



TESIS - BM185407

**ANALISA *LEAN MINING* SEBAGAI UPAYA MENGURANGI
WASTE DAN MENINGKATKAN EFIENSI PROSES
PRODUKSI *DORE BULLION* DI INDUSTRI *GOLD MINING***

LIGA INDRIYANI
09211850013009

Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Moses Laksono Singgih, M.Sc., M.reg.Sc

Departemen Manajemen Teknologi
Fakultas Desain Kreatif Dan Bisnis Digital
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Manajemen Teknologi (M.MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Lfga Indriyani

NRP: 09211850013009

Tanggal Ujian: 11 Januari 2020

Periode Wisuda: Maret 2020

Disetujui oleh:

Pembimbing:

1. Prof. Dr. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc
NIP: 195908171987031002



.....

Penguji:

1. Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc
NIP: 195903181987011001



.....

2. Dyah Santhi Dewi, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D
NIP: 197208251998022000



.....

Kepala Departemen Manajemen Teknologi
Fakultas Desain Kreatif Dan Bisnis Digital



DEPARTEMEN
MANAJEMEN TEKNOLOGI

Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP
NIP: 196912311994121076

Analisa *Lean Mining* sebagai Upaya Mengurangi *Waste* dan Meningkatkan Efisiensi Proses Produksi *Dore Bullion* di Industri *Gold Mining*

Nama Mahasiswa : Liga Indriyani
NRP : 09211850013009
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Moses Laksono Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc

ABSTRAK

Salah satu industri yang memiliki area bisnis dengan permintaan pasar yang tinggi yaitu industri tambang emas sehingga perusahaan tersebut sering harus melampaui target produksinya untuk memenuhi permintaan tersebut. Maka untuk mendukung *output* produksi dalam jumlah yang banyak, perusahaan harus mampu membuat proses lebih efisien dengan cara mengurangi masalah *waste* yang menghambat proses produksi. Berdasarkan observasi awal, masalah tersebut meliputi *waste defect* berupa *choke material ore*, ketidaksesuaian hasil cetakan *dore bullion*, dan kerusakan alat. Selain itu, terdapat *waste overproduction* dan *waiting*. *Waste waiting* diakibatkan karena adanya *ponding* saat proses *leaching*. Kemudian terdapat pula *waste overprocessing* dan *transportation* berupa jarak pengangkutan *ore* yang berubah-ubah dan jauh. Terjadinya *waste* tersebut dapat dikurangi atau dihilangkan dengan menggunakan suatu pendekatan *Lean*. *Lean* yaitu metode untuk merampingkan atau mengefisienkan proses dengan menghilangkan/mengurangi adanya *waste* pada proses *mining*. Pengidentifikasian *waste* dengan menggunakan *tools Waste Assesment Model (WAM)*. Hasil analisa WRM yaitu *defect* dengan persentase 17,24% merupakan *waste* yang paling berpengaruh terhadap *waste* lainnya. Sementara hasil analisa WAQ yaitu dihasilkan peringkat *waste* tertinggi yaitu *defect*, *motion*, *waiting*, dan *Process* dengan persentase berturut-turut dari yang terbesar yaitu 20,75%, 18,42%, 17,57%, dan 14,36%. Dari hasil tersebut kemudian rekomendasi perbaikan yang dapat diusulkan untuk mereduksi *waste* yang memiliki peringkat tinggi tersebut antara lain yaitu menggunakan *tools Kamishibai control board* untuk *controlling* ukuran dan komposisi campuran ukuran *ore*, *tools TPM* untuk mengurangi adanya *waste waiting* dengan meningkatkan efisiensi kerja alat crusher, mengoptimalkan kinerja *maintenance*, membuat cetakan *dore bullion* berbentuk sejajar atau tidak bertumpuk dan mengatur *flowrate* larutan emas ke cetakan untuk mengurangi *waste defect* ketidaksesuaian hasil cetakan *dore bullion*, serta membuat *standardized work* pada proses irigasi.

Kata Kunci : *Lean Mining, Mining, Waste Assesment Model, Root Cause Analysis, waste, ore, gold bullion*

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

Lean Mining Analysis as an Effort to Reduce Waste and Increase Efficiency of Dore Bullion Production Process in Gold Mining Industry

Name of Student : Liga Indriyani

Student Identify Number : 09211850013009

Supervisor : Prof. Dr. Ir. Moses Laksono Singgih, M.Sc

ABSTRACT

One of the industry that has a business area with high market demand is the gold mining industry, so the company often has to exceed its production targets to supply these demands. To support production output in large quantities, companies must be able to make the process more efficient by reducing waste problems that hinder the production process. Based on preliminary observations, these problems include waste defects in the form of choke ore materials, mismatches of dore bullion printing, and equipment damage. In addition, there is waste overproduction and waiting. Waste waiting is caused by the existence of ponding during leaching. Then there are waste overprocessing and transportation in the form of the distance of ore transportation that changes and far away. The occurrence of the wastes can be reduced or eliminated by using a Lean approach. Lean is a method to streamline processes by eliminating / reducing waste in the mining process. Identifying waste using the Waste Assessment Model (WAM) tools consist of WRM and WAQ. The result of WRM analysis is defect with a percentage of 17.24% which is the most influential waste to other waste. While the results of the WAQ analysis are the highest waste rating, namely defect, motion, waiting, and process with the highest percentage of success, namely 20.75%, 18.42%, 17.57%, and 14.36%. From these results then recommendations for improvements that can be proposed to reduce waste that has a high rating include, among others, using Kamishibai control board tools to control the size and composition of ore size mixing, using TPM tools to reduce waste waiting by increasing the working efficiency of the crusher, optimizing performance maintenance, making dore bullion molds in a parallel or non-stacked shape and regulating the flowrate of the gold solution to the mold to reduce waste defects that are incompatible with dore bullion prints, as well as making standardized work in the irrigation process.

Keywords : *Lean Manufacturing, Waste Assesment Model, Root Cause Analysis, waste, ore, gold bullion*

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas rahmat dan karunia Allah Yang Maha Esa atas selesainya penulisan Tesis ini yang berjudul “Analisa *Lean Mining* sebagai Upaya Mengurangi *Waste* dan Meningkatkan Efisiensi Proses Produksi *Dore Bullion* di Industri *Gold Mining*”. Tesis ini merupakan syarat yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar Magister pada Program Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang telah memberi dukungan, doa, semangat dan inspirasi untuk menyelesaikan tesis ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Moses Laksono Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan penulis dalam penyusunan proposal tesis ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc dan Ibu Dyah Santhi Dewi S.T., M.Eng.Sc., Ph.D selaku dosen penguji Tesis.
4. Seluruh pimpinan dan dosen pengajar yang telah memberikan tambahan wawasan dan ilmu pengetahuan beserta seluruh staf dan karyawan MMT-ITS .
5. Salah satu perusahaan tambang emas Indonesia yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian.
6. Hilal Abdur Rochman yang telah memberikan dukungan, motivasi, doa, dan saran dalam menyelesaikan Tesis ini.
7. Teman-teman Manajemen Industri MMT-ITS angkatan semester ganjil tahun 2018 Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada penulisan Tesis ini, penulis sangat merasa adanya kekurangan dan kesalahan. Untuk itu penulis mengharapkan dan menerima segala masukan, kritik ataupun saran dalam menyempurnakan penulisan tesis ini. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

Liga Indriyani

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Batasan Penelitian.....	7
1.6 Sistematika Penulisan	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Konsep Dasar Lean.....	11
2.1.1 Tipe Aktivitas	14
2.1.2 <i>Seven Waste</i>	15
2.2 <i>Big Picture Mapping</i>	17
2.3 <i>Waste Assesment Model (WAM)</i>	20
2.3.1 <i>Seven Waste Relationship</i>	21
2.3.2 <i>Waste Relationship Matrix (WRM)</i>	24
2.3.3 <i>Waste Assesment Quisionnaire (WAQ)</i>	26
2.4 <i>Root Cause Analysis</i>	30
2.4.1 <i>Ishikawa Diagram</i>	32
2.4.2 <i>Five Whys Method</i>	34
2.5 <i>Tools Lean</i>	34
2.6 Posisi Penelitian.....	38

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1 Pengumpulan Data.....	42
3.2 Pengolahan Data	43
3.3 Analisa Data dan Pembahasan	44
3.4 Kesimpulan dan Saran	45
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Gambaran Umum Perusahaan	47
4.1.1 Profil Perusahaan.....	47
4.1.2 Sejarah Perusahaan	48
4.1.3 Visi dan Misi Perusahaan.....	48
4.1.4 Struktur Organisasi Perusahaan.....	49
4.1.5 Proses <i>Produksi Dore Bullion</i>	52
4.2 Identifikasi <i>Waste</i>	60
4.3 <i>Big Picture Mapping</i>	60
4.4 Pengukuran <i>Waste</i>	63
4.4.1 <i>Waste Relationship Matrix</i>	64
4.4.2 <i>Waste Assessment Questionnaire (WAQ)</i>	66
4.5 Akar Penyebab <i>Waste</i>	72
4.6 Pembahasan Hasil Identifikasi <i>Waste</i>	82
4.6.1 Pembahasan Hasil Analisa <i>Waste Relationship Matrix (WRM)</i>	83
4.6.2 Pembahasan Hasil Analisa <i>Waste Assessment Questionnaire</i> (WAQ).....	85
4.6.3 Pembahasan Hasil Analisa <i>Waste Priority</i>	86
4.7 Evaluasi dan Perbaikan	89
4.7.1 Perbaikan <i>Waste Defects</i>	92
4.7.2 Perbaikan <i>Waste Motion</i>	94
4.7.3 Perbaikan <i>Waste Waiting</i>	95
4.7.4 Perbaikan <i>Waste Process</i>	99
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	101
5.1 Kesimpulan.....	101
5.2 Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Area Penerapan <i>Lean Manufacturing</i>	12
Gambar 2.2 Tiga Kategori <i>Waste</i> dan Pengaruhnya Terhadap Uang	15
Gambar 2.3 Simbol-simbol <i>Big Picture Mapping</i>	18
Gambar 2.4 Hubungan Langsung antar <i>Waste</i>	21
Gambar 2.5 Langkah-langkah Sistematis untuk Menentukan Dasar Akar Permasalahan	31
Gambar 2.6 <i>Fishbone Diagram</i>	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 4.1 <i>Big Picture Mapping</i> Proses Produksi <i>Dore Bullion</i>	62
Gambar 4.2 <i>Ranking</i> Hasil Perhitungan <i>Waste Assessment</i>	72
Gambar 4.3 <i>Fishbone Diagram</i> pada <i>Defect</i>	73
Gambar 4.4 <i>Fishbone Diagram</i> pada <i>Motion</i>	76
Gambar 4.5 <i>Fishbone Diagram</i> pada <i>Waiting</i>	79
Gambar 4.6 <i>Fishbone Diagram</i> pada <i>Process</i>	81
Gambar 4.7 Keterkaitan antar <i>Waste</i>	83
Gambar 4.8 Terjadinya <i>Ponding</i> pada Proses Irigasi	88

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data <i>Lost Time</i> Akibat <i>Choke Material</i> tiap Bulan.....	2
Tabel 1.2 Data <i>Lost Time</i> Akibat Kekurangan Persediaan <i>Ore</i>	3
Tabel 2.1 Kriteria untuk Mengevaluasi Kekuatan Hubungan <i>Waste</i>	22
Tabel 2.2 Hubungan antara <i>Overproduction</i> dengan <i>Inventory (O_I)</i>	23
Tabel 2.3 Rentang Kekuatan Hubungan/Keterkaitan secara Langsung.....	24
Tabel 2.4 <i>Waste Relationship Matrix (WRM)</i>	25
Tabel 2.5 Contoh Nilai Matriks <i>Waste</i>	25
Tabel 2.6 Pengisian Bobot dari Hasil WRM	27
Tabel 2.7 Pembobotan <i>Waste</i> Berdasarkan N_i	28
Tabel 2.8 Perhitungan Nilai Bobot untuk Setiap Jenis <i>Waste</i>	29
Tabel 2.9 Daftar Penelitian Terdahulu	38
Tabel 3.1 Rencana Kerja dan Jadwal Kerja Penelitian	46
Tabel 4.1 Keterkaitan antar <i>Waste</i>	63
Tabel 4.2 <i>Waste Relationship Matrix (WRM)</i>	65
Tabel 4.3 <i>Waste Value Matrix</i>	65
Tabel 4.4 Pengelompokkan Jenis Pertanyaan Kuesioner.....	67
Tabel 4.5 Bobot Awal WRM.....	68
Tabel 4.6 Bobot Pertanyaan dibagi dengan Jumlah Pertanyaan (N_i)	69
Tabel 4.7 Perkalian antara Bobot dengan Rata-rata Nilai Jawaban Kuesioner WAQ dan Perhitungan Skor (S_j) dan frekuensi (F_j).....	70
Tabel 4.8 Nilai Indikator Awal (Y_j)	71
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan <i>Waste Assessment</i>	71
Tabel 4.10 <i>Lost Time</i> Akibat <i>Unplanned Shut Down</i>	78
Tabel 4.11 Peringkat Hasil <i>Waste Assessment</i>	86
Tabel 4.12 Rekomendasi Perbaikan <i>Waste</i>	89
Tabel 4.13 Contoh Pengawasan Seleksi Ukuran <i>Ore</i> Menggunakan	

<i>Kamishibai Control Board</i>	92
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan <i>Availability</i>	96
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan <i>Performance</i>	96
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan <i>Quality</i>	97
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan OEE.....	97
Tabel 4.18 Standar Nilai Ideal OEE	98

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri pertambangan semakin dibutuhkan karena permintaan *customer* yang terus meningkat. Salah satu industri pertambangan yang memiliki area bisnis dengan permintaan pasar tinggi yaitu industri tambang emas. Output produksi dari perusahaan tambang emas dalam jumlah yang banyak sekalipun, seluruhnya pasti akan habis terserap pasar. Sementara kebutuhan pasar yang besar, sering membuat perusahaan harus melampaui target produksinya. Maka untuk mendukung produksi dalam jumlah yang banyak, perusahaan harus mampu membuat proses lebih efisien agar mampu mempertahankan siklus bisnisnya. Namun, dalam membuat proses yang lebih efisien, perusahaan sering harus menghadapi permasalahan-permasalahan seperti keterlambatan pengiriman produk, keterbatasan material, ketidaktepatan pengendalian proses, dan sebagainya. Sementara beberapa proses produksi pada tambang emas masih menggunakan metode konvensional yang membutuhkan waktu dan tenaga lebih banyak. Masalah-masalah tersebut atau kegiatan dalam proses produksi yang tidak memberikan nilai tambah pada produk dikenal sebagai *waste*. *Waste* dapat mengganggu jalannya proses produksi sehingga diperlukan pengendalian yang tepat agar dalam setiap tahapan proses produksi emas tetap dapat berjalan efisien.

Proses produksi pada tambang emas dikelompokkan menjadi 4 tahap yaitu tahap *Mining Infrastructure Area (MIA)*, *Ore Preparation Plant (OPP)*, *Heap Leach Operation (HLO)* dan *Adsorption Desorption Recovery (ADR) plant*. Adanya permasalahan *waste* yang terjadi baik mulai tahap *mining* hingga tahap akhir menghasilkan produk batangan emas atau yang disebut *dore bullion*, mendorong pihak perusahaan untuk berupaya melakukan pengendalian dan pengoptimalan segala sumber daya yang tersedia agar proses produksi yang ada menjadi lebih efektif dan efisien. Melalui analisa aktivitas-aktivitas yang berlangsung selama keseluruhan tahap proses produksi *dore bullion* diharapkan dapat menemukan permasalahan yang terjadi, mengidentifikasi aktivitas yang memberi nilai tambah produk (*value added*) ataupun tidak memberi nilai tambah

(*non-value added*) dan mengurangi pemborosan (*waste*) dalam usaha untuk meningkatkan produktivitas dan mengatasi permasalahan-permasalahan perusahaan agar sistem bisnis perusahaan tetap berlangsung secara baik. Meskipun proses produksi di perusahaan tambang emas ini berlangsung secara kontinu seperti halnya proses produksi di manufaktur, tetapi ada beberapa standar yang berubah-ubah seperti jarak pengangkutan *ore*, luas area *leaching*, dan lama hari dilakukan *leaching*. Hal ini menyebabkan munculnya kesulitan/hambatan dalam mengidentifikasi adanya aktivitas *waste* di perusahaan tambang emas ini.

Berdasarkan observasi awal yang dilakukan, ada beberapa aktivitas *waste* yang terjadi di bagian *Operation Processing Plant* (OPP) yaitu jenis *waste defect* dan *waiting*. *Defect* yang terjadi yaitu adanya *choke material*. *Choke material* yaitu *ore* dari tahap *mining* yang diumpankan ke tahap *Operation Preparation Plant* (OPP) hanya berupa *ore* yang seragam berukuran besar tanpa ada campuran *ore* yang berukuran kecil. Sebanyak 200-300 ton *ore* diumpankan ke rom bin untuk proses kominusi. Namun karena ukuran *ore* yang seragam tersebut dapat membuat *ore* saling mengikat satu sama lain sehingga tertahan di alat *crusher* ketika proses kominusi. Frekuensi kejadian *waste* ini cukup sering dan semakin meningkat kejadiannya sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1.1. Adanya *waste* ini menyebabkan munculnya permasalahan lain yaitu terjadinya *break down* sehingga proses produksi harus berhenti sementara waktu. Jika proses produksi di bagian OPP berhenti dalam waktu cukup lama dan ketika hasil agglomerat di *stock pile* sedikit, maka dapat menimbulkan *waiting*. *Waiting* disini maksudnya adalah menunggu adanya hasil agglomerat di *stock pile* untuk diangkut ke bagian *Heap Leach*. Karena proses produksi yang berhenti juga membuat bagian OPP harus meningkatkan produksi per jamnya untuk mencapai target produksi.

Tabel 1.1 Data *Lost Time* Akibat *Choke Material* tiap Bulan

Bulan	<i>Lost Time</i> (menit)
Maret	479
April	1108
Mei	1657
Juni	405

Tabel 1.1. Data *Lost Time* Akibat *Choke Material* tiap Bulan (Lanjutan)

Juli	631
Agustus	1922
September	3640
Oktober	2397

Sumber : Perusahaan Pertambangan Emas (*Dore Bullion*)

Waste waiting yang terjadi di bagian OPP ini yaitu berupa rom bin *low level*. Masalah ini dikarenakan keterlambatan pengiriman *ore* dari area *mining* ke OPP. Hal ini membuat proses produksi harus tertunda sementara waktu sehingga hal ini perlu dikurangi atau diantisipasi mulai awal agar produksi dapat berjalan efektif. Karena *waiting* ini dapat menyebabkan proses produksi terhenti sementara waktu yang membuat proses di OPP ataupun proses selanjutnya harus bekerja melebihi standar biasanya karena harus mengejar keterlambatan produksi akibat *waiting* agar target hasil produksi dapat tercapai. Berikut ini data frekuensi kejadian *low level* pada Room Bin yang mengakibatkan hilangnya waktu proses produksi.

Tabel 1.2 Data *Lost Time* Akibat Kekurangan Persediaan *Ore*

Bulan	<i>Lost Time</i> (Menit)
Maret	1502
April	1404
Mei	1566
Juni	1276
Juli	617
Agustus	668
September	819
Oktober	592

Sumber : Perusahaan Pertambangan Emas (*Dore Bullion*)

Dari bagian OPP, kemudian proses selanjutnya yaitu di bagian *Heap Leach Operation* (HLO). Pada bagian ini terjadi proses *leaching* yaitu menyerap kandungan emas yang terdapat di dalam *ore*. Ada beberapa aktivitas proses di HLO ini yaitu meliputi *hauling*, *stacking*, *ripping*, *irigasi*, *dismantle*, dan *flapping*. Karena metode *leaching* menggunakan irigasi sehingga mengakibatkan standar

jarak *hauling* atau pengangkutan dan luas area *stacking* dapat berubah-ubah. Bahkan waktu irigasi juga dapat berubah-ubah sesuai dengan *grade ore* yaitu kandungan emas di dalam *ore* itu tinggi atau medium atau rendah. Oleh sebab itu, dalam mengidentifikasi *waste* harus menetapkan standar dan batasan. Pada observasi awal, ditemukan adanya *waste transportation* dan *waiting*.

Waste transportation yang terjadi yaitu jauhnya jarak pengangkutan dan jumlah truk yang berlebih sehingga ada beberapa truk yang *idling*. Jarak pengangkutan *agglomerat* dari *Load out* OPP ke area *stacking* di HLO berubah-ubah karena area yang telah dijadikan area *stacking* kemudian diirigasi tidak akan digunakan lagi sehingga pihak perusahaan akan membuat area *stacking* baru lagi. Hal ini membuat tidak ada standar tetap mengenai jarak pengangkutan. Saat ini perusahaan berada di *lift/tingkat* 5 dan memiliki 9 *bay*. *Bay* adalah area pompa keluarnya larutan yang mengandung emas dari proses irigasi menuju kolam *Pregnant Leach Solution* (PLS) dan *Intermediet Leach Solution* (ILS). Untuk observasi kali ini menggunakan penetapan standar proses yang sedang terjadi di perusahaan yaitu area *stacking* berada di *lift/tingkat* 5 *bay* 9 sehingga untuk 40 ton/truk akan membutuhkan *cycle time* selama sekitar 26 menit. Truk yang tersedia berjumlah 15 truk. Sementara berdasarkan kebutuhan transportasi hanya membutuhkan 12 truk. Jika yang beroperasi melebihi 12 truk, maka akan terjadi *waiting* di *Load out* OPP. Bahkan terkadang juga masih sering terjadi antrean truk ketika akan mengangkut hasil *agglomerat* di area *Loud Out* OPP. Masalah ini dapat menyebabkan terjadinya antrean atau *waiting* lagi ketika proses *dumping* atau peletakan *agglomerat* di area *stacking*. Selain itu karena hal ini juga dapat menyebabkan terganggunya lalu lintas jalan. Karena tempat antrean truk dan tempat *load out* bersebelahan dengan lalu lintas umum kendaraan-kendaraan perusahaan. Perlu adanya penanganan yang tepat mengenai jumlah truk pengangkut dan *cycle time* agar tidak terjadi *waiting*.

