. Mengadakan SOP terkait dengan pengecekan stok komponen mesin. Pengecekan tidak hanya dilakukan pada mesin namun pada komponen mesin, hal ini agar ketika adanya masalah tidak harus menunggu dan mesin dapat sesegera mungkin diperbaiki dan berfungsi kembali.
8. Adanya evaluasi secara berkala serta perbaikan terhadap standar dari kemampuan operasional mesin yang digunakan. Kemudian adanya verifikasi pada karyawan terhadap aturan yang telah diterapkan. Membuat tim *Kaizen* yang melibatkan pihak-pihak terkait yang berhubungan secara langsung dengan proses operasional mesin seperti produksi, *maintenance*, dan lainnya.

#### 4.5 Pembuktian Hipotesa

Hipotesa menunjukkan bahwa penelitian yang sudah dilakukan pada penelitian ini mampu mengatasi permasalahan yang ada di PT. Rembang Bangun Persada, permasalahan tersebut berupa terjadinya beberapa *waste* yang memiliki hubungan dan keterkaitan *waste* satu dengan *waste* lainnya yang mengganggu kegiatan proses produksi, dimana permasalahan tersebut mampu diselesaikan dengan menerapkan *lean manufacturing* dan *failure mode and effect analysis*,

yang dimana dapat diketahui bahwa *waste* yang paling dominan dan berpengaruh terhadap *waste* lainnya adalah *waiting* dan melakukan usulan perbaikan pada setiap *waste* yang ada. Untuk menunjukkan pembuktian hipotesa secara jelas dapat dilihat pada sub bab di bawah ini :

#### 4.5.1 Kecepatan Proses Produksi

Pembuktian hipotesa pada kecepatan proses produksi ini belum mencapai implementasi, oleh karena itu hanya dilakukan perhitungan estimasi peningkatan apabila usulan tersebut dapat diterima dan diterapkan oleh perusahaan untuk mengatasi permasalahan yang ada. Berdasarkan dari pengolahan data terbukti dapat mengurangi aktivitas *non value added activity* dimana hal tersebut akan berdampak pada kecepatan proses produksi yang ada di PT. Rembang Bangun Persada. Berikut ini merupakan perbandingan *current state value stream mapping* dan *future state value mapping* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 4.52** Perbandingan CSVSM dan FSVSM

Aktivitas	Sebelum Perbaikan (Menit)	Setelah Perbaikan (Menit)	Selisih (Menit)	Presentase (%)
VA	52,913	52,913	0	0 %
NVA	45,24	29,55	15,69	34,68 *
NNVA	66,75	60,65	6	8,98 %
<b>Total Lead Time</b>	<b>164,903</b>	<b>143,13</b>	<b>21,69</b>	<b>13,15 %</b>

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan menunjukkan perbedaan *lead time* produksi, pada *current state mapping* diperoleh *lead time* sebesar 164,903 menit sedangkan setelah dilakukan perbaikan pada *future state mapping* sebesar 143,13 menit dengan pengurangan waktu sebesar 13,15 %. Total 52,913 menit waktu aktifitas *value added activity* (VA) sebelum perbaikan sebesar 52,913 menit dan sesudah perbaikan mempunyai total waktu yang sama, selanjutnya total waktu *aktivitas non value added activity* (NVA) sebelum perbaikan sebesar 45,24 menit dengan pengurangan waktu 34,68 % disebabkan karena adanya pengurangan waktu menunggu. Kemudian total waktu aktivitas

*necessary but non value added activity* (NNVA) sebelum perbaikan sebesar 66,75 dengan pengurangan waktu 8,98 % disebabkan karena adanya pengurangan waktu proses *transportation*.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian di PT. Rembang Bangun Persada adalah sebagai berikut :

1. Hasil identifikasi permasalahan yang terjadi dalam proses pembuatan gergaji kayu adalah sebagai berikut :
  - a. *Current Value State Mapping* yang telah dibuat maka diketahui nilai *value added activity* sebesar 52,913 menit, total nilai *non value added activity* sebesar 45,24 menit, dan nilai *necessary but non value added activity* sebesar 66,75 menit dengan total *lead time* sebesar 164,903 menit.
  - b. Diketahui hasil identifikasi pemborosan menggunakan metode *waste assesment model* (WAM) diperoleh peringkat *waste* yang pertama yaitu *waste waiting* dengan presentase sebesar 22,21 %, peringkat kedua yaitu *waste taransportation* dengan persentase sebesar 15,46 %, peringkat ketiga yaitu *waste inventory* dengan presentase sebesar 14,16 %.
  - c. Hasil pengolahan data menggunakan metode *value stream analysis tools*, terpilih *tools* yang memiliki peringkat pertama akan digunakan untuk menganalisa pemborosan secara lebih detail yaitu *tools process activity mapping* (PAM) dengan bobot 608,5. Hasil pengolahan menggunakan *value stream analysis tools* menggunakan *tools* PAM, didapatkan peringkat pertama yaitu aktivitas *operation* sejumlah 13 aktivitas dengan presentase 32,08 %, aktivitas *inspection* sejumlah 6 aktivitas dengan presentase 17,96 %, aktivitas *transportation* sejumlah 6 aktivitas dengan presentase 17,67 %, aktivitas *delay* 3 aktivitas dengan presentase 27,43 % dan 4 aktivitas *storage* dengan presentase 4,83 %.
2. Hasil penentuan akar permasalahan dengan menggunakan *fishbone diagram* yang berdasarkan perolehan dari *tools* PAM dimana terdapat 2 jenis *waste* yang memiliki peringkat tertinggi adalah *Waste Waiting* dan *Waste Transportation*.