Waste waiting berikutnya yang terjadi di bagian HLO yaitu karena *ponding* atau terjadinya kolam kecil atau genangan air pada *agglomerat* yang sedang diirigasi sehingga aliran irigasi terhambat dan tidak bisa mengalir. Irigasi berfungsi untuk menyerap kandungan emas pada *agglomerat*. Pada proses irigasi ini digunakan larutan NaCN sebagai *leaching* dalam waktu selama 60-120 hari.

Kadar NaCN yang digunakan yaitu 500 ppm untuk sel baru yaitu yang berumur 60 hari dan kadar NaCN 200-250 ppm digunakan untuk sel lama yaitu 60-120 hari. Adanya *waste waiting* berupa *ponding* ini dapat merugikan pihak perusahaan yaitu proses produksi harus berhenti karena proses irigasi harus dihentikan dulu untuk menangani *ponding* tersebut. Kemudian pipa irigasi harus dilepas dan dilakukan *ripping* ulang atau penggemburan tanah untuk menghilangkan *ponding* tersebut.

Tahap selanjutnya yaitu *Adsorption Desorption Recovery* (ADR). Pada tahap ini terjadi proses *adsorption*, *desorption* hingga *smelting* dan mendapatkan hasil *dore bullion* yang telah tercetak (batangan emas). *Waste* yang terjadi yaitu *overprocessing* pada proses *regeneration kiln* atau proses meregenerasi ulang karbon yang telah dipakai berulang-ulang untuk meng-*adsorb Pregnant Leach Solution* (PLS) atau larutan yang mengandung emas (Au). Hal ini terjadi karena tidak tepatnya metode proses yang berhubungan dengan ketidakcocokan *cycle time* antara *regeneration kiln* dengan *adsorption*. *Carbon* yang masih dalam proses regenerasi sering dihentikan prosesnya karena harus dipakai lagi untuk mengadsorp. Jika hal ini terjadi terus-menerus, maka kandungan emas di dalam PLS yang teradsorp juga bisa berkurang yang menyebabkan persentase kandungan emas dalam larutan hasil proses adsorpsi akan berkurang.

Waste yang lain yaitu *defect* produk *dore bullion* (batangan emas) yang tidak sesuai dengan ukuran cetakan sehingga akibat ketidaksesuaian tersebut, produk *dore bullion* harus mengalami *scrap*. Hal ini membutuhkan pengendalian yang ketat agar produk yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan. Karena jika terus terjadi, akan membuat kebutuhan biaya produksi semakin meningkat dan menambah aktivitas juga untuk memperbaiki produk *dore bullion* yang cacat tersebut.

Masalah yang sering terjadi tetapi dianggap hal biasa yaitu *waste motion*. *Waste* ini terjadi karena adanya pergerakan yang tidak perlu atau berlebihan. Misalnya seorang operator yang berjalan mengambil peralatan, ketidakpatuhan pekerja dalam melaksanakan tugas pekerjaan, dan pengambilan material *oversize ore* yang jaraknya jauh.

Masalah-masalah di atas dianggap sebagai indikasi *waste* yang terdapat dalam proses produksi *dore bullion*. Metode yang ideal untuk diterapkan dalam melakukan perbaikan dari *waste* tersebut salah satunya adalah metode *Lean*. Metode ini berguna untuk mengurangi adanya *waste* dalam keseluruhan tahap proses produksi yang dilakukan dengan mengidentifikasi adanya aktivitas-aktivitas *non-value added* (aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah pada produk tetapi masih tetap dilakukan).

Lean adalah metode perampingan atau efisiensi proses untuk menghilangkan/mengurangi pemborosan atau *waste* yang diakibatkan oleh beberapa *waste* yaitu *transportation, overprocessing, motion, work in process, waiting time, over production, dan defect*. Dalam filosofi bisnis, metode *Lean* dilakukan dengan berlandaskan pada minimasi atau pengurangan penggunaan sumber daya (termasuk waktu) dalam berbagai aktivitas dan fokus untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi aktivitas-aktivitas yang tidak memberi nilai tambah (*non-value added activities*) (Abhishek Dixit, Vikas Dave, & Alakshendra Pratap Singh, 2015). Melalui pendekatan *lean* ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan *waste* yang terjadi dan membuat proses produksi lebih efisien agar mampu meningkatkan *revenue* perusahaan. Selain itu, karena beberapa proses pada pertambangan emas menggunakan metode konvensional yang membutuhkan waktu dan tenaga lebih banyak, dapat dikurangi dengan menggunakan pendekatan *Lean* tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah dijelaskan di atas, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu:

1. Menganalisa jenis-jenis *waste* yang terdapat dalam proses produksi *bullion*.
2. Menentukan daftar peringkat *waste* yang mempengaruhi proses produksi.
3. Menemukan akar penyebab permasalahan dan meminimalkan *waste* yang terjadi di keseluruhan tahap-tahap proses produksi *bullion* dengan menerapkan pendekatan *Lean Mining*.
4. Mendapatkan alternatif solusi untuk memperbaiki *waste* yang dapat dilaksanakan dalam proses produksi *dore bullion*.

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai permasalahan yang akan dibahas, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menemukan adanya *waste* yang terjadi proses produksi *dore bullion*.
2. Menentukan peringkat *waste* yang berpengaruh terhadap proses produksi.
3. Mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang menjadi akar permasalahan atau penyebab *waste*.
4. Memberikan rekomendasi alternatif perbaikan terhadap *waste* yang terjadi dalam proses produksi untuk meningkatkan produktivitas dan kapasitas produksi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat menghilangkan penyebab *waste* dalam proses produksi agar proses produksi *bullion* dapat berlangsung lebih efektif dan efisien.
2. Meminimalisasi *waste* secara langsung akan berpengaruh pada penggunaan sumber daya.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian adalah perusahaan tambang emas milik swasta di Indonesia.
2. Proses produksi yang diteliti adalah proses produksi *bullion*.
3. Data yang digunakan adalah data tahun 2019.
4. Observasi dilakukan pada departemen produksi meliputi *section* OPP, HLO, dan ADR.
5. Observasi yang dilakukan di *section* HLO pada *lift* 5 bay 9.
6. Rekomendasi perbaikan diprioritaskan pada *waste* yang memiliki bobot besar.

I.6. Sistematika Penulisan

Penyusunan proposal tesis ini menggunakan kerangka dasar penelitian yang terdiri dari beberapa tahap metodologi sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini berisi landasan dan acuan yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian ini. Sehingga peneliti dapat merumuskan masalah hingga manfaat dan tujuan penelitian yang dicapai pada penelitian ini baik dari aspek akademik maupun aspek praktis di perusahaan pertambangan emas yang terkait. Selain itu, pada bab pendahuluan ini juga diuraikan sistematika dan struktur penulisan proposal tesis.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka ini menyajikan *literature review* terkait penelitian ini. *Literature review* yang disajikan tidak terbatas pada metode namun juga teori dan model yang berhubungan dengan penelitian ini. Sumber yang digunakan untuk tinjauan pustaka pada penelitian ini meliputi buku, jurnal, laporan tahunan perusahaan, dokumen internal perusahaan, dan data-data pendukung lainnya. Tinjauan pustaka pada penelitian ini meliputi konsep *Lean*, *Big Picture Mapping*, *Waste Assessment Model*, dan *Root Cause Analysis*.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian ini menyajikan alur penelitian secara detail dan sistematis mulai dari tahap awal penelitian, pelaksanaan penelitian, hingga akhirnya diperoleh hasil dari penelitian. Metodologi penelitian ini juga disajikan dalam bentuk diagram alir penelitian yang sistematis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi penjelasan tentang langkah-langkah mengumpulkan data, pengolahan data dari hasil pengumpulan data, dan pembahasan permasalahan yang terjadi serta penerapan metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengatasi masalah tersebut. Selain itu, pada bab ini juga membahas uraian tentang tahap-tahap analisa yang dilakukan yaitu mulai dari analisa *Waste Relationship Matrix* (WRM) dan analisa *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ), kemudian dilanjutkan analisa akar penyebab permasalahan

waste yang didapatkan dari hasil analisa WAQ. Setelah itu, merekomendasikan perbaikan proses berdasarkan *waste* yang memiliki persentase *waste* paling tinggi.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi uraian mengenai hasil akhir analisa yang dilakukan berupa rangkuman analisa analisa dan rekomendasi perbaikan yang disesuaikan dengan hasil analisis.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian daftar pustaka ini, penulis menyertakan informasi penulis dan judul setiap penelitian dari penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai dasar atas acuan yang mendukung penelitian ini. Sumber dari daftar pustaka penelitian ini meliputi buku, jurnal, laporan tahunan, dan data perusahaan yang memiliki hubungan atau konsep yang sejenis dengan penelitian ini.

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

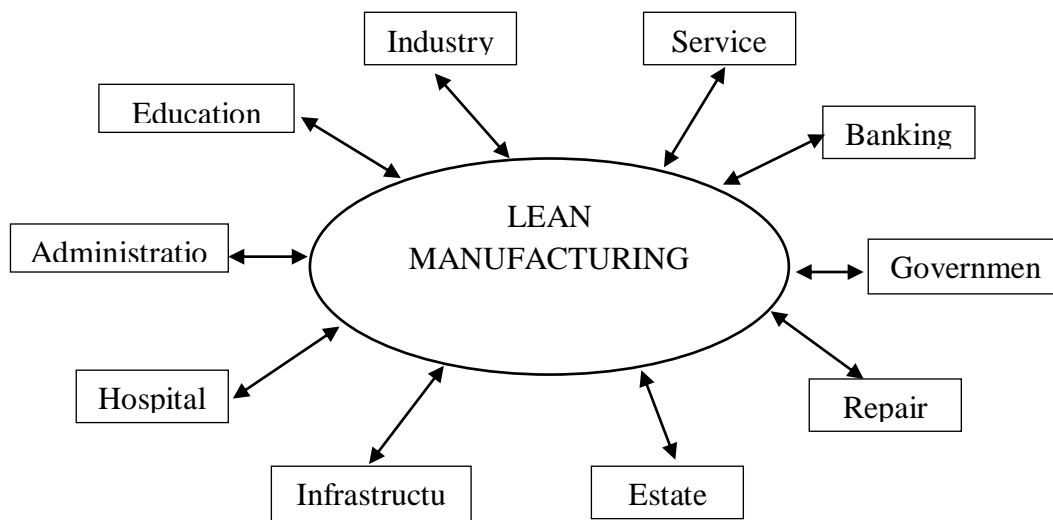
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Pendekatan *Lean*

Lean merupakan konsep efisiensi atau perampingan. Konsep *Lean* diterapkan pada perusahaan manufaktur maupun jasa, karena seringkali perusahaan ingin mencapai target perusahaan melalui konsep efisiensi. *Lean Manufacturing* adalah metode untuk menghapus atau mengurangi *waste* yang terjadi di perusahaan seperti mempersingkat waktu antara memesan dan mengirim barang jadi ke pelanggan dan meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya produksi. Konsep ini melibatkan identifikasi dan eliminasi aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non-value added*) dalam bidang *manufacture, supply chain management, design*, dan hal lain yang berhubungan langsung dengan *customer*. *Lean* juga merupakan konsep dan praktik dalam upaya mengurangi biaya melalui eliminasi *waste* dan menyederhanakan proses dari seluruh aktivitas manufaktur (Rewers, Trojanowska, dan Chabowski, 2016).

Lean Manufacturing adalah suatu proses yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas suatu industri. Ruang lingkup atau area dari penerapan *lean manufacturing* tidak terbatas hanya pada industri saja, tetapi dapat digunakan pada banyak area seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. *Lean* digunakan untuk mengurangi adanya *waste* dan menghapus penyalahgunaan dalam proyek atau proses di suatu industri, seperti misalnya pemborosan waktu dan biaya (Gupta, Bansal, & Goel, 2015).



Gambar 2.1 Area Penerapan *Lean Manufacturing*

(Sumber : Jurnal *Lean Manufacturing* oleh Vikas Gupta dkk, 2015)

Proses *Lean Manufacturing* didasarkan pada penemuan dan pembuangan *waste* secara berkelanjutan. Nilai ini biasanya ditentukan dari sudut pandang pelanggan terhadap barang jadi. Karena itu semua alat pada *Lean Manufacturing* bertujuan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan *waste* dari sistem secara terus-menerus. Ada 4 langkah dalam menerapkan *Lean Manufacturing*, yaitu (Gupta et al., 2015):

1. Mengidentifikasi fakta bahwa ada pemborosan yang harus dihapus
2. Menganalisis *waste* dan menemukan akar penyebab *waste* tersebut
3. Menemukan solusi untuk akar permasalahan yang ada
4. Penerapan solusi dan pencapaian tujuan

Cara berpikir berdasarkan konsep *Lean* memungkinkan perusahaan untuk dapat menentukan nilai, mengatur tindakan penilaian dalam urutan terbaik, melakukan kegiatan-kegiatan adanya gangguan, dan dapat melakukan kegiatan lebih efektif. Pernyataan tersebut mengarah pada lima prinsip *lean*. Berikut ini lima prinsip tersebut (Weigel, 2000):

1. Mengidentifikasi *Value* produk berdasarkan perspektif pelanggan

Value didefinisikan sebagai suatu kemampuan yang dapat diberikan kepada pelanggan pada waktu yang tepat dengan harga yang sesuai. *Value* merupakan titik awal kritis untuk konsep *lean thinking*, dan hal ini hanya dapat

didefinisikan oleh pelanggan akhir. Pelanggan akhir atau pengguna produk disini dikontraskan dengan pelanggan sementara seperti penjualan, pemasaran, distribusi, pemasok, dan lain-lain. *Value* juga dapat dinyatakan dalam bentuk produk yang spesifik. Pada prinsip ini, perusahaan diharapkan mampu mengidentifikasi semua kebutuhan pelanggan serta menciptakan *value*.

2. Mengidentifikasi *value stream* untuk setiap produk

Value stream merupakan serangkaian kegiatan yang diperlukan untuk merancang, memesan, dan menyediakan produk tertentu, mulai dari konsep hingga peluncuran, pesanan hingga pengiriman. Setelah mengidentifikasi *value* suatu produk, selanjutnya identifikasi *value stream* dari semua aktivitas produksi yang merupakan hal terpenting untuk dipahami dan diukur. Ada 3 jenis kegiatan dalam *value stream*, yaitu:

- a *Value-added* yaitu aktifitas yang secara jelas dapat menciptakan/menghasilkan nilai.
- b *Type One waste* yaitu aktivitas yang tidak menghasilkan nilai tetapi tidak dapat dihindarkan dengan teknologi saat ini atau aset produksi
- c *Type Two waste* yaitu aktivitas yang tidak menghasilkan nilai dan secara langsung dapat dihindari

3. Menghilangkan *flow* yang tidak bernilai tambah

Prinsip *flow* didefinisikan sebagai pencapaian progresif tugas di sepanjang *value stream* sehingga produk berkembang dari desain hingga peluncuran, pesanan hingga pengiriman ke tangan pelanggan tanpa adanya penghentian, skrap, atau arus balik. Dalam kata lain, pada prinsip ini dilakukan penghilangan *waste* yang tidak bernilai tambah. Cara yang bisa dilakukan dalam hal tersebut antara lain dengan melakukan pergantian alat yang cepat dalam manufaktur, serta membenarkan mesin dan menemukan langkah berurutan yang tepat.

4. *Pull System*

Pull System yaitu sistem produksi *cascade* dan instruksi pengiriman dari hilir ke hulu dengan adanya isyarat kebutuhan. Sistem ini melakukan

pengorganisasian dari material, informasi, dan produk dapat mengalir secara lancar dan efisien di sepanjang *value stream*.

5. *Perfection*

Prinsip yang terakhir ini diartikan sebagai penghapusan *waste* secara komplit sehingga semua kegiatan di sepanjang *value stream* dapat menciptakan/menghasilkan nilai. Prinsip ini menjadikan proses *lean* tidak akan pernah berakhir karena akan selalu ada kegiatan yang dianggap *waste* dalam *value stream* karena kondisi akhir dengan *waste* seminimal mungkin merupakan tujuan yang benar-benar ingin dicapai suatu perusahaan.

2.1.1 Tipe Aktivitas

Konsep *Lean* berhubungan dengan penghapusan *waste*. Ketika ingin mengetahui keberadaan *waste*, penting untuk perusahaan mampu mengidentifikasi kegiatan-kegiatan yang ada di dalam organisasinya. Berikut ini tiga jenis kegiatan organisasi (Hines dan Taylor, 2000) :

1. *Value adding activity*

Value adding activity yaitu aktivitas untuk membuat produk atau layanan lebih bernilai (memiliki nilai tambah) menurut perspektif pelanggan akhir.

2. *Non Value adding activity*

Non-value adding activity merupakan aktivitas yang menurut perspektif pelanggan tidak membuat produk atau layanan lebih berharga dan bahkan tidak perlu untuk keadaan saat ini. Kegiatan ini hanya akan menjadi sia-sia dan harus menjadi target penghapusan segera atau jangka pendek karena dianggap sebagai *waste*.

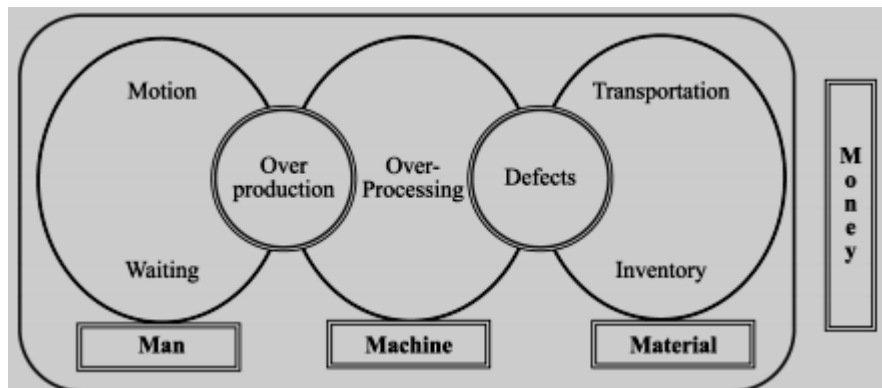
3. *Necessary non-value adding activity*

Aktivitas ini adalah aktivitas yang tidak membuat produk atau layanan lebih bernilai tetapi diperlukan dalam proses kecuali proses pasokan yang ada diubah secara radikal. *Waste* dalam aktivitas ini lebih sulit untuk dihilangkan dalam jangka pendek dan harus menjadi target untuk perubahan jangka panjang. Misalnya aktivitas pengecekan produk pada akhir proses karena proses produksi masih menggunakan mesin lama yang tidak dapat diandalkan.

2.1.2 *Seven Waste*

Waste didefinisikan sebagai suatu hal selain jumlah minimum sumber daya yang mutlak penting untuk menambah nilai produk. Dalam hal biaya, limbah mengacu pada setiap biaya yang dikeluarkan seperti persediaan, pengaturan, *scrap*, dan pengerjaan ulang yang tidak menambah nilai produk. Suatu kegiatan yang bertujuan selain memberikan produk yang tepat kepada pelanggan yang tepat pada waktu yang tepat dengan harga yang tepat adalah pemborosan. Hal ini berarti bahwa adanya *waste* mengancam segi kinerja perusahaan (Seifullina, Er, Nadeem, Garza-Reyes, & Kumar, 2018).

Penghapusan *waste* bertujuan untuk mendorong keunggulan kompetitif perusahaan dan terutama berfokus pada peningkatan produktivitas serta kualitas. Dalam perspektif praktis, *waste* dapat dikategorikan ke dalam tujuh kategori yaitu *over production*, *processing*, *inventory*, *transporting*, *defects*, *waiting*, dan *motion*. Tujuh *waste* tersebut juga dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok utama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut (Abhishek Dixit et al., 2015).



Gambar 2.2 Tiga Kategori *Waste* dan Pengaruhnya Terhadap Uang

Sumber : (Abhishek Dixit et al., 2015)

Untuk mencari dan menemukan jenis-jenis *waste* yang tidak memberikan nilai tambah dalam suatu proses bisnis manufaktur diperlukan identifikasi pemborosan yang terjadi. Berikut ini tujuh jenis *waste* yang berpengaruh dalam proses bisnis:

1. *Overproduction*

Overproduction adalah jenis *waste* yang dalam memproduksi suatu produk terlalu banyak atau terlalu cepat produksinya. *Overproduction* juga dipahami sebagai aktivitas memproduksi suatu produk yang lebih banyak daripada yang dibutuhkan pelanggan. Jenis *waste overproduction* ini paling berbahaya daripada yang lainnya karena berhubungan dengan biaya yang signifikan misalnya penyimpanan.

2. *Defects*

Defect adalah suatu pekerjaan/aktivitas yang tidak dilengkapi dengan hasil yang positif. Misalnya kesalahan yang sering terjadi yaitu diantaranya kesalahan penulisan dokumen, kualitas produk yang kurang baik atau menurun, kinerja proses pengiriman produk yang buruk, dan sebagainya.

3. *Unnecessary Inventory*

Jenis *waste* ini diartikan sebagai penyimpanan yang berlebihan dan keterlambatan informasi atau produk. Misalnya, suatu bisnis proses menyimpan bahan, bahan baku, barang, atau produk dalam jumlah yang lebih banyak dari minimum yang diperlukan. Hal ini bisa menyebabkan biaya penyimpanan meningkat, layanan pelanggan yang buruk, dan kerusakan produk yang disimpan karena terlalu banyak.

4. *Inappropriate Processing*

Inappropriate Processing merupakan pekerjaan yang menggunakan seperangkat alat, prosedur, atau sistem yang salah. Sehingga perlu dilakukan suatu pendekatan yang sederhana agar dapat berjalan lebih efektif. Jenis limbah ini dipahami sebagai meluangkan waktu yang tidak perlu untuk memenuhi permintaan pelanggan serta penggunaan teknologi yang canggih dan mahal tanpa adanya pembenaran atau persetujuan terlebih dahulu.

5. *Excessive Transportation*

Excessive Transportation adalah suatu pergerakan orang, informasi, atau barang yang dilakukan secara berlebihan sehingga dapat mengakibatkan timbulnya pemborosan waktu, biaya produksi, dan tenaga yang dikeluarkan atau dibutuhkan. Misalnya adanya aktivitas memindahkan barang atau bahan yang tidak perlu, produk jadi atau setengah jadi yang ada di perusahaan.

6. *Waiting*

Waiting adalah lamanya periode tidak aktif bagi orang, aliran informasi atau barang yang dapat menghasilkan aliran yang buruk dan waktu tunggu yang lama. *Waiting* juga dapat diartikan sebagai waktu yang hilang karena harapan orang, bahan, informasi, atau alat yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses produksi.

7. *Unnecessary motion*

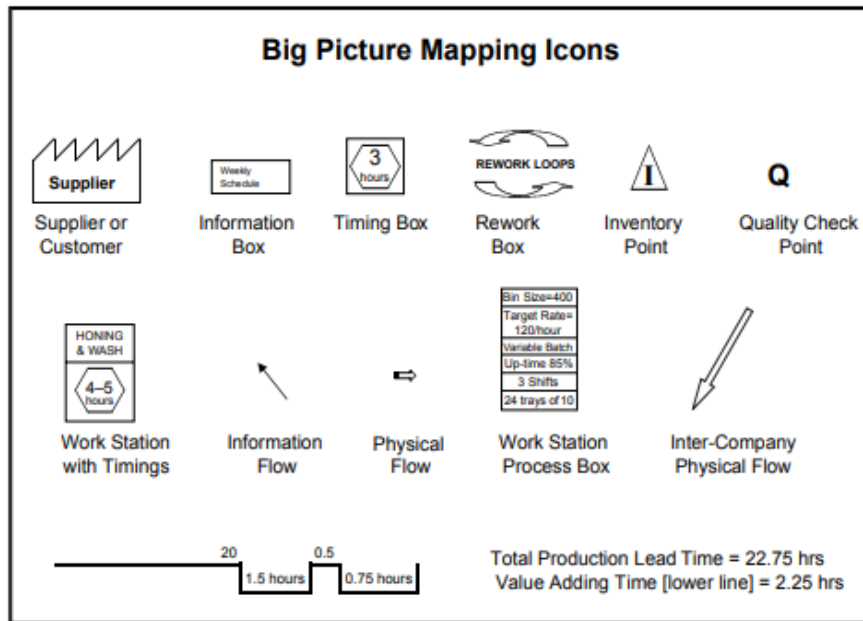
Unnecessary motion merupakan gerakan berlebihan yang tidak memberikan nilai tambah. Jenis *waste* ini seringkali dihasilkan oleh suatu perusahaan atau organisasi yang tidak memadai dalam pekerjaan. Organisasi tempat kerja yang buruk seperti ini dapat mengakibatkan ergonomi yang buruk, seperti misalnya pembengkokan atau peregangan yang berlebihan dan barang yang sering hilang.

2.2 ***Big Picture Mapping***

Big Picture Mapping merupakan suatu *tool* yang biasanya digunakan untuk menggambarkan suatu sistem secara keseluruhan yang disertai dengan *value stream* yang terdapat di suatu perusahaan atau organisasi tersebut. Pembuatan *Big Picture Mapping* ini bertujuan untuk membuat dan menyalurkan suatu produk atau jasa ke *customer* atau pelanggan akhir. Sebelum membuat pemetaan terperinci di proses inti, sebaiknya meninjau terlebih dahulu fitur-fitur utama dari keseluruhan proses produksi dengan alasan sebagai berikut:

1. Membantu memvisualisasikan arus
2. Membantu untuk melihat keberadaan *waste* di suatu proses produksi

3. Menggabungkan prinsip-prinsip *lean thinking*
4. Membantu memutuskan siapa saja yang harus berada dalam tim implementasi
5. Menunjukkan hubungan antara informasi dan arus fisik
6. Mendukung dalam pembuatan *Big Picture Mapping*



Gambar 2.3 Simbol-simbol *Big Picture Mapping*

Sumber : (Pandya, Kikani, & Acharya, 2017)

Berikut ini langkah-langkah yang dilakukan dalam membuat Big Picture Mapping (Hines dan Taylor, 2000):

1. *Customer Requirements*

Pada tahap pertama ini dilakukan pengidentifikasian yang meliputi jenis dan jumlah produk yang diinginkan konsumen, kapan konsumen membutuhkan produk tersebut, berapa banyak produk yang dikirimkan dan seberapa sering pengiriman dilakukan, berapa banyak bagian yang berbeda-beda dibuat, dan kemasan seperti apa yang dibutuhkan, serta berapa banyak stok yang harus disediakan untuk pelanggan.

2. *Information Flow*

Tahap kedua menggambarkan mengenai aliran informasi dari konsumen menuju *supplier* yang meliputi antara lain informasi perkiraan dan informasi pembatalan kepada *supplier*, bagian departemen mana yang mendapatkan informasi tersebut, berapa lama informasi tersebut muncul hingga waktunya diproses, informasi apa yang disampaikan ke pihak *supplier*, dan pesanan apa yang ditentukan.

3. *Physical Flow*

Tahap *Physical Flow* ini dibagi menjadi dua aliran yaitu aliran bahan baku dan aliran proses internal. Untuk aliran bahan baku meliputi jumlah dan waktu suatu produk diinginkan, kemasan yang digunakan, kemasan yang digunakan, jumlah produk yang dikirimkan dan frekuensi pengiriman, dan waktu yang dibutuhkan untuk proses pengiriman. Sementara untuk aliran proses internal meliputi antara lain langkah-langkah kunci perusahaan, di titik mana persediaan disimpan, di titik mana dilakukan pemeriksaan kualitas dan berapa tingkat cacatnya, ada atau tidaknya set *loop* pengerjaan ulang, berapa waktu siklus di setiap titik, banyak produk yang diuji di setiap titik, jumlah pekerja di setiap stasiun kerja, berapa banyak persediaan yang harus disediakan, apa tipe *changeover time* di setiap stasiun kerja, dan apa saja poin penghambat proses.

4. *Linking Physical and Information Flow*

Aliran informasi dan aliran fisik pada tahap ini dihubungkan untuk menunjukkan beberapa hal yang meliputi jadwal informasi yang digunakan, darimana dan untuk siapa informasi dan perintah dikirimkan, dan apa yang terjadi ketika ada masalah di aliran fisik.

5. *Complete Map*

Tahap *complete map* yaitu tahap untuk melengkapi peta atau gambar yang dibuat dengan menambahkan *time line* berupa *production lead time* dan *value added time* di bawah gambar aliran.

2.3 *Waste Assesment Model (WAM)*

Peningkatan yang besar terhadap sistem bisnis dalam suatu perusahaan/industri melibatkan pula peningkatan semua sumber daya yang terlibat. Namun, pada kenyataannya melakukan suatu peningkatan dalam keseluruhan proses tidak mudah. *Waste* dianggap suatu masalah yang menghambat peningkatan tersebut. Maka, penting untuk dapat mengetahui masalah *waste* yang sangat berpengaruh agar keseluruhan proses meningkat. Salah satu model perbaikan yang dapat diterapkan dalam *Lean Manufacturing* yaitu *Waste Assesment Model (WAM)* (Fahad, 2017).

Tipe waste yang dapat diidentifikasi menggunakan model ini yaitu terdiri dari:

1. O = *Overproduction*
2. I = *Inventory*
3. D = *Defect*
4. M = *Motion*
5. P = *Process*
6. T = *Transportation*
7. W = *Waiting*

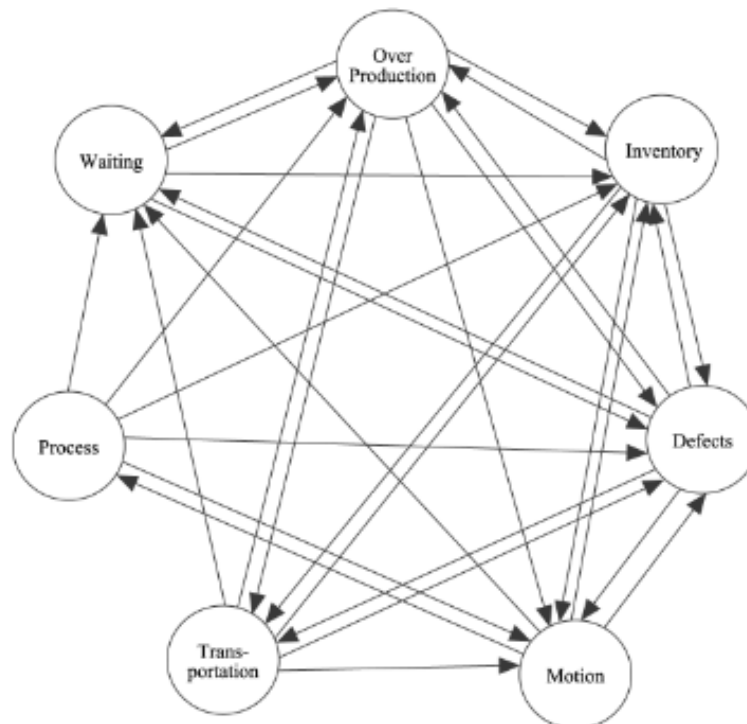
Menurut Fahad (2017), *Waste Assesment Model (WAM)* terdiri dari beberapa tahapan yaitu mengidentifikasi bentuk *waste* yang terjadi, kemudian menghubungkan *waste* yang satu dengan yang lainnya menggunakan *Waste Relationship Matrix (WRM)* untuk membangun hubungan antar limbah dengan mengajukan pertanyaan umum. Pertanyaan tersebut mengasumsikan bahwa “a” sebagai sumber *waste* dan “b” sebagai *waste* yang dihasilkan. Berikut ini enam daftar pertanyaan yang diajukan:

1. Apakah menghasilkan b?
2. Apakah tipe hubungan antara a dan b?
3. Apakah pengaruh b karena a?
4. Menghilangkan pengaruh a pada b dicapai dengan?
5. Pengaruh utama dari b karena a?
6. Di tingkat mana pengaruh a dan b meningkatkan *lead time*?

Setelah tahap di atas, dilanjutkan dengan pengukuran *waste* melalui *Waste Assesment Questionnaire (WAQ)*.

2.3.1 *Seven Waste Relationship*

Semua tipe dari *waste* memiliki sifat saling bergantung dan mempengaruhi satu sama lain bahkan secara simultan juga dipengaruhi oleh *waste* yang lainnya. Keterkaitan atau hubungan antar *waste* bersifat kompleks karena pengaruh dari masing-masing tipe *waste* dapat muncul secara langsung maupun tidak langsung. Meskipun jenis *waste* berbeda-beda, tetap akan memberikan pengaruh satu sama lain (El-namrouty & Abushaaban, 2013).



Gambar 2.4 Hubungan Langsung antar *Waste*
(Sumber : Rawabdeh, 2005)

Gambar 2.4 Menggambarkan hubungan antar *waste* yang saling mempengaruhi dan dipengaruhi satu sama lain. Berbagai jenis *waste* memiliki bobot yang berbeda-beda dalam hubungannya antar *waste*. Misalnya, seperti salah satu jenis *waste* yaitu *overproduction* memiliki keterkaitan atau hubungan dengan banyak jenis *waste* yang meliputi *inventory*, *waiting*, *transportation*, *motion*, dan

defects. Sumber *waste overproduction* dapat menyebabkan terjadinya *waste inventory*. Karena jika hasil produksi melebihi permintaan pelanggan, maka produk tersebut harus disimpan terlebih dahulu di *inventory*. Jika produk terlalu lama disimpan di *inventory* maka produk akan mengalami kerusakan atau *defects*. Selain itu, *overproduction* juga mempengaruhi adanya *waste transportation* karena jika produk yang dihasilkan melebihi dari tempat yang disediakan untuk menempatkan produk tersebut, maka akan membutuhkan *transportation* yang berlebih untuk mengangkut produk tersebut atau memindahkan produk tersebut ke tempat lain. Penentuan bobot hubungan antar *waste* ini adalah salah satu cara efektif untuk mengetahui jenis limbah mana yang memberikan kontribusi lebih besar terhadap aktivitas *waste*. Berikut ini contoh pertanyaan yang digunakan untuk mengidentifikasi pengaruh suatu *waste* terhadap *waste* lainnya:

Tabel 2.1 Kriteria untuk Mengevaluasi Kekuatan Hubungan *Waste*

Pertanyaan	Nilai	Bobot
1. Apakah i menghasilkan j? Selalu Kadang-kadang Jarang	a b c	4 2 0
2. Apakah tipe hubungan antara i dan j Jika i meningkat maka j meningkat jika i meningkat, j mencapai level konstan Random, tidak tergantung kondisi	a b c	2 1 0
3. Dampak j yang diakibatkan oleh i Secara langsung dan jelas Membutuhkan waktu Tidak tampak	a b c	4 2 0
4. Mengeliminasi efek i pada j dapat dicapai dengan: Metode teknik Sederhana dan langsung solusi instruksi	a b c	2 1 0
5. Efek pada j dikarenakan oleh i, terutama berpengaruh pada Kualitas produk Produktivitas sumber daya <i>Lead time</i> Kualitas dan Produktivitas Produktivitas dan <i>lead time</i>	a b c d e	1 1 1 2 2

Kualitas dan <i>lead time</i>	f	2
Kualiiitas, produktivitas, dan <i>lead time</i>	g	4
6. Pada tingkat apa efek i pada j menaikkan <i>lead time</i>		
Tingkat tinggi	a	4
Tingkat menengah	b	2
Tingkat rendah	c	0
Catatan: i adalah singkatan dari semua jenis limbah yang memiliki efek pada j jenis limbah lainnya		

Sumber : (El-namrouty & Abushaaban, 2013)

Pada Tabel 2.1 di atas, menunjukkan acuan pertanyaan kuesioner yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antar *waste*. Setiap pertanyaan di atas memiliki jumlah pilihan jawaban yang berbeda-beda. Bobot untuk setiap pilihan jawaban pun juga berbeda-beda sesuai dengan jenis pertanyaan dan jawabannya. Setiap jawaban tersebut memiliki bobot mulai dari 0 hingga 4.

Tabel 2.2 Hubungan antara *Overproduction* dengan *Inventory* (O_I)

Pertanyaan	1		2		3		4	
	Jawab	Bobot	Jawab	Bobot	Jawab	Bobot	Jawab	Bobot
O_I	a	4	a	2	a	4	a	2
O_D	b	2	c	0	b	2	b	1

Tabel 2.2 Hubungan antara *Overproduction* dengan *Inventory* (O_I) (lanjutan)

Pertanyaan	5		6		Skor
	Jawab	Bobot	Jawab	Bobot	
O_I	f	2	a	4	18
O_D	a	1	c	o	6

Sumber : (El-namrouty & Abushaaban, 2013)

Dari pertanyaan-pertanyaan pada Tabel 2.1, kemudian dilakukan perhitungan hasil jawaban seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 2.2. pada tabel tersebut diambil contoh perhitungan dari hubungan antara *waste overproduction* dengan *inventory* (O_I) dan *over production* dengan defects. Berdasarkan perhitungan hasil penjumlahan bobot, didapatkan bahwa skor hubungan *overproduction* dengan *inventory* (O_I) yaitu 18, sedangkan hubungan *overproduction* dengan *defects* memiliki skor sebanyak 6. Skor tersebut

menunjukkan kekuatan hubungan antar *waste*. Jika skor tinggi, maka hubungannya kuat dan sebaliknya jika skor rendah maka kekuatan hubungannya juga rendah.

Skor yang telah dihasilkan seperti Tabel 2.2, kemudian diidentifikasi level kekuatannya. Level kekuatan hubungan/keterkaitan antar *waste* dibagi menjadi 5 level seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Rentang Kekuatan Hubungan/Keterkaitan secara Langsung

Rentang	Jenis Keterkaitan/hubungan	Simbol
17 - 20	mutlak diperlukan	A
13 - 16	sangat penting	E
9 - 12	penting	I
5 - 8	biasa	O
1 - 4	tidak penting	U

Jika dilihat hasil hubungan *waste* O_I dan O_D pada Tabel 2.2, maka hubungan *waste* O_I yang memiliki skor 18 termasuk dalam level “mutlak diperlukan”, sementara hubungan *waste* O_D yang memiliki skor 6 termasuk dalam level “biasa”. Dari penilaian ini, dapat diketahui seberapa kuat keterkaitan dan level keterkaitan antar *waste*.

2.3.2 Waste Relationship Matrix (WRM)

Waste Relationship Matrix (WRM) adalah suatu pengukuran berbentuk matriks yang digunakan untuk menganalisa kriteria pengukuran *waste*. Matriks ini terdiri dari baris dan kolom seperti yang ditunjukkan Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Waste Relationship Matrix (WRM)

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

Sumber : (Fahad, 2017)

Baris pada matriks WRM menunjukkan suatu *waste* yang mempengaruhi *waste* lainnya, sementara sisi kolom menunjukkan suatu *waste* yang dipengaruhi oleh jenis *waste* lainnya. Pada baris diagonal yang diberi tanda warna berbeda, memiliki nilai keterkaitan/hubungan tertinggi karena *waste* yang memiliki hubungan dengan dirinya sendiri akan selalu memiliki nilai keterkaitan/hubungan yang tertinggi. Dari Tabel 2.4 kemudian dikonversi dalam bentuk nilai angka dengan ketentuan nilai untuk masing-masing simbol yaitu A = 10, E = 8, I = 6, O = 4, U = 2, dan X = 9. Hasil konversi nilai simbol ke bentuk angka seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5 Contoh Nilai Matriks Waste

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 : (Yadrifil, 2017)

Nilai bobot dari masing-masing *waste* pada kolom dan baris yang ditunjukkan Tabel 2.5 dijumlahkan untuk mendapatkan skor yang kemudian

dikonversi menjadi nilai persentase. Dari hasil tabel di atas, didapatkan bahwa *waste* yang memberikan pengaruh terbesar terhadap *waste* lainnya yaitu *waste overproduction* dengan persentase tertinggi yaitu 16,8 %. Hal ini menunjukkan bahwa *overproduction* dianggap sebagai *waste* paling berbahaya karena dapat meningkatkan semua jenis *waste* lainnya atau memiliki pengaruh maksimum dalam mempengaruhi adanya jenis *waste* lain. Oleh karena itu, *waste overproduction* perlu dikurangi atau dihilangkan agar tidak banyak mempengaruhi munculnya jenis *waste* lain seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 yaitu *overproduction* dapat menimbulkan atau mempengaruhi *waste inventory*, *waiting*, *defect*, *motion*, dan *transportation*. Sementara pada *waste overproduction* dipengaruhi oleh adanya *waste* lainnya dengan nilai persentase yaitu 13,6%. Persentase ini lebih kecil daripada *waste inventory* dan *waiting* yang menunjukkan bahwa kedua *waste* tersebut memiliki persentase tertinggi yaitu 18,4%. Hal ini berarti bahwa kedua jenis *waste* tersebut tingkat dapat dipengaruhinya oleh *waste* yang lain sangat tinggi. Hasil persentase dari *Waste Relationship Matrix* (WRM) ini kemudian akan digunakan lagi pada analisa *Waste Assesment Quissionnaire* (WAQ).

2.3.3 Waste Assesment Quissionnaire (WAQ)

Menurut Rawabdeh (2005), *Waste Assesment Questionnaire* (WAQ) adalah suatu cara untuk melakukan identifikasi dan pengalokasian *waste* yang terjadi pada jalur proses produksi produk yang dibentuk dalam kuesioner. Pertanyaan-pertanyaan pada kuesioner ini berjumlah 68 pertanyaan. Setiap pertanyaan memiliki jenis yang berbeda-beda dan mewakili segala aktivitas, kondisi, dan perilaku di proses produksi yang dapat menghasilkan *waste*. Pertanyaan-pertanyaan tersebut dibagi menjadi dua kelompok yaitu jenis pertanyaan “*from*” dan jenis pertanyaan “*to*”. Jenis pertanyaan “*from*” merupakan pertanyaan yang ditujukan untuk jenis *waste* yang dapat memicu atau menghasilkan munculnya *waste* lainnya. Sementara jenis pertanyaan “*to*” untuk mewakili jenis *waste* yang dihasilkan karena adanya jenis *waste* lainnya. Setiap pertanyaan pada kuesioner ini memiliki tiga pilihan jawaban yang mana masing-masing pilihan jawaban memiliki bobot 1, 0,5 dan 0. Kemudian pertanyaan-

pertanyaan tersebut dikategorikan menjadi 4 kelompok yaitu *man*, *machine*, *material*, dan *method*.

Pada *Waste Assesment Questionnaire* (WAQ) menunjukkan bahwa jenis *waste* tertentu dapat menyebabkan terjadinya jenis *waste* tertentu dan memiliki tingkat pengaruh tertentu tergantung pada bobot pilihan jawaban. Berikut ini merupakan beberapa langkah dalam menggunakan *Waste Assesment Questionnaire* (WAQ) untuk mendapatkan peringkat akhir dari *waste*:

1. Menghitung jumlah jenis pertanyaan “from” dan “to” dari masing-masing *waste*.
2. Memasukkan bobot awal untuk pertanyaan-pertanyaan *Waste Assesment Questionnaire* (WAQ) berdasarkan bobot yang telah didapatkan dari *Waste Relationship Model* (WRM) pada Tabel 2.5.

Tabel 2.6. Pengisian Bobot dari Hasil WRM

Jenis Pertanyaan	Pertanyaan	O	I	D	M	T	P	W
<i>Man</i>								
<i>To motion</i>	1	4	6	6	10	2	6	0
<i>From motion</i>	2	0	4	8	10	0	6	10
<i>From defects</i>	3	6	6	10	6	8	0	6
<i>From motion</i>	4	0	4	8	10	0	6	10

Sumber : (Sriwana, 2019)

Tabel 2.6 di atas merupakan contoh dari langkah 2. Pada pertanyaan kategori *man* dengan jenis pertanyaan *to motion* memiliki bobot 4 pada *waste overproduction*. Bobot 4 dapat dilihat dari Tabel 2.5. Jenis pertanyaan *to motion* berarti adalah *waste* yang diakibatkan karena adanya *waste* lain, maka pada Tabel 2.5 *waste motion* (M) yang dilihat adalah pada kolom (bukan baris), kemudian dihubungkan dengan baris *overproduction* (O) sehingga didapatkan nilai bobot 4. Langkah tersebut dilakukan seterusnya pada jenis *waste* lain sesuai jenis pertanyaannya dan dilanjutkan pula pada kategori lain yaitu *machine*, *material*, dan *method*. Kemudian setelah selesai mengisi

bobot, dilanjutkan menghitung skor dari masing-masing jenis *waste* pada kolom.