3. Rekomendasi perbaikan yang diusulkan peneliti sebagai upaya untuk membantu mengurangi waste yang ada pada proses produksi batu kapur di PT. Rembang Bangun Persada adalah sebagai berikut :
  - a. Ketersediaan Peralatan Penunjang
  - b. Pengadaan Pelatihan Kerja
  - c. Melakukan peningkatan kesadaran kepada karyawan tentang pentingnya merawat mesin.
  - d. Mengadakan SOP terkait dengan pengecekan stok komponen mesin.
  - e. Adanya evaluasi secara berkala dan membuat tim *Kaizen*

Rancangan *Future State Mapping* diperoleh total nilai *value added activity* sebesar 52,913 menit, total nilai *non value added activity* sebesar 29,55 menit dan total nilai *necessary but non value added activity* sebesar 60,65 menit dengan total *lead time* sebesar 143,13 menit.

## 5.2 Saran

Setelah penelitian ini dilakukan terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yang dapat digunakan untuk kelanjutan penelitian selanjutnya dibawah ini merupakan saran yang dapat diberikan oleh peneliti, yaitu sebagai berikut :

1. Diharapkan ada penelitian lebih lanjut dengan implementasi *lean manufacturing* yang berkesinambungan dengan produktivitas didalam perusahaan.
2. Peneliti selanjutnya dapat menggali penyebab *waste* secara detail, lebih rinci dan spesifik mulai dari awal proses produksi dimulai hingga akhir produk sampai ditangan konsumen.
3. Diharapkan untuk peneliti selanjutnya sebaiknya dibuatkan beberapa skenario untuk mengetahui dampak atau manfaat dari setiap usulan rekomendasi perbaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahyari, A. (1986). *Manajemen Produksi : Perencanaan Sistem Produksi*. BPFE.
- Altayany, E. (2018). "Analisis Prioritas Perbaikan Guna Meminimasi Waste Dominan Pada Proses Produksi Dengan Failure Mode And Effect Analysis Analytical Hierarchy Process (FMEA AHP) (Studi Kasus : PT. Lexaz Nesia Jaya)". Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Assauri, S. (2016). "Manajemen Operasi Produksi () Pencapaian Sasaran Organisasi Berkesinambungan ". (E. 3, Ed.) Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Cahyawati et al. (2018). "Analisis Pengukuran Kerja Dengan Menggunakan Metode Stopwatch Time Study". Sentra.
- Fauzi, A., & Safirin, T. (2021). Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Lean Six Sigma Di PT. XYZ. *Tekmapro : Jurnal Of Industrial Engineering and Management*, 16(02), 13 - 24.
- Gaspersz , V., & Avanti, F. (2011). Bogor: Vinchristo Publication.
- Gaspersz, V. (2007). Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Havi, N. F., Lubis, M. Y., & Yanuar, A. A. (2018, Agustus). Penerapan Metode 5S Untuk Meminimasi Waste Motion Pada Proses Produksi Kerudung Instan Di CV. XYZ Dengan Pendekatan Lean Manufacturing. *JISI : Jurnal Integrasi Sistem Industri* , 5 (2), 55 - 62.
- Herawati, H., & Mulyani, D. (2016). "Pengaruh Kualitas Bahan Baku Dan Proses". *UNEJ e - proceeding*, 463 - 482.
- Iftikar, Z., & Sitalaksana. (2006). *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung: ITB.
- Imai, M. (1999). "Gemba Kaizen, Pendekatan Akal Sehat Berbiaya Rendah Pada Manajemen". (K. Jahja, Trans.) Jakarta: PPM.
- Isnain dkk. (2016). "Perancangan Perbaikan Proses Produksi Komponen Bodi Mobil Daihatsu Dengan Lean Manufacturing Di PT. XYZ". *Jurnal Studi Manajemen dan Bisnis*, 3(2).

- Karyono, A. (2014). "Pendekatan Lean Manufacturing Untuk Menurunkan Waste Waiting Time Dan Transportasi (Studi Kasus : CV. Riau Pallet)". *Doctoral Dissertation*.
- Kurniawan, E. B., & Hariastuti, P. N. (2020, April). "Implementasi Lean Manufacturing Pada Proses Produksi Untuk Mengurangi Waste Guna Lebih Efektif Dan Efisien". *Jurnal SENOPATI*, 1(2), 85 - 95.
- Ma'ruf, Z., Marlyana, N., & Sugiyono, A. (2021, Maret). Analisis Penerapan Lean Manufacturing Dengan Metode VALSAT Untuk Memaksimalkan Produktivitas Pada Proses Operasi Crusher (Studi Kasus Di PT. Semen Gresik Pabrik Rembang). *Prosiding Seminar Nasional Konstelasi Ilmiah Mahasiswa UNISSULA 5 (KIMU 5)*, 5(1), 10 - 20.
- Pratama, P. A. (2022). "Usulan Perancangan Lean Manufacturing Dengan Metode VALSAT Pada Line Produksi Mebel Untuk Meminimasi Waste Di CV. Ara Samudra". Semarang: Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Ristyowati, T., Muhsin, A., & Nurani, P. P. (2017, Juni). Minimasi Waste Pada Aktivitas Proses Produksi Dengan Konsep Lean Manufacturing (Studi Kasus di PT. Sport Glove Indonesia). *OPSI - Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 10(1), 85 - 96.
- Saputra, T. M. (2021). *Usulan Penerapan Lean Manufacturing Dengan Menggunakan WAM dan VALSAT Untuk Meminimumkan Waste Pada Proses Produksi (Studi Kasus CV. Bill & Sen)*. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung.
- Subagyo, P. (2000). *Manajemen Operasi*. Yogyakarta: BPFE.
- Yanto, & Ngaliman, B. (2017). *ERGONOMI*. Yogyakarta: ANDI.