- Menyusun ulang Tabel 2.6 dengan cara menghapus efek variasi jumlah pertanyaan dengan membagi setiap bobot dalam baris dengan jumlah pertanyaan (N_i) yang sesuai untuk setiap pertanyaan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.7 di bawah ini.

Tabel 2.7 Pembobotan *Waste* Berdasarkan N_i

Jenis pertanyaan	N_i	(K)	$W_{o,k}$	$W_{i,k}$	$W_{d,k}$	$W_{m,k}$	$W_{t,k}$	$W_{p,k}$	$W_{w,k}$
<i>Man</i>									
<i>To motion</i>	9	1	0,44	1,11	0,44	0	0	0	1,11
<i>From Motion</i>	11	2	0	0,36	0,73	0,91	0	0,55	0,91
<i>From Defects</i>	9	3	0,67	0,67	1,11	0,67	0,89	0	0,67
<i>From Motion</i>	11	4	0	0,36	0,73	0,91	0	0,55	0,91

Sumber : (Sriwana, 2019)

Nilai W didapatkan dari pembagian bobot *waste* pada Tabel 2.5 dengan N_i . Misalnya, ambil salah satu contoh jenis *waste overproduction* yang memiliki bobot 4. Kemudian dibagi dengan angka 9 nilai N_i dari *to motion* sehingga didapatkan nilai W sebesar 0,44.

- Menghitung skor *waste* dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$S_j = \sum_{k=1}^K \frac{W_{j,k}}{N_i} \quad (2.1)$$

Keterangan:

S_j = Skor *waste*

$W_{j,k}$ = Bobot hubungan tiap *waste* untuk masing-masing nomor pertanyaan k

k = Nomor urut pertanyaan (pertanyaan 1 sampai 68)

N_i = Jumlah pengelompokan pertanyaan

Setelah mendapatkan nilai W untuk masing-masing jenis *waste*, maka kemudian menghitung skor *waste* sesuai persamaan di atas dan menghitung jumlah frekuensi (F_j) pada setiap kolom *waste*.

- Langkah berikutnya berhubungan dengan jawaban kuesioner penilaian *waste* yaitu seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa jawaban kuesioner memiliki bobot 1, 0,5, dan 0. Pada langkah ini, nilai W yang telah didapatkan di Tabel 2.7 kemudian dilakukan perhitungan skor baru menggunakan persamaan di bawah ini.

$$S_j = \sum_{K=1}^K X_K \times \frac{W_{j,k}}{N_i} \quad (2.2)$$

Keterangan:

S_j = skor baru untuk jenis *waste*

X_k = bobot jawaban kuesioner (1 ; 0,5 ; 0)

Misalnya perhitungan nilai W pada jenis *waste inventory* yang memiliki nilai $W_{i,k}$ sebesar 0,36 dari Tabel 2.7 dikalikan dengan nilai bobot jawaban 0,5 sehingga dihasilkan nilai $W_{i,2}$ yaitu 0,18.

Tabel 2.8 Perhitungan Nilai Bobot untuk Setiap Jenis *Waste*

Bobot jawaban	K	Man						
		$W_{o,1}$	$W_{i,2}$	$W_{d,3}$	$W_{m,4}$	$W_{t,5}$	$W_{p,7}$	$W_{w,8}$
1	1	0,44	1,11	0,44	0	0	0	1,11
0,5	2	0	0,18	0,36	0,45	0	0,27	0,46
0	3	0	0	0	0	0	0	0

Sumber : (Sriwana, 2019)

- Menghitung nilai skor yang baru dari tiap *waste* menggunakan persamaan 2.2 dan menghitung frekuensi *waste* (f_j). Untuk menghitung skor tersebut dapat dilakukan dengan cara menjumlahkan nilai W yang telah didapatkan dari

Tabel 2.8. Sementara perhitungan frekuensi dilakukan dengan mengabaikan nilai 0.

7. Menghitung faktor indikasi awal dari setiap jenis *waste* yang tergantung pada jawaban kuesioner. Faktor indikasi awal tersebut dihitung menggunakan rumus di bawah ini:

$$Y_j = \frac{S_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \quad (2.3)$$

Keterangan:

Y_j = faktor indikasi awal untuk tiap jenis *waste*

f_j = frekuensi tiap kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0, untuk S_j

F_j = frekuensi tiap kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0, untuk S_j

8. Menghitung faktor akhir *waste* ($Y_{j\text{final}}$) menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$Y_{j\text{final}} = Y_j \times P_j \quad (2.4)$$

Keterangan :

$Y_{j\text{final}}$ = nilai faktor akhir untuk setiap *waste*

P_j = Probabilitas pengaruh hubungan antar *waste* (dari hasil perhitungan WRM)

Melalui perhitungan faktor akhir *waste* ini akan dihasilkan peringkat jenis-jenis *waste* yang berguna untuk menentukan prioritas penyelesaian *waste*.

2.4 Root Cause Analysis

Root Cause Analysis (RCA) adalah suatu metode yang digunakan untuk menyelesaikan suatu masalah dengan mencari penyebab aktual dari masalah tersebut. Metode ini juga digunakan untuk mengeliminasi penyebab masalah yang terjadi atau untuk mencegah suatu masalah yang tidak diinginkan terjadi kembali. Penyebab yang mendasari terjadinya masalah ditentukan dengan menggunakan

pemecahan masalah terstruktur (Nimisha, Kamath Krishnananda, & Shabaraya, 2016)

Serangkaian teknik yang diterapkan dalam *root cause analysis* ini dapat menghasilkan dan menyediakan pendekatan sistematis, terdokumentasi, dan terukur untuk mengidentifikasi, memahami, dan menyelesaikan penyebab yang mendasari permasalahan sebagaimana seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 berikut ini (Nimisha et al., 2016).



Gambar 2.5 Langkah-langkah Sistematis untuk Menentukan Dasar Akar Permasalahan

Faktor-faktor yang dapat membantu mengidentifikasi penyebab permasalahan misalnya *defect*, *failure*, dan sebagainya. Manfaat yang didapatkan dari *root cause analysis* efektif yaitu hasil identifikasi akar penyebab permasalahan dari waktu ke waktu di seluruh populasi kejadian masalah dapat digunakan sebagai peluang besar dalam perbaikan dan peningkatan. Berikut ini proses dalam *root cause analysis*:

a Pengumpulan Data

Tahap dasar dalam *root cause analysis* yaitu mengumpulkan semua data-data yang berkaitan dengan masalah atau peristiwa yang terjadi.

b Bagan Faktor Penyebab

Bagan faktor penyebab adalah diagram alir disertai dengan tes logika yang menjelaskan tentang kejadian peristiwa dan kondisi di sekitar peristiwa. Hal

ini memfasilitasi *investigator* suatu struktur dalam mengelola dan menganalisa informasi-informasi dan mengidentifikasi kekurangan dan kesenjangan pengetahuan dalam proses investigasi.

c Identifikasi *root cause*

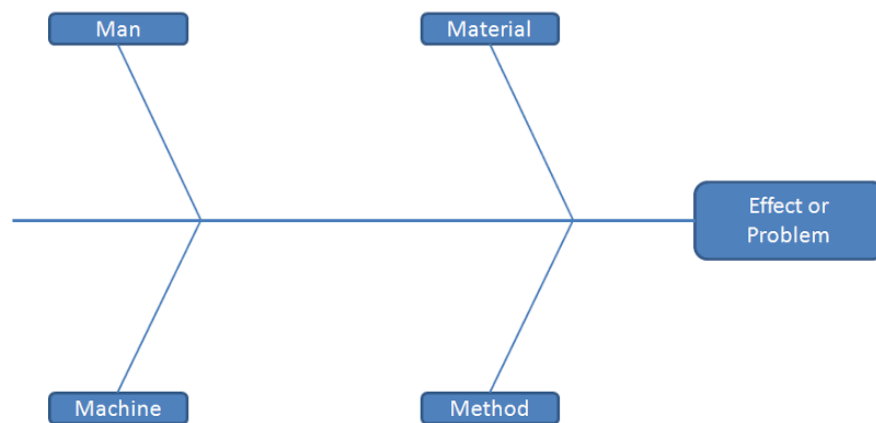
Setelah selesai mengidentifikasi faktor penyebab, lalu dilanjutkan tahap mengidentifikasi akar penyebab permasalahan. Pada tahap ini alasan masing-masing penyebab atau faktor diidentifikasi dengan diagram keputusan untuk membantu menjawab pertanyaan sehubungan dengan faktor penyebab tertentu terjadi atau ada.

d Pembuatan rekomendasi dan implementasi

Tahap terakhir adalah pembuatan rekomendasi. Pencapaian rekomendasi untuk mencegah terjadinya kembali peristiwa dihasilkan setelah mengidentifikasi akar penyebab untuk faktor penyebab tertentu.

2.4.1 *Ishikawa Diagram*

Ishikawa diagram atau yang sering dikenal sebagai *fishbone diagram* merupakan diagram yang menunjukkan ilustrasi secara sistematis hubungan antara hasil spesifik dan penyebabnya. *Ishikawa diagram* atau *fishbone diagram* ini adalah salah satu *tool* dalam *root cause analysis* yang berbentuk seperti tulang ikan, karakteristik kualitatif terletak pada kepala dan penyebabnya terletak di bagian cabang-cabangnya atau durinya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 di bawah ini (Ershadi & Aiassi, 2018).



Gambar 2.6 *Fishbone Diagram*

Sumber : (Ershadi & Aiassi, 2018)

Pengembangan *Ishikawa diagram* dalam bentuk terperinci berguna untuk menentukan kemungkinan penyebab masalah yang memiliki manfaat memberikan kemungkinan mengidentifikasi dan menganalisa semua faktor yang berhubungan dengan masalah. Sebagaimana seperti yang ditunjukkan Gambar 2.5, dalam mengidentifikasi penyebab masalah dalam *fishbone chart* dapat beracuan pada 5M+1E (6M) sebagai berikut (Liliana, 2016):

1. *Man* : siapapun yang terlibat dengan proses produksi
2. *Machine* : semua perlengkapan, peralatan, komputer dan lain-lain yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan
3. *Material* : bahan mentah, bagian, kertas, dan sebagainya yang digunakan untuk memproduksi produk akhir
4. *Method* : bagaimana proses dilakukan dan kebutuhan spesifik untuk melakukannya seperti misalnya prosedur, aturan, hukum, regulasi dan kebijakan
5. *Measurements* : data yang dihasilkan dari proses yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas produk
6. *Media/Environment* : suatu kondisi misalnya lokasi, waktu, suhu, dan budaya dimana proses beroperasi

Langkah-langkah dalam membuat *fishbone diagram* yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan masalah atau efek yang dibutuhkan untuk dianalisa

2. Membentuk tim analisa. Tim peningkatan kualitas banyak mengidentifikasi potensi penyebab masalah dengan *brainstorming*.
3. Menggambar garis lurus horizontal (*backbone*) dan menulis masalah (efek) pada bagian atas.
4. Menentukan kategori potensi penyebab dan menggabungkan dengan garis horizontal tengah.

2.4.2 Five Whys Method

Salah satu *tool* lain dalam *root cause analysis* yaitu metode *five whys*. *Five whys* adalah metode induktif untuk menemukan penyebab utama dan penyebab tertentu yang bertujuan untuk mengetahui akar penyebab suatu masalah yang terjadi dengan menanyakan kata “*why*”. Tidak semua masalah memiliki penyebab tunggal, sehingga jika ingin menemukan akar penyebab ganda, harus menggandakan metode *5 whys* dengan pertanyaan yang berbeda-beda namun masih tetap berhubungan (Ershadi & Aiassi, 2018).

2.5 Tools Lean

Pendekatan *lean* memiliki beberapa *tool* yang dapat digunakan sesuai dengan macam-macam *waste* yang terjadi yaitu antara lain sebagai berikut (Rewers et al., 2016):

1. 5S Method

5S adalah dasar untuk penerapan *Lean*. Nama metode ini berasal dari kata-kata Jepang yaitu *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu*, *Shitsuke* dengan urutan tahapannya sebagai berikut:

- *Seiri* atau sortir atau seleksi yaitu penghapusan *workstation* dari semua item yang tidak perlu untuk melakukan pekerjaan. Langkah dilakukan terutama dari penurunan inventaris, dan penggunaan ruang kerja yang lebih baik.
- *Seiton* atau sistematika yaitu pengaturan, penunjukan dan pemilihan tempat yang cocok untuk semua alat di *workstation* pada tahap seleksi. Langkah ini dilakukan untuk mengurangi lalu lintas yang tidak perlu dilakukan karyawan saat mencari alat dan menghilangkan kesalahan

kualitas produk yang dihasilkan dari kesalahan dengan menandai item dengan benar.

- *Seiso* atau pembersihan yaitu pemeliharaan tempat kerja dan menetapkan standar pembersihan yang tepat. Tahap ini bertujuan untuk mempertahankan posisi dalam kondisi baik, mengidentifikasi dan menghilangkan penyebab masalah misal perawatan mesin.
- *Seiketsu* atau standarisasi yaitu menentukan aturan untuk tiga tahap pertama 5S. Pada tahap ini mendefinisikan tanggung jawab karyawan dan menciptakan instruksi, mendukung pelaksanaan langkah-langkah sebelumnya.
- *Shitsuke* atau disiplin yaitu menyesuaikan diri dengan kebiasaan karyawan untuk mematuhi perubahan yang diperkenalkan sebelumnya dan bertindak sesuai dengan standar.

2. SMED – *Single Minute Exchange of Die*

SMED adalah metode yang memungkinkan untuk mempersingkat waktu pergantian satu menit. Metode ini mengidentifikasi empat tahap peralatan pergantian peningkatan proses :

- analisis *workstation* keadaan saat ini
- operasi pemisahan operasi pergantian internal dan eksternal
- mengubah operasi internal di eksternal
- untuk meningkatkan semua aspek dari pergantian tersebut

3. *Standardized Work*

Pekerjaan standarisasi adalah alat yang digunakan *Lean Manufacturing* untuk perbaikan pekerjaan dan meningkatkan keberlanjutan proses produksi. Standarisasi berarti operasi yang seragam, atau tugas oleh semua operator. Pekerjaan terstandarisasi memungkinkan pelaksanaan semua langkah dengan cara yang sama, dalam urutan dan waktu yang sama, dengan biaya tetap. Standarisasi juga mengasumsikan pengembangan berkelanjutan standar baru

yang lebih baik, sehingga dapat beradaptasi dengan kebutuhan pelanggan yang terus berubah.

4. TPM (*Total Productive Maintenance*)

TPM adalah alat yang digunakan untuk menghilangkan limbah yang terkait dengan mesin teknologi di perusahaan. TPM merupakan cara manajemen, mengintegrasikan semua karyawan untuk menjaga kelangsungan produksi. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas mesin dan peralatan dengan: mengurangi jumlah kegagalan, mengurangi waktu pemasangan kembali dan menyesuaikan mesin dan waktu henti pendek dan *idle* (menyebabkan karyawan sering absen, atau menunggu alat, bahan, informasi, dll.), mengurangi cacat dalam kualitas produk, mengurangi waktu yang dihabiskan untuk memulai produksi.

5. *Kanban*

Kanban adalah metode kontrol produksi Jepang, yang mengasumsikan kontrol tidak berdasarkan jadwal produksi, melainkan melalui peristiwa yang terjadi langsung pada produksi. Penggunaan *Kanban* memungkinkan untuk hampir total menghilangkan pra-majalah (stok ada di *workstation*), *interoperable*, dan produk jadi. Bahan baku dikirim dari pemasok dengan ketepatan setiap jam, dan berkat cadangan, kapasitas produksi, dan fleksibilitas proses produksi, dimungkinkan untuk menghasilkan hampir semua produk kapan saja. Sebaliknya, pesanan produksi disinkronkan dengan pesanan yang diterima dari pelanggan.

6. *Kaizen*

Filosofi *Kaizen* adalah konsep perbaikan terus-menerus, yang mengasumsikan pencarian konstan untuk ide-ide untuk meningkatkan semua area organisasi. Metode ini membutuhkan keterlibatan semua karyawan perusahaan, operator, hingga tingkat manajemen tertinggi. Tujuan dari *Kaizen* adalah secara permanen mengganti nilai tambah kegiatan limbah.

7. *Jidoka*

Gagasan *Jidoka* mengacu pada kemampuan untuk menghentikan jalur produksi atau mesin oleh operator pada saat munculnya kerusakan atau masalah selama pembuatan. Masalah mungkin terkait dengan kualitas produk dan keterlambatan proses pembuatan karena kurangnya bahan, informasi alat. Alat yang memungkinkan dapat mengimplementasikan aturan *Jidoka* adalah: *Poka-Yoke* dan *Andon*.

8. *Poka-Yoke*

Poka-Yoke adalah metode untuk mencegah kesalahan yang berasal dari kesalahan. Prinsip utama dalam sistem *Poka-Yoke* adalah kesalahan proses, bukan karyawan. Solusi *Poka-Yoke* dicirikan untuk mencegah kesalahan dalam proses. Dengan *Poka-Yoke* juga dimungkinkan untuk memperoleh pengurangan waktu yang dibutuhkan untuk melatih karyawan, menghilangkan banyak operasi pengendalian mutu (atau eliminasi totalnya), mengurangi jumlah cacat dan kontrol 100% dari proses.

9. *Heijunka*

Heijunka atau meratakan produksi, terutama ditujukan untuk menghilangkan lompatan dalam produksi. Meratakan produksi dikenal sebagai metode urutan produk untuk menyeimbangkan produksi, meningkatkan produktivitas dan fleksibilitas dengan menghilangkan limbah dan meminimalkan perbedaan dalam beban *workstation*.

10. *Hoshin kanri*

Hoshin Kanri adalah metode yang memungkinkan untuk memfokuskan semua kemampuan perusahaan untuk meningkatkan kinerjanya melalui pengembangan kebijakan terpadu dan rencana manajemen tahunan berdasarkan konsep dasar manajemen perusahaan. Metode ini dilakukan dalam tahapan berikut:

- mendefinisikan misi dan visi dalam konteks strategi keseluruhan
- mendefinisikan tujuan strategis (3 - 5 tahun)

- mendefinisikan target tahunan
- mentransfer target di tingkat bawah
- implementasi tujuan
- tujuan inspeksi
- evaluasi tahunan untuk realisasi tujuan

11. *Kamishibai*

Kamishibai adalah seperangkat audit sederhana, yang dirancang untuk mengontrol pekerjaan, penggunaan metode *lean manufacturing*, serta untuk mengajar orang yang mengendalikan menemukan perbaikan yang mungkin terjadi pada proses atau posisi. Elemen kunci dari sistem ini adalah array *Kamishibai*, yang ditempatkan langsung di jalur produksi.

2.6. Posisi Penelitian

Berikut ini merupakan daftar dari beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini:

Tabel 2.9 Daftar Penelitian Terdahulu

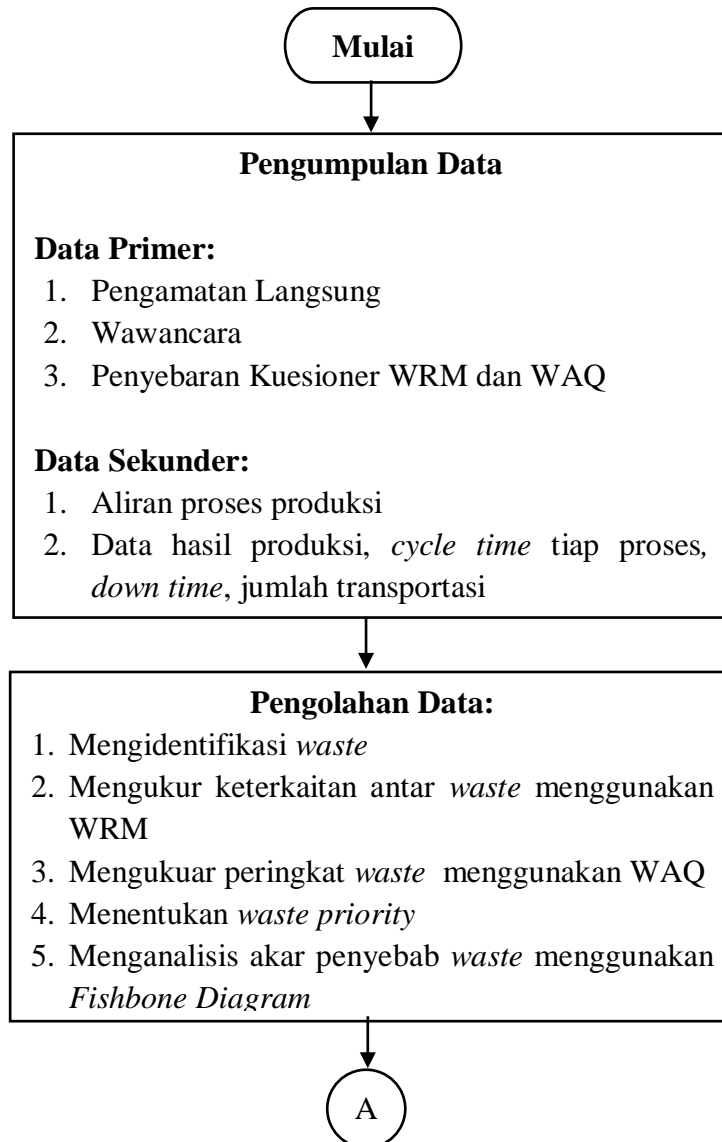
Penulis (tahun)	Judul	Metode Penelitian	Perumusan
Indrawati & Ridwansyah (2015)	<i>Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application</i>	<i>Lean six sigma, Process Activity Mapping (PAM), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	Meningkatkan kemampuan proses manufaktur menggunakan metode <i>lean six sigma</i> . Bagian pertama menganalisis limbah menggunakan (PAM). Kemudian analisis (FMEA) untuk pertimbangan mengembangkan

			peningkatan berkelanjutan.
Nadeau, Morency, & Nsango Jr, (2015)	<i>The contextualization of lean manufacturing in the mining sector: foreseeable challenges to occupational health and safety</i>	Adopsi <i>tools lean manufacturing</i>	Penerapan prinsip-prinsip <i>lean manufacturing</i> dalam konteks penambangan. Mengidentifikasi strategi dan dampak <i>lean</i> pada kesehatan dan keselamatan pekerja
Mikhalchenko, Rubanik, Osokina, & Mikhalchenko (2016)	<i>Lean Production in the Coal Mining Industry</i>	<i>Lean production</i>	Menghapus aktivitas pemborosan dengan <i>lean production system</i> yang meliputi definisi <i>customer value</i> , optimalisasi <i>customer value chain</i> , prinsip <i>pull production</i> , prinsip peningkatan berkelanjutan dari proses dan sistem
Löow & Johansson (2017)	<i>An Overview of Lean Production and its Application in Mining</i>	<i>Lean production</i>	Produksi berbasis permintaan, mengeliminasi <i>waste</i> , mengintegrasikan <i>supplier</i> , keterlibatan tenaga kerja
Seifullina, Er, Nadeem,	<i>A Lean Implementation Framework for</i>	<i>Implementation lean framework</i> meliputi VSM,	Iniasi <i>lean</i> , mengevaluasi <i>value adding (VA)</i> and <i>non-</i>

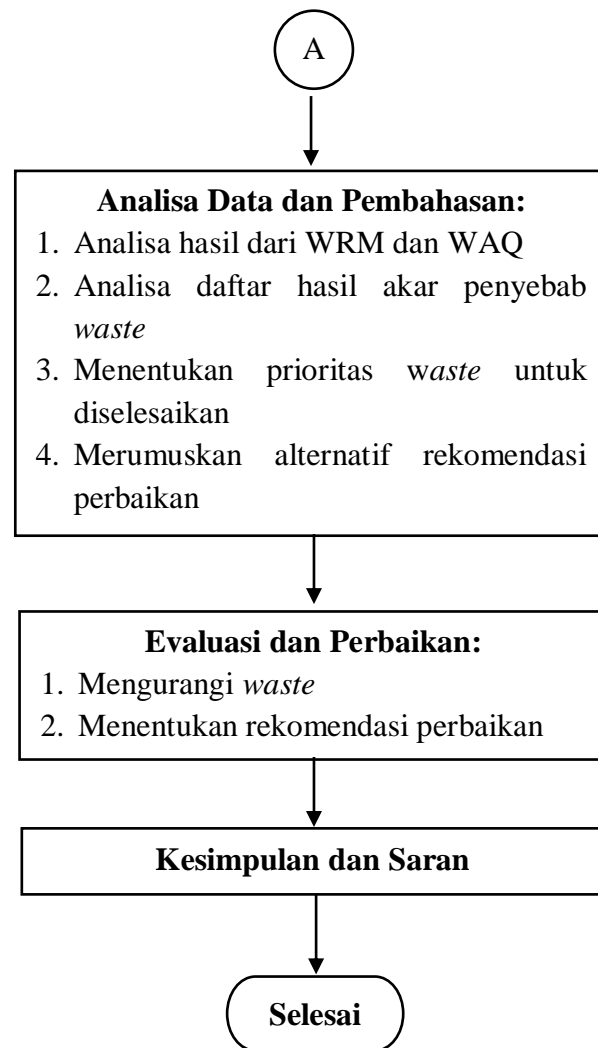
Garza-Reyes, & Kumar, (2018)	<i>the Mining Industry</i>	standardisation, TPM/QCO, Just in Time, Jidoka	<i>value adding (NVA), implementasi lean, implementasi (standardisation, TPM/QCO, Just in Time, Jidoka)</i>
Penelitian ini (2019)	Analisa <i>Lean Manufacturing</i> sebagai Upaya Mengurangi <i>Waste</i> dan Meningkatkan Efisiensi Proses Produksi <i>Dore Bullion</i> di Industri <i>Gold Mining</i>	WRM, WAQ, RCA	Menganalisa jenis <i>waste</i> , meminimalkan <i>waste</i> , menganalisa penyebab <i>waste</i> , melakukan perbaikan proses produksi

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini, menjelaskan tentang langkah-langkah yang disusun secara sistematis dan terstruktur agar mendapatkan hasil optimal yang dibentuk menjadi sebuah metodologi penelitian. Alur tahap-tahap penelitian yang dibuat untuk penelitian ini sebagai pedoman langkah dalam melakukan penelitian yang mana terdiri atas identifikasi masalah, perumusan masalah, pengumpulan data, analisis data, pengolahan data dan kesimpulan dan saran. Adapun tahap secara spesifik dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

3.1 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini menggunakan dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari observasi langsung, wawancara, dan hasil penyebaran kuesioner. Observasi langsung, wawancara, dan hasil penyebaran kuisisioner dilakukan di seluruh departemen proses produksi *dore bullion* yaitu mulai dari departemen *Mining Infrastructure Area (MIA)*, departemen *Ore Preparation Plant (OPP)*, departemen *Heap Leach Operation (HLO)*, dan departemen *Adsorption Desorption Recovery (ADR)* untuk mengetahui alur proses produksi *dore bullion* secara keseluruhan dari *mining* hingga pengiriman produk sampai ke tangan *customer*, dan mengidentifikasi

permasalahan yang terjadi sekaligus mengetahui kerugian yang disebabkan oleh masalah tersebut.

Langkah awal yang dilakukan pada tahap ini yaitu wawancara dengan pihak departemen produksi mulai *section* OPP, HLO, hingga ADR sekaligus mengumpulkan data berupa alur proses produksi, *cycle time*, dan sebagainya. Kemudian menyamakan persepsi dengan pihak produksi mengenai pemahaman tentang *lean mining* dan jenis-jenis *waste* untuk mempermudah melakukan langkah berikutnya yaitu berdiskusi tentang identifikasi *waste* sekaligus mengumpulkan data yang mendukung dalam menemukan *waste*. Langkah-langkah tersebut membutuhkan waktu selama 14-18 hari.

Langkah berikutnya setelah mendapatkan daftar *waste* yang terjadi pada proses produksi, kemudian melakukan penyebaran kuesioner. Kuesioner yang diberikan ada 2 macam yaitu kuesioner WRM dan WAQ. Kuesioner ini ditujukan kepada responden yang memiliki jabatan operator, *supervisor*, *superintendent*, dan *head section/head department* di masing-masing *section* OPP, HLO, dan ADR. Penyebaran dan pengumpulan kuesioner ini membutuhkan waktu selama 1 minggu.

3.2 Pengolahan Data

Tahap pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode *Waste Assesment Model* (WAM) yang dimulai tahap pertama yaitu identifikasi keterkaitan antar *waste* menggunakan *Waste Relationship Matrix* (WRM) dan pengukuran *waste* menggunakan *Waste Assesment Questionnaire* (WAQ). Kemudian dilanjutkan analisis penyebab terjadinya *waste* menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA). Berikut ini pembahasan beberapa tahap dalam pengolahan data:

1. Untuk mengidentifikasi dan mengukur keterkaitan antar *waste* digunakan suatu *tool* yaitu *Waste Relationship Matrix* (WRM). *Waste Relationship Matrix* (WRM) adalah suatu matrix yang menunjukkan serta mengukur keterkaitan pengaruh antar *waste*. Tahapan dalam pembuatan *Waste Relationship Matrix* (WRM) dimulai dengan membuat kuesioner WRM dengan berisi pertanyaan-pertanyaan yang mengindikasikan keterkaitan antar

waste. Kemudian menyerahkan kuesioner tersebut ke pihak-pihak terkait yaitu *section* OPP, HLO, dan ADR yang memiliki jabatan operator, *supervisor*, *superintendent*, dan *head section/head department*. Data kuesioner WRM yang telah didapatkan, kemudian diolah untuk menentukan persentase keterkaitan antar *waste* seberapa besar dan *waste* apa yang paling berpengaruh serta jenis *waste* yang paling banyak dipengaruhi oleh *waste* lainnya.

2. Berikutnya adalah penilaian *waste* menggunakan *Waste Assesment Questionnaire* (WAQ) yang dibentuk dalam sebuah kuesioner berisikan dua jenis pertanyaan yaitu *from* dan *to*. Tiap pertanyaan dalam kuesioner *assessment* ini menggambarkan suatu kondisi atau aktivitas atau sifat yang berpotensi menimbulkan suatu *waste* tertentu. Dalam penyusunan kuesioner ini, pertanyaan tersebut dikategorikan menjadi 4 kelompok yaitu *man*, *machine*, *material*, dan *method*. Responden yang dipilih dalam pengisian kuesioner *assesment* ini sama dengan responden yang mengisi kuesioner WRM.
3. Setelah melakukan penilaian terhadap *waste* menggunakan *Waste Assesment Questionnaire* (WAQ), kemudian melakukan identifikasi akar penyebab *waste* (*Root Cause Analysis*) dengan menggunakan *tool* diagram *fishbone*. Tahap ini diharapkan memperoleh semua kemungkinan-kemungkinan penyebab dan efek akibat adanya *waste* dalam suatu proses. Berdasarkan analisa akar penyebab terjadinya *waste*, selanjutnya memprioritaskan peringkat *waste* yang tinggi untuk mencari lalu menawarkan alternatif rekomendasi perbaikan terhadap *waste* tersebut.

3.3 Analisa Data dan Pembahasan

Setelah tahap pengolahan data selesai, selanjutnya tahap menganalisa data hasil pengolahan dan membahasnya. Tahap ini dilakukan dengan menginterpretasi hasil pengolahan data *Waste Relationship Matrix* (WAM) dan *Waste Assesment Questionnaire* (WAQ) yang mana dari analisa tersebut telah dihasilkan peringkat masing-masing *waste*. Kemudian menganalisa data hasil dari diagram *fishbone* yang mendapatkan berbagai daftar penyebab dari masing-

masing *waste*. Berikutnya yaitu melakukan pembahasan hasil analisa data dan merumuskan berbagai rekomendasi atau usulan alternatif perbaikan untuk mengatasi *waste* yang memiliki peringkat tinggi.

3.4. Kesimpulan dan Saran

Tahap yang terakhir dalam penelitian ini yaitu tahap pembuatan kesimpulan dan pemberian saran. Pembuatan kesimpulan berdasarkan pada beberapa metode yang digunakan dalam menganalisa atau melakukan penelitian ini. Dari kesimpulan yang telah didapatkan, dilanjutkan dengan memberikan saran alternatif perbaikan untuk meminimalkan *waste* kepada pihak perusahaan agar proses produksi *dore bullion* dapat berjalan lebih efisien. Selain itu, saran dalam penelitian ini juga diberikan kepada peneliti selanjutnya agar dapat melakukan penelitian yang lebih baik atau mengembangkan penelitian ini.

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi penjelasan atau uraian yang meliputi langkah-langkah pengumpulan data. Kemudian dilanjutkan dengan langkah-langkah pengolahan data yang telah dikumpulkan, lalu hasil pengolahan data tersebut digunakan untuk pemecahan masalah yang terjadi dan menerapkan metode yang sesuai dengan masalah tersebut.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

4.4.1 Profil Perusahaan

Industri pertambangan emas merupakan salah satu industri yang terus berusaha menghasilkan hasil tambang sebanyak-banyaknya. Karena hasil produk tambang emas, tidak bergantung kepada permintaan *customer*. Berapapun hasil produk tambang emas yang berupa batangan emas atau *dore bullion* akan selalu terserap pasar.

Salah satu perusahaan yang diteliti ini adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang usaha pertambangan yang meliputi eksplorasi dan produksi emas, perak, dan tembaga. Perusahaan ini memiliki proyek eksplorasi emas dan tembaga yang termasuk paling maju di dunia dengan total JORC *Compliant Resource* yang diperkirakan mengandung 19 miliar lbs Tembaga dan 28 juta oz Emas. Proyek yang dilakukan ini memiliki dua peluang pengembangan yang berbeda yaitu pengembangan yang pertama adalah biaya modal dan operasi yang rendah yaitu proyek Emas Oksida. Sementara peluang pengembangan yang kedua adalah potensi pengembangan proyek Tembaga Porifiri kelas dunia.

Proyek Emas Oksida adalah operasi pelindian tumpukan menggunakan tambang terbuka konvensional, penumpukan bijih dan pelindian dan pabrik pengolahan emas ADR (*Adsorption Desorption Recovery*) standar industri untuk memproses bijih 3mt per tahun dan menghasilkan sampai 90.000 oz emas dan 1 juta oz perak per Tahun dari 2016 - 2025. Perkiraan produksi bijih tambang selama 8 - 9 tahun umur tambang adalah bijih 24,5 mt.

Perusahaan ini memiliki dua pemegang saham utama di Indonesia. Yang pertama adalah perusahaan holding investasi terkemuka di Indonesia yang terkenal dengan pendekatan manajemen *hands-on* yang kuat dalam membuka nilai dari perusahaan yang diinvestasikannya, sementara yang terakhir adalah investor dan pengelola bisnis terkemuka di Asia Tenggara dan Australia, termasuk sejumlah emas Operasi tambang yang terdaftar di Bursa Australia.

4.4.2 Sejarah Perusahaan

Sebagai anak perusahaan Perseroan, perusahaan tambang emas ini memperoleh IUP Eksplorasi dan Produksi Pertambangan oleh Kepala Pemerintah Daerah setempat pada tanggal 9 Juli 2012. Kemudian perusahaan ini pertama kali didirikan pada 5 September 2012. Pada tanggal 22 September 2014, perusahaan diberi Izin Usaha Pemanfaatan Lahan Hulu (IPPKH) oleh Kementerian Lingkungan Hidup & Kehutanan untuk area seluas 194,72 hektar untuk produksi pertambangan. Kemudian pada tahun 2015, izin penggunaan lahan dan pinjam izin eksplorasi kawasan hutan diperpanjang perusahaan sampai 15 Juli 2017. Pencapaian berikutnya pada tahun 2015 yaitu perubahan status perusahaan menjadi Perusahaan Penanaman Modal Dalam Negeri dan persetujuan studi kelayakan meningkatkan kapasitas produksi dari 24mt bijih menjadi 36 mt bijih.

Pada bulan Desember 2016, memulai untuk melakukan penambangan bijih setelah masa konstruksi selama 18 bulan. Kemudian pada Maret 2017, perusahaan ini mendapatkan hasil produksi perdananya dan pada bulan Juni 2017 mendapatkan pendapatan awal dari hasil penjualan emas ke *customer* yang akan mengolah lagi batangan emas atau *dore bullion* tersebut.

4.4.3 Visi dan Misi Perusahaan

Dalam menjalankan bisnisnya sebagai perusahaan penghasil batangan emas atau *dore bullion*, perusahaan ini memiliki visi dan misi sebagai berikut :

1. Visi

“Menjadi produsen terdepan dalam industri penghasil emas, perak, tembaga dan mineral lainnya di Indonesia”.

2. Misi

- Menjadi perusahaan pertambangan dengan efisiensi tinggi.
- Menjadi perusahaan pertambangan yang berkomitmen penuh terhadap aspek keselamatan dalam setiap kegiatan operasi.
- Menjadi perusahaan pertambangan yang mengedepankan pengembangan yang berkelanjutan serta pelestarian lingkungan hidup.

4.4.4 Struktur Organisasi Perusahaan

Selama 3 tahun, perusahaan ini telah memproduksi hasil tambang berupa emas, perak dan tembaga. Hal ini juga disertai dengan meningkatnya jumlah karyawan untuk mendukung peningkatan hasil produksi. Di samping SDM, suatu perusahaan juga membutuhkan manajemen yang tepat untuk mendukung kelangsungan bisnis perusahaan. Struktur Organisasi terlampir pada Lampiran 11. Berikut ini departemen-departemen atau bagian yang tercakup dalam struktur organisasi perusahaan:

a. *Admin & Accounting Department.*

Bertugas pokok untuk melakukan pengaturan, transaksi, membuat laporan keuangan perusahaan serta bertanggung jawab untuk mengotorisasi nota permintaan, dana dan memeriksa dokumen-dokumen yang berkaitan dengan pembelian barang dan mengeluarkan dana tunai/patty cash untuk melakukan pembayaran kepada pemasok sesuai dengan persetujuan.

b. *Human Resource Department*

Bertugas pokok untuk mengelola dan mengembangkan sumber daya manusia, membuat sistem HR yang efektif dan efisien, bertanggung jawab penuh dalam proses rekrutmen karyawan (mulai dari mencari calon karyawan, wawancara hingga seleksi), melakukan seleksi, promosi, transferring dan demosi pada karyawan yang dianggap perlu, melakukan kegiatan pembinaan, pelatihan dan kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan pengembangan kemampuan, potensi, mental, keterampilan dan pengetahuan karyawan yang sesuai dengan standar perusahaan, bertanggung jawab pada hal yang berhubungan dengan absensi karyawan, perhitungan gaji, bonus dan

tunjangan, membuat kontrak kerja karyawan serta memperbaharui masa berlakunya kontrak kerja dan melakukan tindakan disipliner pada karyawan yang melanggar peraturan atau kebijakan perusahaan.

c. *Supply Chain Department*

Bertugas pokok untuk merancang hubungan yang tepat dengan *supplier*, memilih *supplier* yang tepat, memilih dan mengimplementasikan teknologi yang tepat untuk mendukung aktivitas pengadaan pada proyek, memelihara data item yang dibutuhkan dan data *supplier*, mengelola proses pembelian, dan mengevaluasi kinerja *supplier*.

d. *External Affairs Department*

Bertugas pokok untuk hubungan perusahaan dengan pihak luar seperti masyarakat sekitar pertambangan dengan meningkatkan kepedulian terhadap masyarakat untuk diberdayakan dalam kegiatan-kegiatan yang bermanfaat seperti pengembangan ekonomi, kesehatan dan gizi masyarakat, pendidikan, keterampilan, pelatihan serta perbaikan infrastruktur.

e. *Security Department*

Bertugas pokok untuk hubungan perusahaan dengan pemerintah dan keamanan perusahaan.

f. *Mechanical & Maintenance Department*

Bertugas pokok untuk menangani pekerjaan struktural, *electrical*, *mechanical*, *maintenance*, serta pembuatan konstruksi-konstruksi bangunan untuk menunjang proses penambangan.

g. *Occupational Health and Safety Department*

Merujuk pada Kepmen Pertambangan dan Energi No. 555.K/26/M.PE/1995 Tentang Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pertambangan Umum, bahwa Bagian Keselamatan dan Kesehatan Kerja mempunyai tanggung jawab sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data dan mencatat rincian dari setiap kecelakaan atau kejadian yang berbahaya, kejadian sebelum terjadinya kecelakaan, penyebab kecelakaan, menganalisis kecelakaan, dan pencegahan kecelakaan;

2. Mengumpulkan data mengenai daerah-daerah dan kegiatan-kegiatan yang memerlukan pengawasan yang lebih ketat dengan maksud untuk memberi saran kepada Kepala Teknik Tambang tentang tatacara kerja, alat-alat penambangan, dan penggunaan alat-alat deteksi serta alat-alat pelindung diri;
3. Memberikan penerangan dan petunjuk-petunjuk mengenai Keselamatan dan Kesehatan Kerja kepada semua pekerja tambang dengan jalan mengadakan pertemuan-pertemuan, ceramah-ceramah, diskusi-diskusi, pemutaran film, publikasi, dan lain sebagainya;
4. Apabila diperlukan, membentuk dan melatih anggota-anggota Tim Penyelamat Tambang;
5. Menyusun statistik kecelakaan dan
6. Melakukan evaluasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

h. *Environmental Department*

Bertugas pokok untuk menangani pengelolaan dan pemantauan lingkungan yang ada di area pertambangan sesuai dengan Analisis Dampak Lingkungan (AMDAL), seperti reklamasi area terganggu, peneloan limbah, pemantauan kualitas air dan udara.

i. *Production department*

Bertugas dalam mengelola proses produksi emas mulai dari tahap kominusi atau pengecilan ukuran *ore* atau batuan mineral hasil penambangan hingga proses pencetakan batangan emas atau *dore bullion*.

j. *Mine Operation Department*

Bertugas pokok untuk meneliti dan memastikan sumber daya mineral atau cadangan mineral yang ada di area Izin Usaha Pertambangan (IUP), melalui beberapa aktivitas seperti, pengeboran (*drilling*), peledakan (*blasting*) dan juga menentukan titik-titik penambangan.

k. *Technical Service Department*

Bertugas untuk pengambilan data rupa bumi, processing data rupa bumi dan membuat laporan sekaligus membuat peta. Selain itu, Departemen survey bertugas memasang titik-titik acuan untuk membangun infrastruktur-infrastruktur dan tambang.

4.4.5 Proses Produksi *Dore Bullion*

Dore Bullion merupakan istilah dari produk emas batangan. Dalam proses pengolahan batuan mineral yang mengandung emas menjadi produk *dore bullion*, perusahaan ini membagi proses produksi menjadi 3 *section* yaitu *Ore Processing Plant* (OPP), *Heap Leach Operation* (HLO), dan *Adsorption Desorption Recovery* (ADR). Secara keseluruhan, *process flow diagram* dari *dore bullion* dapat dilihat pada lampiran 1. Berikut ini uraian tahapan proses pengolahan batuan mineral dari hasil mining atau *ore* hingga menjadi produk *Dore Bullion*:

1. *Ore Processing Plant* (OPP)

Tahap pertama ini terjadi di Departemen *Ore Preparation Plant* (OPP) yang bertugas untuk melakukan kominusi bijih yang diambil dari departemen *mining* dan melakukan agglomerasi untuk menghasilkan produk akhir berupa agglomerat. Proses kominusi bijih terdiri dari 2 tahap yaitu *primary crushing* menggunakan *Jaw Crusher* dan *secondary crushing* menggunakan *Cone Crusher*. Sementara proses agglomerasi dilakukan dengan menggunakan *Agglomerator*.

Proses kominusi merupakan proses pengecilan ukuran bijih melalui proses peremukan (*crushing*) dan penggerusan (*grinding*). Proses peremukan ini dilakukan untuk meliberasi emas yang terperangkap dalam bijih hasil pertambangan. Dengan adanya liberasi emas yang terperangkap dalam bijih, perolehan emas yang didapat lebih tinggi. Selain itu, pengecilan ukuran bijih juga dilakukan agar kontak antara reagen pelindihan dengan bijih semakin besar karena luas permukaan yang semakin besar. Dengan begitu, kinetika pelindihan dan perolehan emas juga menjadi lebih tinggi.

Bijih yang berasal dari departemen *mining* diumpankan menuju ROM Bin dengan kapasitas 200-250 ton. Bijih tersebut sebelumnya sudah melalui proses *blending*, yaitu proses untuk mencampur bijih dengan kualitas tinggi (*high grade ore*) dengan bijih berkualitas rendah (*low grade ore*). Proses pencampuran bijih ini bertujuan agar volume produksi yang diinginkan dapat tercapai. Apabila hanya menggunakan bijih berkualitas tinggi maka perolehan emas tinggi namun jumlahnya akan sedikit dan cepat habis sehingga proses tidak berkelanjutan. Apabila hanya menggunakan bijih berkualitas rendah maka jumlahnya banyak

namun perolehan emas yang didapat sedikit. Target kadar emas dalam bijih dari proses *blending* berkisar antara 2-5 ppm. *Blending* yang dilakukan juga mempertimbangkan partikel yang keras dan partikel yang lunak dengan perbandingan partikel keras 3 dan partikel yang lunak 1 untuk menghindari adanya penyumbatan pada proses kominusi dan *ponding* pada proses pelindian.

Setelah ditampung dalam ROM bin, bijih akan diumpungkan menuju *vibrating grizzly* melalui *apron feeder*. Bijih dengan ukuran lebih kecil dari 75 mm, disebut *undersize*, akan lolos dari *screen* dan menuju *scalp screen feed*. Sementara bijih dengan ukuran lebih besar dari 75 mm, disebut *oversize*, akan dilanjutkan ke proses *primary crushing* menggunakan *jaw crusher*.

Jaw crusher terdiri dari 2 pelat, salah satu pelat bersifat *fixed* sementara yang lainnya dapat digerakkan sehingga gerakan dari *jaw crusher* dapat membuka dan menutup seperti rahang. *Jaw crusher* akan mengecilkan ukuran bijih sampai menjadi lebih kecil dari 75 mm. Untuk memperoleh ukuran bijih tersebut, *jaw crusher* diatur agar memiliki bukaan sekitar 80-120 mm. Ukuran bukaan ini ditentukan agar meminimalisir terjadinya *choking* akibat ukuran bukaan yang terlalu kecil. *Choking* merupakan peristiwa dimana ukuran bijih terlalu besar sehingga menyumbat *jaw crusher*. Untuk mengatasi hal ini, di samping *Jaw Crusher* terdapat *Rock breaker* yang berfungsi untuk mengatasi *choking* dengan menghancurkan partikel berukuran besar sehingga ukuran partikel menjadi lebih kecil.

Hasil peremukan oleh *jaw crusher* kemudian akan masuk ke *scalp screen feed conveyor* yang terdapat pendeteksi metal atau besi agar bijih yang mengandung besi tidak lolos karena dapat membuat *crusher* semakin cepat aus. *Conveyor* ini akan membawa bijih menuju *scalping screen* agar bijih yang berukuran lebih besar dari 40 mm akan melalui proses *secondary crushing* menggunakan *cone crusher* sementara bijih yang berukuran lebih kecil dari 40 mm akan langsung masuk ke *conveyor* yang menuju *crusher product transfer*.

Secondary crushing menggunakan *cone crusher* yang terdiri dari *shell* dan *head*. *Shell* adalah bagian dinding *crusher* yang mengelilingi *head*. *Head* adalah bagian *crusher* yang berputar pada sumbu vertikal. *Cone crusher* memiliki bukaan sebesar 40 mm sehingga produk yang dihasilkan berukuran sekitar 35

mm. Kemudian hasil tersebut diumpankan ke proses agglomerasi melalui *Conveyor*. Pada tahap ini terjadi proses agglomerasi yaitu pencampuran antara bijih *ore* dengan semen. Semen pada proses agglomerasi berperan sebagai pengikat (*binder*) untuk membentuk *pellet* yang akan ditumpuk pada *heap* dan untuk menaikkan pH. Semen yang digunakan saat ini yaitu sebanyak 5 kg semen untuk tiap 1 ton bijih. Pada *agglomerator* juga ditambahkan air sehingga kadar *moisture* pada bijih mencapai sekitar 8-12%.

Agglomerat yang dihasilkan dari *agglomerator* kemudian menuju *agglomerator stacking conveyor* untuk membuat tumpukan *pellet*. Tumpukan tersebut akan di isi ke dalam truk sebanyak 40 ton yang kemudian dibawa ke departemen HLO.

2. *Heap Leach Operation* (HLO)

Proses ekstraksi emas menggunakan jalur hidro-elektrometalurgi. Tahap ekstraksi yang pertama yaitu pelindian. Pelindian merupakan proses pelarutan selektif mineral berharga di dalam bijih sehingga didapatkan larutan yang kaya akan mineral berharga dan pengotor yang tertinggal karena tidak ikut terlarut. Pada proses pelindian, digunakan NaCN untuk melarutkan mineral tertentu. NaCN ini akan bereaksi dengan emas membentuk aurocyanid ($\text{Au}(\text{CN})_2^-$). Reaksi pelindian yang terjadi pada proses pelindian emas yaitu :



Departemen HLO merupakan departemen yang melakukan pelindian emas dengan menggunakan metode pelindian tumpukan. Departemen HLO mengerjakan penumpukan (*stacking*), persiapan irigasi, irigasi, dan *water balance*. Penumpukan (*stacking*) merupakan kegiatan menumpuk agglomerat/*pellet* hasil agglomerasi dari OPP. Persiapan irigasi dilakukan agar irigasi yang nanti dilakukan dapat berlangsung lebih optimal. Persiapan irigasi yaitu *ripping*, pemasangan selang, pemasangan *nozzle*, dan *ploughing* untuk tumpukan pada *lift* diatas 1.

Tahap awal yaitu *stacking*. *Stacking* merupakan proses penumpukan aglomerat pada *pad* sehingga membentuk tumpukan bijih dengan ketinggian dan

kemiringan tertentu. Suatu area *heap* terdiri dari beberapa *bay*. Setiap *bay* terdiri dari beberapa sel. Proses *stacking* dilakukan dengan menggunakan *dump truck*. Bijih yang ditumpuk memiliki ketinggian maksimal 10 m untuk tiap lift. Apabila ketinggian tumpukan sudah mencapai 10 m, maka harus membuat lift baru dengan jarak bukaan antar lift sebesar 5 m. Kemiringan tumpukan yang diperbolehkan yaitu maksimal 32° untuk mencegah terjadinya longsor.

Setelah proses penumpukan selesai, dilakukan proses *ripping* atau membajak tanah. Proses *ripping* dilakukan agar bijih yang telah mengalami kompaksi – bijih yang kontak langsung dengan udara – dapat turun ke bagian bawah sehingga mencegah terjadinya *ponding*. *Ponding* merupakan peristiwa dimana kompaksi pada permukaan tanah menyebabkan reagen pelindi yang disiramkan ke bijih tidak dapat mengalami perkolasi ke dalam melainkan menggenang di permukaan. Proses *ripping* dilakukan dengan menggunakan traktor. Setelah proses *ripping* selesai, *heap* dibiarkan selama 3-4 hari sebelum irigasi untuk mencegah terjadinya longor.

Tahap selanjutnya yaitu pemasangan pipa irigasi. Setiap sel terdapat 7 lane dan setiap lane memiliki jarak 7 meter. Tiap lane pipa memiliki beberapa *sprinkler* dengan jarak *sprinkler* yaitu sebesar 7 meter. Radius dari *sprinkler* yang digunakan yaitu mencapai 7 meter. Setelah pemasangan pipa irigasi selesai, maka larutan pelindi dialirkan melalui pipa dengan debit 10 Liter/jam.m² dengan kadar NaCN 500 ppm untuk sel baru dan kadar NaCN 200-250 ppm untuk sel lama.

Larutan hasil pelindian tersebut akan keluar dari pipa yang menuju *lounder box* untuk diarahkan ke *pond ILS (Intermittent Leach Solution)* maupun *pond PLS (Pregnant Leach Solution)*. PLS adalah larutan yang mengandung kadar emas tinggi, sementara ILS mengandung kadar emas menengah. PLS akan diteruskan ke proses ADR. ILS digunakan lagi sebagai irigasi. Usia irigasi sebuah sel biasanya sekitar 150 hari atau ketika kadar emas dalam sel sudah mencapai 0,03 ppm. Ketika sebuah sel sudah berusia 150 hari, sel tersebut akan ditumpuk oleh sel yang baru. Sebelum terjadi penumpukan sel baru di atas sel lama, dilakukan *reploughing* untuk mengemburkan kembali tanah pada sel lama yang telah mengalami kompaksi baru setelah itu sel baru siap untuk ditumpuk membentuk lift baru.

3. Adsorption Desorption Recovery Plant (ADR)

Departemen *Adsorption Desorption Recovery* (ADR) melakukan pengolahan PLS dengan proses *adsorpsi*, *desorpsi*, dan *recovery (electrowinning)*. PLS yang kaya akan emas akan diadsorpsi dengan menggunakan karbon aktif sehingga ion aurosianid akan teradsorpsi ke dalam pori-pori karbon aktif.

Reaksi adsorpsi emas oleh karbon aktif berlangsung dalam reaksi berikut:



Adsorpsi emas menggunakan karbon aktif dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti temperatur, konsentrasi emas dalam larutan, konsentrasi sianida, pH larutan, konsentrasi metal lain, oksigen terlarut, dan kondisi karbon aktif.

Setelah proses adsorpsi, dilakukan pencucian karbon dengan asam yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor inorganik yang terdapat pada karbon. Pengotor inorganik pada karbon dapat berupa garam kalsium yang mayoritas berupa karbonat, garam magnesium dan natrium, mineral berukuran halus, dan logam yang terpresipitasi dari larutan pelindian. Pembentukan kalsium karbonat terjadi karena reaksi berikut :



Ion karbonat dalam reaksi tersebut berasal dari karbon dioksida yang berasal dari atmosfer dan terlarut dalam air sehingga membentuk ion karbonat (reaksi (1)) maupun berasal dari oksidasi sianida bebas pada permukaan karbon (reaksi (2)). Ion kalsium berasal dari lime yang digunakan pada larutan pelindi. Ion karbonat dan ion kalsium pada larutan membentuk kalsium karbonat (reaksi (4)) yang mengendap pada pori-pori karbon sebagai pengotor inorganik. Pencucian dengan asam klorida bermaksud untuk melarutkan pengotor inorganik tersebut, salah satunya garam karbonat dengan reaksi :



Tahap yang dilakukan selanjutnya yaitu *desorpsi/elution*. Desorpsi merupakan kebalikan dari proses adsorpsi, yaitu bertujuan untuk melepaskan emas dalam karbon sehingga larut kembali. Oleh karena itu, kondisi yang membuat proses adsorpsi tidak berlangsung justru membuat proses desorpsi emas dan perak berlangsung. Proses elusi terbagi menjadi 2 jenis yaitu dengan temperatur dibawah 100°C dan temperatur di atas 100°C. Elusi dengan temperatur dibawah 100°C menggunakan sistem yang tidak diberikan tekanan lebih oleh karena itu temperatur yang digunakan dibawah temperatur didih. Elusi dengan temperatur diatas 100°C menggunakan sistem yang beroperasi pada tekanan tinggi untuk mencegah larutan mendidih.

Proses elusi yang dilakukan adalah proses AARL (*Anglo-American Research Laboratories*). Pada proses AARL, karbon di kontakkan dengan larutan kaustik sianida yang mengandung 5% NaOH dan 1% NaCN sebanyak 0.5 BV (*Bed Volume*) selama 30-60 menit, lalu dilanjutkan dengan pelepasan emas dari karbon dengan menggunakan air pada temperatur 110°C.

Setelah karbon dipindahkan ke kolom elusi, karbon mengalami proses - *pre soaking* yaitu mengalirkan larutan kaustik sianida secara sirkulasi dari tanki *presoak*, ke kolom elusi, lalu kembali ke tanki *presoak* sampai temperatur kaustik sianida mencapai 90°C. Pemanasan larutan dilakukan dengan menggunakan *heat exchanger* yang terdapat *boiler* yang mengalirkan oli panas secara sirkulasi juga sehingga ada transfer panas dari oli menuju larutan kaustik sianida. Setelah temperatur terukur mencapai 90°C, *valve* pada kolom elusi akan tertutup dan proses *soaking* karbon dilakukan selama 30 menit.

Larutan kaustik sianida yang mengandung NaOH dan NaCN akan melarutkan emas dari karbon. NaOH pada larutan yang mengandung ion Na⁺ akan mengganti ion Ca²⁺ yang berikatan dengan ion aurosianid karena jumlah ion Na⁺ yang lebih banyak. Ikatan antara ion Na⁺ dengan ion aurosianid tidak sestrabil ikatan Ca²⁺ dengan aurosianid sehingga apabila terjadi kenaikan temperatur, ikatan tersebut lebih mudah lepas dan menghasilkan ion aurosianid bebas. Ion aurosianid yang bermuatan negatif membuat emas terlepas dari pori-pori karbon

karena sifat karbon yang hanya mengadsorpsi spesi netral. Ion hidroksida pada NaOH juga berperan untuk menjaga pH dalam rentang 10-12 supaya mencegah terjadinya kehilangan sianida karena hidrolisis. Sianida juga mengubah emas yang masih dalam bentuk spesi lain menjadi spesi ion aurosianid sehingga dapat dielusi.

Primary elution menggunakan *lean eluate* yang dihasilkan dari proses *secondary elution*. Misalkan pada saat ini sedang dilakukan elusi batch 2 maka *lean eluate* adalah hasil dari *secondary elution* batch 1 yang ditampung dalam tanki *lean eluate*. Larutan *lean eluate* yang dipompakan menuju kolom elusi menghasilkan *eluate* yang akan langsung menuju tanki *eluate* tanpa adanya tahap *presoaking* seperti pada proses elusi dengan menggunakan *presoak*. Setelah *lean eluate* habis, maka proses dilanjutkan dengan *secondary elution* menggunakan *treated water*.

Kemudian terdapat proses reaktivasi karbon menggunakan *kiln* yang bertujuan untuk menghilangkan kontaminan organik yang terjebak dalam struktur karbon. Senyawa organik dalam karbon dihilangkan dengan menggunakan uap air sesuai dengan reaksi berikut :



Proses reaktivasi yang dilakukan harus mempertimbangkan temperatur, waktu tinggal, kadar *moisture* dalam karbon, dan kehadiran partikel pengotor lainnya.

Setelah melewati kiln, karbon akan masuk ke dalam *quench tank* yang berisi air untuk meminimalisir kontak karbon dengan udara. Karbon yang telah diaktivasi akan digunakan untuk proses adsorpsi selanjutnya. Sampel karbon dari hasil elusi dan hasil reaktivasi diambil untuk dibandingkan aktivitas *barren carbon* dan *regenerated carbon* terhadap *new carbon* pada percobaan *carbon activity*.

Eluate hasil elusi kemudian dipompa menuju *gold room* untuk proses rekoveri dengan *electrowinning*. *Electrowinning* merupakan proses reduksi ion

aurosianid menjadi emas dengan menggunakan sel elektrolisis. Reaksi yang terjadi pada proses *electrowinning* yaitu :



Proses *electrowinning* dipengaruhi oleh konsentrasi emas, hidrodinamik elektrolit, temperatur, luas permukaan katoda, tegangan sel, rapat arus, konduktivitas larutan, pH, konsentrasi sianida, kehadiran ion lain, dan laju aliran larutan.

Proses *electrowinning* menggunakan *rectifier* dengan tegangan 2.5-4.5 volt dan terdapat 6 bak *electrowinning* dan menggunakan *stainless-steel* sebagai katoda dan anoda *electrowinning*. Hasil dari proses *electrowinning* merupakan *sludge* yang akan di *stripping* lalu dilakukan *washing* dengan air bertekanan tinggi sehingga *sludge* hasil *electrowinning* lepas dari katoda.

Sludge yang dihasilkan kemudian akan melalui proses *filter press* untuk memisahkan *solid* dan larutan. *Solid* yang didapatkan kemudian akan melalui proses kalsinasi untuk mengkonversi *base metal* seperti seng, besi, timbal, dan tembaga ke bentuk oksida. Pengotor berupa oksida akan terbawa ke dalam *slag* sehingga terjadi pemisahan antara pengotor dan konsentrat. Pada proses kalsinasi terdapat *retort* untuk menguapkan merkuri dan memisahkan merkuri dari konsentrat. Setelah kalsinasi selesai, proses selanjutnya yaitu *smelting*.

Smelting bertujuan untuk menghilangkan *base metal* dan pengotor lainnya untuk menghasilkan *gold-silver bullion* dengan kadar diatas 95%. Temperatur yang digunakan untuk *smelting* yaitu 1064°C dengan penambahan *flux* yang terdiri dari 40% borax, 25% *soda ash*, dan 4% silika. Penambahan silika, borax, dan *soda ash* bertujuan untuk menurunkan titik leleh dan viskositas *slag*. *Smelting* akan menghasilkan lelehan logam yang kemudian dicetak dalam bentuk *ingot* dan menghasilkan *dore bullion*. *Dore bullion* memiliki kandungan emas sekitar 60%.

4.2 Identifikasi Waste

Tahap awal yang dilakukan untuk dapat menemukan *waste* apa yang terdapat dalam proses produksi *dore bullion* yaitu adalah dengan melakukan wawancara di departemen produksi. Wawancara dilakukan pada masing-masing section yaitu OPP, HLO, dan ADR untuk mengetahui proses produksi secara keseluruhan terdahulu. Kemudian dilanjutkan dengan menyamakan persepsi mengenai *lean mining* dan definisi dari *waste* beserta jenis-jenis *waste*. Tujuan penyamaan persepsi ini adalah agar memudahkan dalam berdiskusi untuk mengidentifikasi *waste* yang terjadi. Pada tahap ini, juga dilakukan proses pengumpulan data yang mendukung dalam menentukan *waste*. Dari hasil wawancara dan diskusi, didapatkan *waste* yang meliputi *Overproduction, material Work in Process (WIP)/Inventory, Defects, Motion, Transportation, Process, dan Waiting*. Dari hasil identifikasi memang menunjukkan bahwa di keseluruhan proses terdapat semua jenis *waste*, walaupun ada di antara *waste* tersebut yang tidak terlalu signifikan pengaruhnya proses produksi atau adanya *waste* tersebut karena akibat adanya *waste* yang lain.

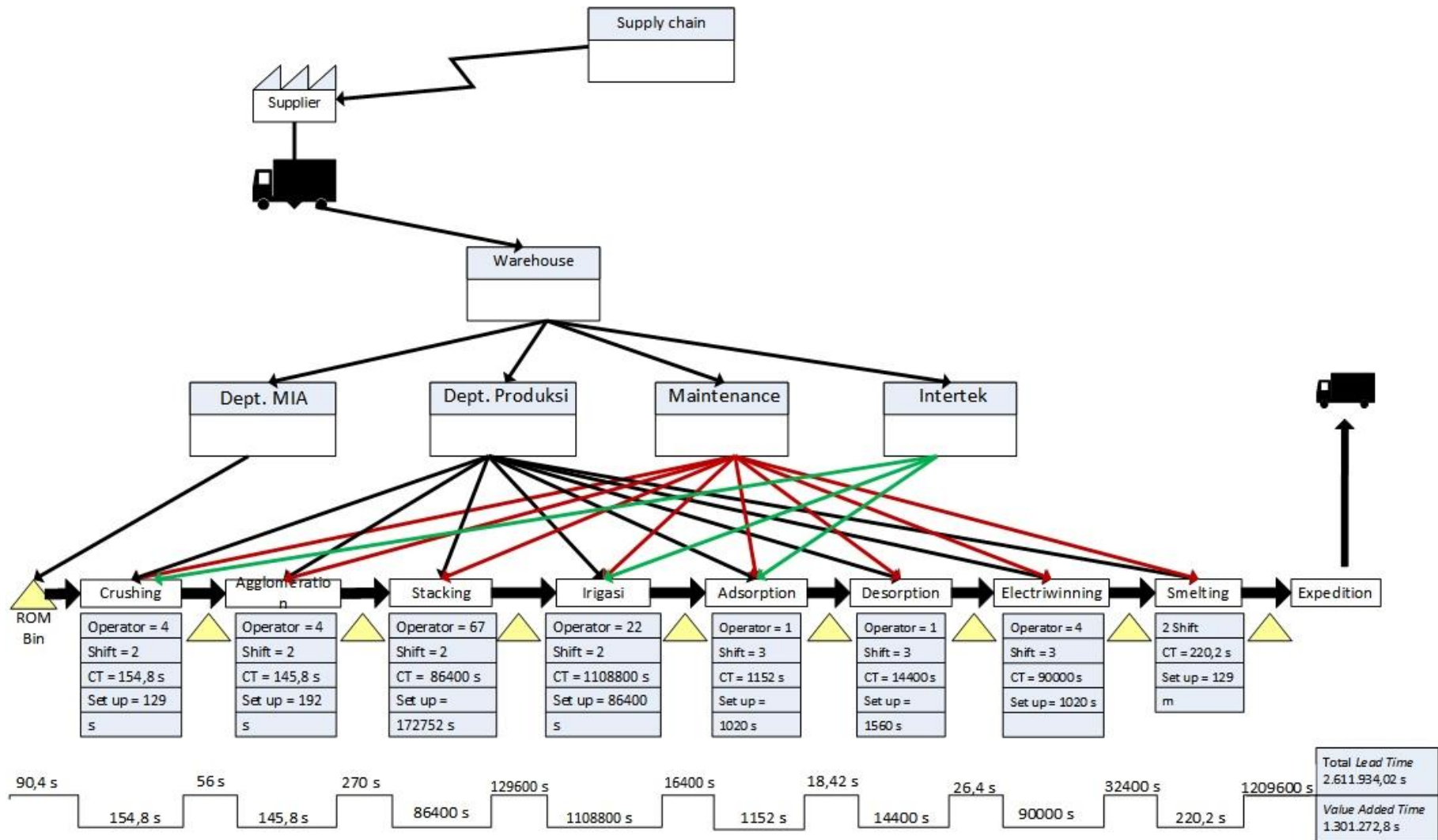
4.3 Big Picture Mapping

Big Picture Mapping digunakan untuk mengetahui aliran proses fisik dan informasi pada proses produksi *dore bullion*. *Big Picture Mapping* pada perusahaan ini dapat dilihat pada Gambar 4.1. Pada pertambangan berbeda dengan aliran proses fisik pada manufaktur yaitu jika pada manufaktur selalu melakukan pengadaan bahan baku dari supplier berdasarkan forecast permintaan customer, maka pada pertambangan tidak melakukan order bahan baku. Karena bahan baku untuk proses berupa batuan mineral yang berasal dari tahap mining dan tidak ada juga permintaan jumlah produk tertentu dari *customer*.

Pada pertambangan yang dilakukan pemesanan atau order adalah mengenai peralatannya atau bahan kimia pendukung. Misalnya peralatan pipa yang digunakan untuk proses irigasi pada *section* HLO. Order pipa ini dilakukan secara berkala sesuai dengan penjadwalan waktu irigasi. Jika area irigasi sudah udah selesai digunakan untuk irigasi yaitu sekitar 60-120 hari, maka irigasi berikutnya dilakukan pada area baru sehingga akan ada instalasi pipa terus-

menerus sebelum memulai irigasi di area yang baru. Sementara karena alasan bentuk atau luasan area tanah yang berbeda-beda, membuat pipa yang sebelumnya dipakai belum tentu sesuai jika digunakan di area irigasi yang baru.

Selain mengenai order, proses produksi pada tambang emas ini juga memiliki *cycle time* dan waktu *set up* yang lama. Ada yang membutuhkan waktu berminggu-minggu bahkan hingga berbulan-bulan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Big Picture Mapping Proses Produksi Dore Bullion

4.4 Pengukuran Waste

Setelah mendapatkan daftar hasil identifikasi *waste*, kemudian dilanjutkan tahap berikutnya yaitu pengukuran *waste* menggunakan *Waste Assessment Model* (WAM). Tahap pertama dalam WAM adalah menyebarkan kuesioner yaitu kuesioner *Waste Relationship Matrix* (WRM). Kuesioner ini diberikan kepada responden yang memiliki jabatan operator, *supervisor*, *superintendent*, dan *head department* dengan jumlah responden yaitu 12 orang. Tujuan dari kuesioner ini adalah untuk mengetahui keterkaitan antar *waste* yang terjadi. Pertanyaan pada kuesioner ini terdiri dari 6 pertanyaan dengan pembobotan yang telah ditentukan untuk masing-masing pilihan jawaban yang dipilih. Sementara untuk tipe pertanyaannya terdiri dari 31 penjelasan keterkaitan antar *waste* seperti yang dapat dilihat pada lampiran 2 dan untuk hasil jawaban penilaian keterkaitan antar *waste* dari semua responden dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil skor pada Lampiran 3, kemudian dikategorikan ke dalam tingkat keterkaitan antar *waste* yang ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Keterkaitan antar *Waste*

No.	Tipe Pertanyaan	Simbol	Total Skor	Tingkat Keterkaitan
1.	<i>Overproduction_WIP</i>	O_WIP	12	I
2.	<i>Overproduction_Defects</i>	O_D	11	I
3.	<i>Overproduction_Motion</i>	O_M	10	I
4.	<i>Overproduction_Transportation</i>	O_T	11	I
5.	<i>Overproduction_Waiting</i>	O_W	7	O
6.	<i>WIP_Overproduction</i>	WIP_O	11	I
7.	<i>WIP_Defects</i>	WIP_D	9	I
8.	<i>WIP_Motion</i>	WIP_M	9	I
9.	<i>WIP_Transportation</i>	WIP_T	10	I
10.	<i>Defects_Overproduction</i>	D_O	9	I
11.	<i>Defects_WIP</i>	D_WIP	10	I
12.	<i>Defects_Motion</i>	D_M	9	I

13.	<i>Defects_ Transportation</i>	D_T	8	O
14.	<i>Defects_ Waiting</i>	D_W	14	B
15.	<i>Motion_WIP</i>	M_WIP	8	O
16.	<i>Motion_Defects</i>	M_D	8	O
17.	<i>Motion_Waiting</i>	M_W	9	I
18.	<i>Motion_Process</i>	M_P	8	O
19.	<i>Transportation_Overproduction</i>	T_O	8	O
20.	<i>Transportation_WIP</i>	T_WIP	8	O
21.	<i>Transportation_Defects</i>	T_D	7	O
22.	<i>Transportation_Motion</i>	T_M	8	O
23.	<i>Transportation_Waiting</i>	T_W	8	O
24.	<i>Process_Overproduction</i>	P_O	9	I
25.	<i>Process_WIP</i>	P_WIP	9	I
26.	<i>Process_Defects</i>	P_D	10	I
27.	<i>Process_Motion</i>	P_M	10	I
28.	<i>Process_Waiting</i>	P_W	8	O
29.	<i>Waiting_Overproduction</i>	W_O	7	O
30.	<i>Waiting_WIP</i>	W_WIP	10	I
31.	<i>Waiting_Defects</i>	W_D	7	O

Keterangan:

A = *Absolutely Necessary* (skor 17-20)

B = *Especially Important* (skor 13-16)

I = *Important* (skor 9-12)

O = *Ordinary Closeness* (skor 5-8)

U = *Unimportant* (skor 1-4)

4.4.1 Waste Relationship Matrix

Hasil *scoring* keterkaitan antar *waste* dan pengelompokan tingkat *waste* dari Tabel 4.1 di atas, selanjutnya hasil tersebut dibuat sebagai *Waste Relationship Matrix* (WRM) sebagai berikut:

Tabel 4.2 *Waste Relationship Matrix (WRM)*

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

Dari kategori tingkat *waste* yang berupa simbol huruf pada Tabel 4.2 di atas, kemudian dikonversikan ke dalam bentuk angka dengan nilai sebagai berikut :

A = 10

E = 8

I = 6

O = 4

U = 2

X = 0

Hasil dari pengkonversian tersebut ditunjukkan pada tabel di bawah ini

Tabel 4.3 *Waste Value Matrix*

F/T	O	I	D	M	T	P	W	SKOR	%
O	10	6	6	6	6	0	4	38	16,38
WIP	6	10	6	6	6	0	0	34	14,66
D	6	6	10	6	4	0	8	40	17,24
M	0	4	4	10	0	6	4	28	12,07
T	4	4	4	4	10	0	4	30	12,93
P	6	6	6	6	0	10	4	38	16,38
W	4	6	4	0	0	0	10	24	10,34
SKOR	36	42	40	38	26	16	34	232	100,00
%	15,52	18,10	17,24	16,38	11,21	6,90	14,66	100,00	

Hasil *waste value matrix* di atas kemudian akan digunakan sebagai nilai awal pembobotan pada *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ).

4.4.2 Waste Assessment Questionnaire (WAQ)

Hasil nilai *waste* dari WRM lalu digunakan untuk penilaian awal pada WAQ. Kuesioner WAQ ini memiliki jenis pertanyaan yang berbeda-beda dan berjumlah 68 pertanyaan. Pertanyaan tersebut ada yang diawali dengan “*from*” dan ada juga yang diawali dengan “*to*”. Maksud pertanyaan yang diawali dengan “*from*” yaitu menunjukkan bahwa pertanyaan tersebut menyebutkan bahwa jenis *waste* yang disebutkan tersebut dapat memicu munculnya *waste* yang lainnya. Sedangkan pertanyaan yang diawali dengan “*to*” bermaksud untuk menunjukkan bahwa tiap jenis *waste* dapat dipengaruhi oleh jenis *waste* lainnya.

Pertanyaan kuesioner WAQ dikategorikan menjadi 4 kelompok pertanyaan yaitu *man*, *machine*, *material* dan *method*. Dari masing-masing kategori pertanyaan tersebut memiliki jumlah pertanyaan yang berbeda-beda. Semua pertanyaan tersebut memiliki pilihan jawaban yang sama yaitu “Ya”, “Sedang”, dan “Tidak” dengan masing-masing pilihan jawaban tersebut diberikan bobot 1; 0,5; 0 secara berturut-turut. Kuesioner WAQ yang terdiri dari 68 pertanyaan dapat dilihat pada Lampiran 4.

Dari hasil kuesioner yang diberikan kepada 12 responden sama seperti responden kuesioner WRM, kemudian hasil kuesioner tersebut diperingkatkan *waste*-nya dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pengelompokkan Pertanyaan Kuesioner

Dari 68 pertanyaan yang terdapat pada kuesioner WAQ, dikelompokkan sesuai jenis pertanyaannya masing-masing dan dihitung jumlah pertanyaan (Ni) untuk tiap jenis pertanyaan. Berikut ini hasil dari pengelompokkan pertanyaan tersebut:

Tabel 4.4 Pengelompokkan Jenis Pertanyaan Kuesioner

No.	Jenis Pertanyaan (i)	Total (Ni)
1.	<i>From Overproduction</i>	3
2.	<i>From WIP</i>	6
3.	<i>From Defects</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 Defects</i>	4
9.	<i>To Motion</i>	9
10.	<i>To Transportation</i>	3
11.	<i>To Waiting</i>	5
Jumlah Pertanyaan		68

2. Pemberian Bobot Pertanyaan Kuesioner

Hasil dari *Waste Relationship Matrix* pada tabel 4.3 digunakan sebagai bobot awal dalam pertanyaan kuesioner WAQ yang seperti di bawah ini contohnya.

Tabel 4.5 Bobot Awal WRM

No.	Kategori Pertanyaan	Tipe Pertanyaan	Bobot awal tiap waste						
			O	WIP	D	M	T	P	W
1	Man	<i>To motion</i>	6	6	6	10	4	6	0
2		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
3		<i>From defects</i>	6	6	10	6	4	0	8
4		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
5		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
6		<i>From defects</i>	6	6	10	6	4	0	8
7		<i>From process</i>	6	6	6	6	0	10	4
55	Method	<i>From process</i>	6	6	6	6	0	10	4
56		<i>To defects</i>	6	6	10	4	4	6	4
57		<i>From WIP</i>	6	10	6	6	6	0	0
58		<i>To transportation</i>	6	6	4	0	10	0	0
59		<i>To motion</i>	6	6	6	10	4	6	0
60		<i>To transportation</i>	6	6	4	0	10	0	0
61		<i>To motion</i>	6	6	6	10	4	6	0
62		<i>To motion</i>	6	6	6	10	4	6	0
63		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
64		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
65		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
66		<i>From overproduction</i>	10	6	6	6	6	0	4
67		<i>From process</i>	6	6	6	6	0	10	4
68		<i>From defects</i>	6	6	10	6	4	0	8

Untuk hasil lebih lengkapnya dari Tabel 4.5 dapat dilihat Lampiran 5.

3. Penghilangan Variasi Jumlah Pertanyaan

Setelah melakukan pembobotan awal pada WAQ dari hasil WRM, selanjutnya menghilangkan efek variasi jumlah pertanyaan untuk setiap jenis pertanyaan kuesioner WAQ dengan cara melakukan pembagian antara hasil pembobotan pada Tabel 4.5 dengan jumlah pertanyaan tiap kelompok jenis pertanyaan (Ni) sesuai Tabel 4.4

4. Menghitung Jumlah Skor (Sj) dan Frekuensi (Fj)

Hasil pembagian dari bobot dengan jumlah pertanyaan (Ni), kemudian dapat dihitung jumlah skor (Sj) dan frekuensi (Fj) untuk masing-masing kolom

waste yang dapat dilihat seperti pada Tabel 4.6. Perhitungan frekuensi dilakukan dengan mengabaikan nilai nol (0) pada tiap kolom *waste*. Contoh hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan untuk hasil lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 6.

Tabel 4.6 Bobot Pertanyaan dibagi dengan Jumlah Pertanyaan (Ni)

No.	Kategori	Tipe	Ni	Bobot awal tiap waste						
				O	WIP	D	M	T	P	W
1	<i>Man</i>	<i>To M</i>	9	0,67	0,67	0,67	1,11	0,44	0,67	0,00
2		<i>From M</i>	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36
3		<i>From D</i>	8	0,75	0,75	1,25	0,75	0,50	0,00	1,00
4		<i>From M</i>	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36
5		<i>From M</i>	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36
6		<i>From D</i>	8	0,75	0,75	1,25	0,75	0,50	0,00	1,00
7		<i>From P</i>	7	0,86	0,86	0,86	0,86	0,00	1,43	0,57
64		<i>Method</i>	<i>From M</i>	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55
65	<i>From M</i>		11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36
66	<i>From O</i>		5	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20	0,00	0,80
67	<i>From P</i>		7	0,86	0,86	0,86	0,86	0,00	1,43	0,57
68	<i>From D</i>		8	0,75	0,75	1,25	0,75	0,50	0,00	1,00
Skor (Sj)				54,00	57,60	65,60	53,60	45,60	32,00	46,40
Frekuensi (Fj)				54	87	54	64	42	43	33

- Langkah berikutnya yaitu memasukkan nilai hasil kuesioner WAQ yang memiliki variasi bobot jawaban 1; 0,5; 0 ke dalam nilai bobot tiap pertanyaan

dengan cara mengalikannya. Hasil penilaian kuesoner WAQ yang melibatkan 12 responden, dapat dilihat pada Lampiran 7.

6. Dari langkah 5, kemudian menghitung nilai skor (sj) dan frekuensi (fj) untuk nilai bobot tiap kolom *waste*. Tabel 4.7 merupakan hasil dari langkah 5 dan 6. Hasil lebih lengkapnya pada tahap ini dapat dilihat pada Lampiran 8

Tabel 4.7 Perkalian antara Bobot dengan Rata-rata Nilai Jawaban Kuesioner WAQ dan Perhitungan Jumlah Skor (sj) dan frekuensi (fj)

No.	Kategori	Tipe	Rata-rata Nilai	Nilai Bobot untuk Tiap Waste						
				W _{o,k}	W _{WIP,k}	W _{d,k}	W _{m,k}	W _{t,k}	W _{p,k}	W _{w,k}
1	Man	To M	1,00	0,67	0,67	0,67	1,11	0,44	0,67	0,00
2		From M	0,17	0,00	0,06	0,06	0,15	0,00	0,09	0,06
3		From D	0,17	0,13	0,13	0,21	0,13	0,08	0,00	0,17
4		From M	0,79	0,00	0,29	0,29	0,72	0,00	0,43	0,29
5		From M	0,71	0,00	0,26	0,26	0,64	0,00	0,39	0,26
6		From D	0,08	0,06	0,06	0,10	0,06	0,04	0,00	0,08
7		From P	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00	0,06	0,02
64	Method	From M	0,50	0,00	0,18	0,18	0,45	0,00	0,27	0,18
65		From M	0,08	0,00	0,03	0,03	0,08	0,00	0,05	0,03
66		From O	0,88	1,75	1,05	1,05	1,05	1,05	0,00	0,70
67		From P	0,92	0,79	0,79	0,79	0,79	0,00	1,31	0,52
68		From D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
new score (sj)				18,18	19,913	21,23	18,775	13,194	10,277	18,011
new frequency (fj)				8	11	13	19	8	19	11

7. Menghitung nilai indikator awal (Yj) untuk tiap *waste* menggunakan rumus berikut ini

$$Y_j = \frac{s_j}{S_j} \times \frac{f_j}{F_j} \quad (4.11)$$

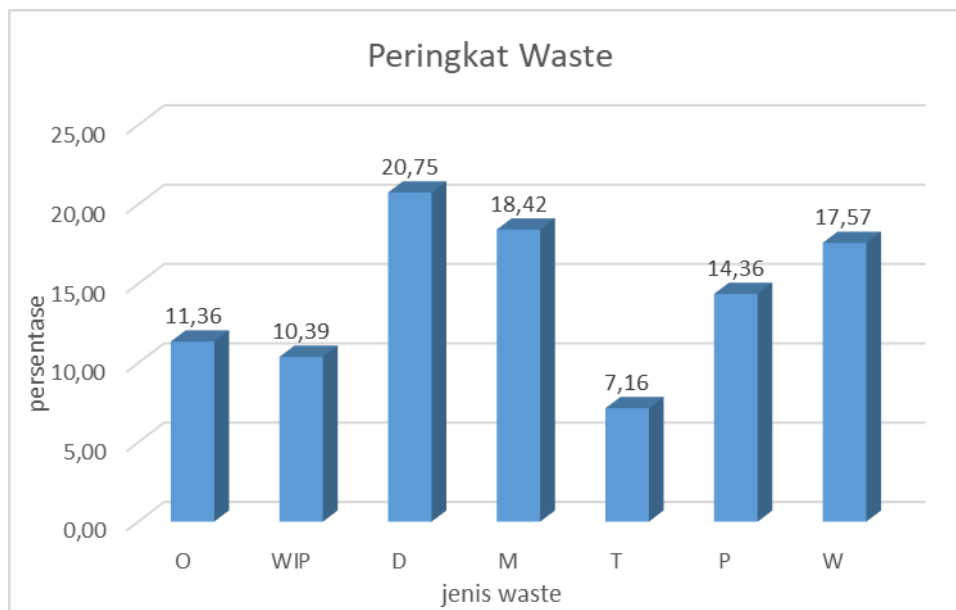
Tabel 4.8 Nilai Indikator Awal (Yj)

	O	WIP	D	M	T	P	W
Sj	54,00	57,60	65,60	53,60	45,60	32,00	46,40
Fj	54,00	87,00	54,00	64,00	42,00	43,00	33,00
sj	18,18	19,91	21,23	18,78	13,19	10,28	18,01
fj	8,00	11,00	13,00	19,00	8,00	19,00	11,00
Yj	0,05	0,04	0,08	0,10	0,06	0,14	0,13

8. Menghitung nilai Pj faktor yaitu probabilitas pengaruh antar *waste* yang didapatkan dari hasil perkalian antara persentase hasil *waste value matrix* pada baris dan kolom untuk tiap jenis *waste*.
9. Menghitung Yj final dengan mengalikan hasil Pj faktor pada langkah 8 dengan nilai Yj pada Tabel 4.8 untuk tiap jenis *waste*.

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan *Waste Assessment*

	O	WIP	D	M	T	P	W
Yj	0,05	0,04	0,08	0,10	0,06	0,14	0,13
Pj faktor	254,16	265,31	297,27	197,68	144,92	112,96	151,61
Yj <i>Final</i>	12,68	11,60	23,16	20,56	7,99	16,03	19,62
Hasil Akhir (%)	11,36	10,39	20,75	18,42	7,16	14,36	17,57
<i>Ranking</i>	5	6	1	2	7	4	3

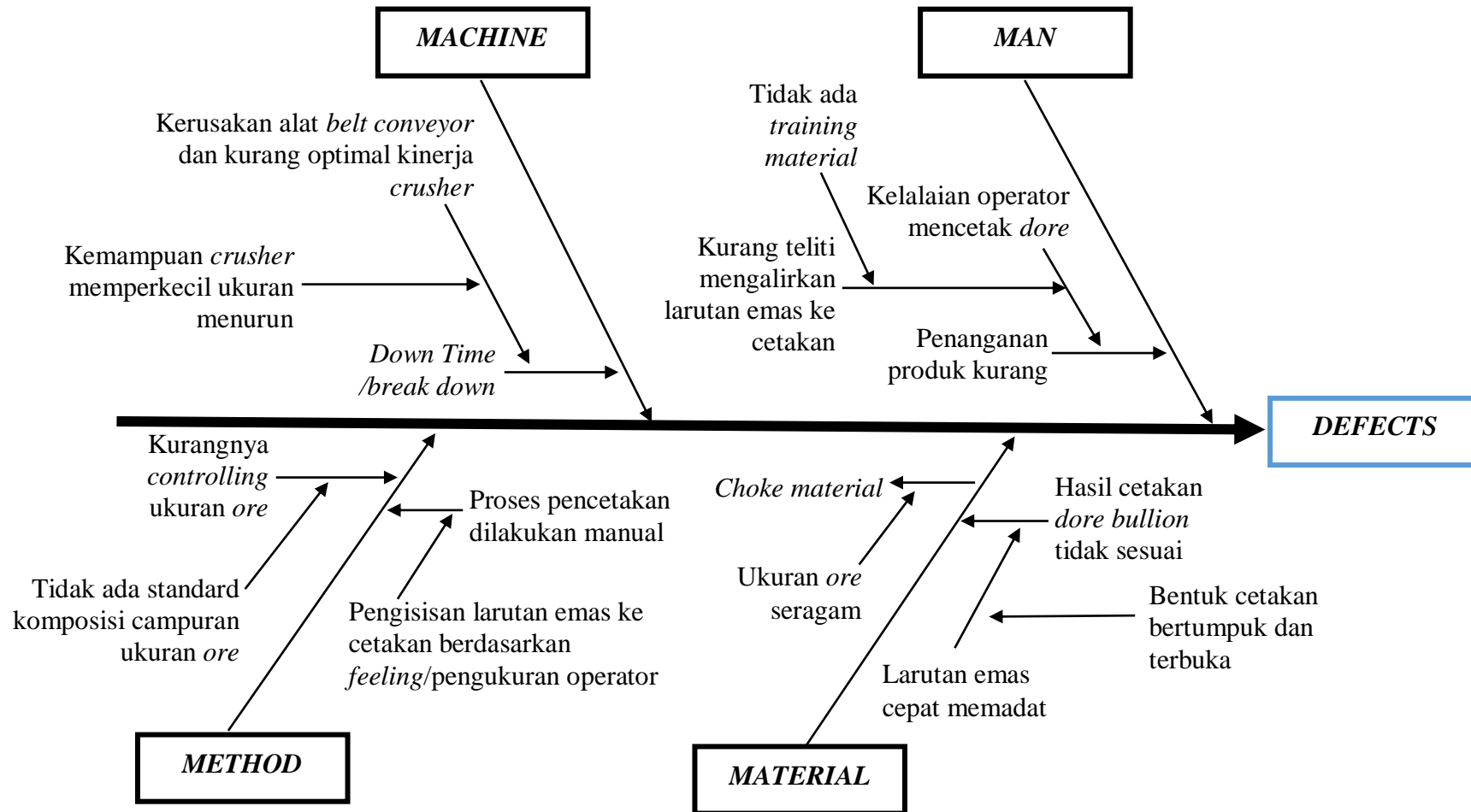


Gambar 4.2 *Ranking Hasil Perhitungan Waste Assessment*

Dari Tabel 4.9 dan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa peringkat *waste* pertama yaitu *Defects* dengan persentase sebesar 20,75 %, *waste* kedua yaitu *Motion* dengan persentase sebesar 18,42%, *waste* ketiga yaitu *Waiting* dengan persentase sebesar 17,57%, dan *waste* keempat yaitu *Process* sebesar 14,36%. Sementara *waste* yang minor atau dibawahnya secara berurutan yaitu *Overproduction* sebesar 11,36%, *Work in Process* sebesar 10,39%, dan *Transportation* sebesar 7,16%

4.5 Akar Penyebab Waste

Untuk mencari akar penyebab dari suatu permasalahan *waste* yang terjadi dalam proses produksi *Dore Bullion* digunakan suatu *tools* yaitu *Fishbone Diagram*. Penggunaan *Fishbone Diagram* ini bertujuan untuk melakukan pengelompokkan terhadap kategori penyebab masalah dan menghasilkan hipotesa tentang kemungkinan-kemungkinan penyebab suatu masalah tiap kategori penyebabnya yang dilakukan dengan mendaftarkan seluruh penyebab *waste* dan efek yang terjadi akibat masalah tersebut. Pengidentifikasian akar penyebab masalah ini diprioritaskan pada peringkat *waste* yang memiliki persentase tinggi yaitu *Defects*, *Motion*, dan *Waiting*.



Gambar 4.3 *Fishbone Diagram* pada *Defect*

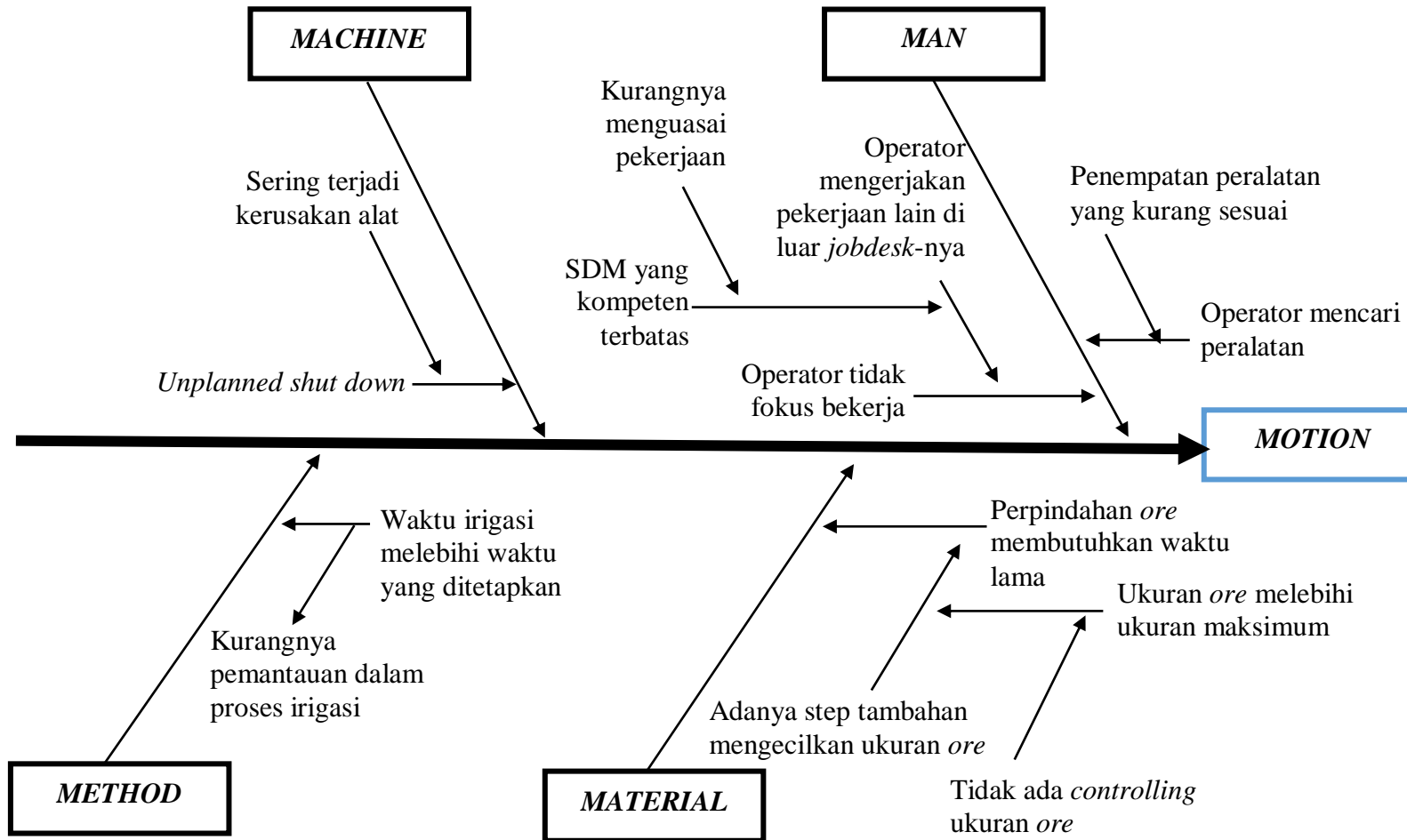
Defects yang terjadi pada proses produksi *dore bullion* berkaitan dengan hasil produk yang tidak sesuai dengan bentuk cetakan dan komposisi ukuran *dore bullion* yang seragam atau sama. Selain *defects* yang berkaitan dengan produk atau material, *defects* yang terjadi pada proses ini juga berhubungan dengan terjadinya kerusakan alat.

Pada gambar 4.3 dapat dilihat pengidentifikasian akar penyebab masalah *defects* dibagi menjadi 4 kategori yaitu berdasarkan *man*, *material*, *machine*, dan *method*. Pada kategori *man*, penyebab masalah tersebut yaitu kurang optimalnya penanganan produk yang dilakukan. Hal ini dikarenakan kelalaian operator dalam mencetak *dore bullion*. Kelalaian yang terjadi ini disebabkan karena kurangnya ketelitian operator dalam mengalirkan larutan emas ke dalam cetakan *dore bullion* tersebut sehingga ditemukan ujung akar penyebab permasalahannya yaitu tidak adanya training material *handling*. Oleh karena itu, hal ini diperlukan suatu solusi yang tepat untuk menangani masalah *defect* yang disebabkan karena *man*.

Pada kategori *material*, disebabkan oleh 2 hal yaitu *choke material* dan hasil cetakan *dore bullion* tidak sesuai dengan yang diinginkan. *Choke material* dapat terjadi karena ukuran *ore* yang seragam. Adanya *choke material* ini akan mempengaruhi *down time* proses produksi seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.1 tentang *down timw* atau *lost time* akibat *choke material*. Sementara ketidaksesuaian hasil cetakan disebabkan karena larutan emas yang akan dicetak akan cepat memadat. Dalam waktu sebentar saja, larutan emas cepat memadat. Hal ini dapat dikarenakan faktor bentuk cetakan *dore bullion* yang dibuat bertumpuk dan terbuka. Sebab, jika cetakan terbuka maka akan berkontak dengan udara yang akan semakin mempercepat pematatan.

Penyebab masalah dari kategori *machine* yaitu *down time* atau *break down*. Hal ini dikarenakan kemampuan *crusher* untuk memperkecil ukuran menurun sehingga *ore* yang lolos atau keluar dari *crusher* memiliki ukuran yang lebih besar atau melebihi ukuran yang diinginkan. Sedangkan penyebab masalah pada kategori *method* yaitu proses pencetakan yang dilakukan manual oleh seorang operator. Karena dilakukan manual sangat berpotensi terjadinya *defect* karena proses cetakan dilakukan berdasarkan *feeling*. Selain itu juga ada penyebab lain pada *method* yaitu tidak adanya *controlling* komposisi campuran *ore* hasil

mining. Jadi, hasil *ore* dari *mining* langsung dikirimkan ke pihak OPP untuk diolah. Ketika *ore* diolah di OPP sering terjadi masalah ukuran *ore* terlalu besar dan atau ukuran *ore* yang ditransferkan ke pihak OPP berukuran seragam atau sama yang menyebabkan terjadinya *choke material*.



Gambar 4.4 Fishbone Diagram pada Motion

Waste motion merupakan salah satu jenis *waste* yang sering terjadi dalam suatu proses produksi. Namun, adanya *waste* ini seringkali diabaikan oleh pihak perusahaan karena dianggap suatu hal biasa yang dilakukan atau bahkan dianggap sebagai bagian dari proses. Jadi bukan suatu masalah jika hal ini terjadi. Padahal *waste motion* ini berkaitan dengan waktu, energi, bahkan biaya sehingga idealnya gerakan-gerakan yang berlebihan atau tidak perlu dilakukan dapat dieleminasi agar produktivitasnya pun dapat meningkat.

Dalam mengidentifikasi akar penyebab masalah dari *motion* ini sama dengan cara mengidentifikasi akar penyebab *defects* sebelumnya yaitu pengidentifikasian untuk menemukan akar penyebab masalah ditinjau dari kategori *man*, *material*, *machine*, dan *method*. Pada kategori *man*, yang menyebabkan munculnya pergerakan yang tidak perlu yaitu disebabkan oleh operator yang tidak fokus dalam bekerja. Hal ini terjadi karena operator tersebut mengerjakan pekerjaan lain tetapi bukan jobdesknya atau operator ini membantu pekerjaan tenaga kerja lain. Alasan operator tersebut melakukan hal itu disebabkan karena keterbatasan SDM yang kompeten. Penyebab dari SDM yang kurang kompeten ini yaitu karena SDM tersebut kurang menguasai pekerjaannya sehingga diperlukan suatu alternatif yang dapat memberikan pemahaman kepada SDM mengenai jobdesknya, tanggung jawab kerja, dan penguasaan terhadap pekerjaan. Selain itu, penyebab lain dari kategori *man* yaitu adanya operator yang mencari peralatan proses karena penataan penempatan yang tidak sesuai atau peralatan diletakkan pada tempat yang tidak seharusnya.

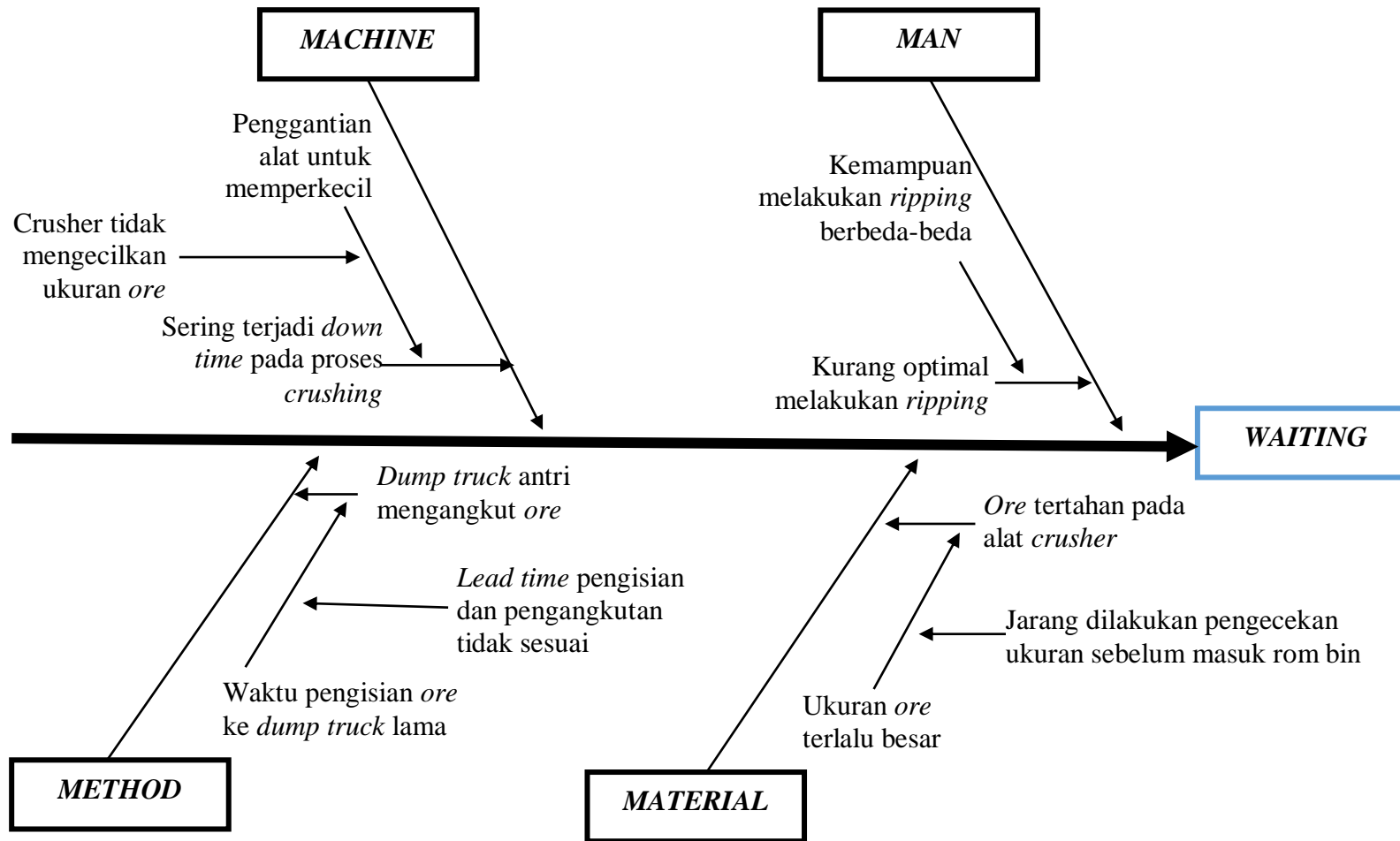
Pada kategori *material*, penyebab yang menimbulkan *motion* yaitu adanya aktivitas pemindahan material yang membutuhkan waktu lama. Hal ini dikarenakan adanya *ore* yang berukuran besar dari *mining* yang dikirimkan ke OPP. Kemudian, operator *mining* harus melakukan aktivitas pengambilan *ore* tersebut untuk dibawa ke *mining* lagi yang kemudian *ore* tersebut dikecilkan lagi ukurannya.

Penyebab masalah pada kategori *machine* yaitu terjadinya *unplanned shutdown* karena sering terjadi kerusakan alat. Berikut ini data *unplanned shutdown* yang terjadi

Tabel 4.10 *Lost Time* Akibat *Unplanned Shut Down*

Bulan	<i>Lost Time</i> (minutes)	Frekuensi
Maret	1103	6
April	212	1
Mei	194	2
Juni	822	4
Juli	666	4
Agustus	3453	9
September	1189	4
Oktober	291	1

Pada kategori *method*, penyebab *motion* yaitu waktu irigasi yang melebihi waktu yang distandardkan perusahaan sehingga tenaga kerja membuang waktu melakukan pergerakan yang seharusnya tidak perlu lagi dilakukan. Waktu irigasi yang telah ditetapkan yaitu paling lama 120 hari. Namun, operator masih saja melanjutkan proses irigasi tersebut melebihi 120 hari. Padahal kandungan emas yang dapat diserap pun sudah sangat sedikit sekali. Aktivitas ini hanya akan membuat pemborosan waktu, biaya, dan energi.



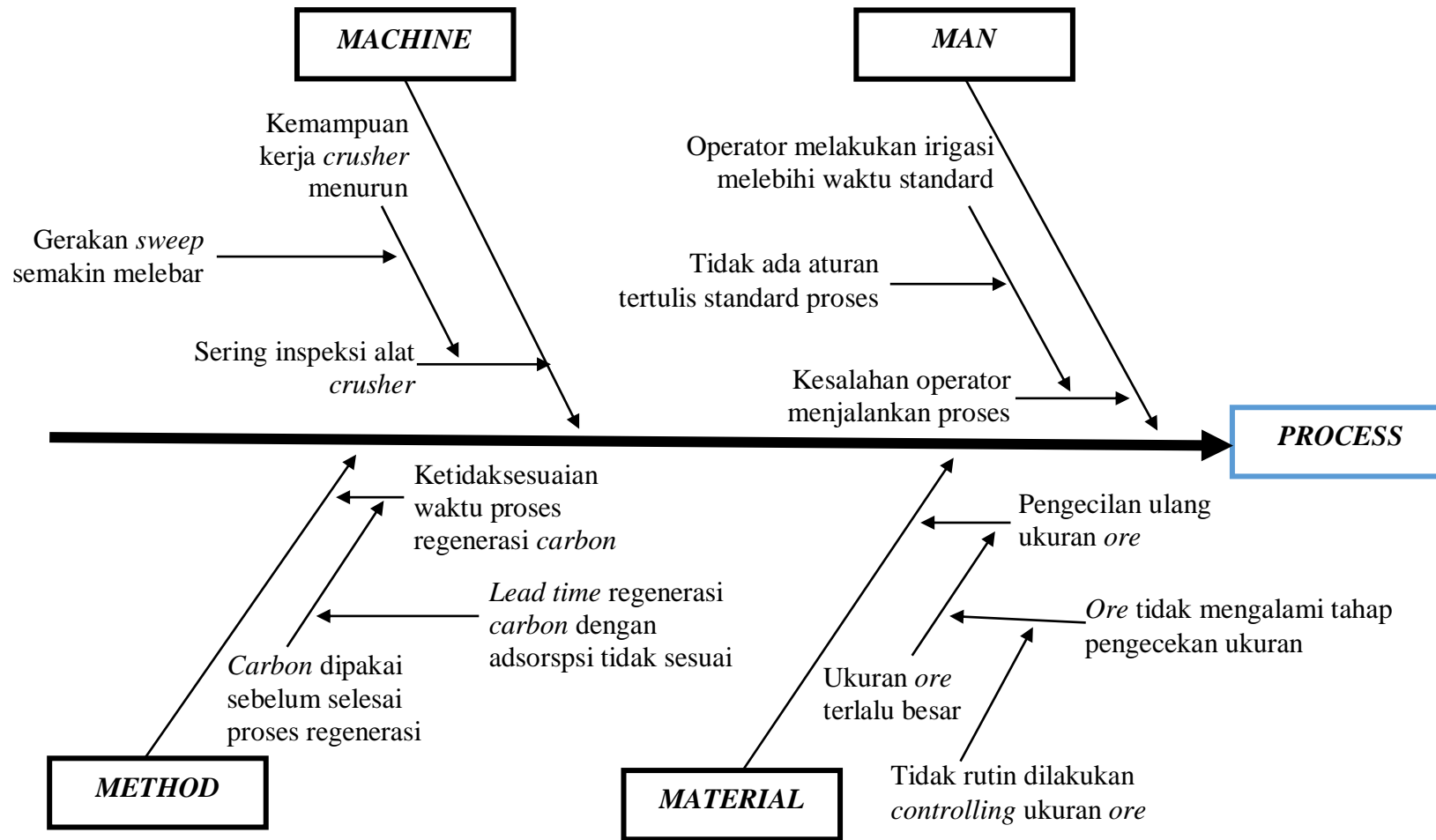
Gambar 4.5 Fishbone Diagram pada Waiting

Waste berikutnya yang dilakukan identifikasi akar penyebab masalahnya juga yaitu jenis *waste waiting*. *Waiting* ini merupakan jenis *waste* yang terjadi karena adanya suatu hal yang membuat menunggu baik prosesnya yang menunggu ataupun SDM yang menunggu tanpa melakukan pekerjaan sama sekali.

Akar penyebab masalah kategori *man* yang menimbulkan terjadinya *waste waiting* yaitu kurang optimalnya operator dalam melakukan *ripping*. *Ripping* yaitu proses penggemburan *ore* sebelum dilakukan proses irigasi untuk menyerap kandungan emas dalam *ore*. Kurang optimalnya proses *ripping* yang dilakukan ini karena kemampuan operator melakukan proses *ripping* berbeda-beda.

Untuk kategori material, penyebab munculnya *waste waiting* yaitu seringnya kejadian *ore* yang tertahan pada alat *crusher* yang dikarenakan ukuran *ore* terlalu besar. Penyebab dari faktor ukuran *ore* yang terlalu besar yaitu karena kurangnya pengecekan ukuran *ore* sebelum masuk ke rom bin untuk kemudian diolah menggunakan alat *crusher*.

Pada kategori *machine*, penyebabnya yaitu sering terjadi *break down* sesaat karena *crusher* tidak mampu mengecilkan ukuran *ore*. Jika hal ini terjadi, maka yang dilakukan bagian produksi adalah menggunakan alat bantu yaitu *rock breaker* untuk memecahkan batuan *ore* yang berukuran besar tersebut. Namun jika *rock breaker* pun tidak mampu memecahkan batuan tersebut, maka batuan tersebut harus diangkat dari dalam alat *crusher* tersebut.



Gambar 4.6 Fishbone Diagram pada Process

Waste Process dalam hal ini dapat diartikan sebagai suatu aktivitas proses yang berlebihan sehingga menimbulkan dampak negatif pada proses produksi. Identifikasi penyebab terjadinya *waste process* ini dengan melihat empat kategori penyebab yaitu *man*, *material*, *machine*, dan *method*. Pada kategori *man*, terjadinya *waste process* dikarenakan kesalahan seorang operator dalam menjalankan proses yaitu proses irigasi. Operator dikatakan melakukan kesalahan karena operator melakukan waktu irigasi melebihi waktu yang telah ditentukan yaitu 60-120 hari. Namun, operator melakukan irigasi melebihi waktu yang ditentukan karena biasanya dengan alasan agar mendapatkan hasil maksimal tapi tanpa melihat segi biaya, waktu yang terbuang, dan kandungan emas yang dapat diserap sudah sangat kecil. Hal ini diakibatkan belum adanya aturan standar proses irigasi secara tertulis.

Kategori *material* yang menyebabkan *waste proses* yaitu material *ore* yang mengalami proses pengecilan ulang karena ukurannya yang terlalu besar. Hal ini disebabkan karena *ore* tersebut tidak mengalami proses *pengecekan* terlebih dahulu setelah *blasting*. Pada kategori *machine*, penyebab masalah yang terjadi yaitu dilakukan inspeksi alat *crusher* yang terlalu sering. Inspeksi ini dilakukan setiap 3 hari sekali karena pada *crusher* sering mengalami penurunan kemampuan kerja. Penurunan *crusher* ini dikarenakan kemampuan *sweep* alat *crusher* menurun sehingga ukuran *ore* yang besar ikut lolos keluar dari *crusher*.

Penyebab masalah pada kategori *method* yaitu adanya ketidaksesuaian waktu proses dari regenerasi *carbon*. *Carbon* digunakan untuk proses adsorpsi kandungan emas dalam PLS. Namun, karena proses regenerasi *carbon* yang lama yaitu 22-24 jam, maka sebelum *carbon* secara 100% teregenerasi harus dihentikan dari proses regenerasi untuk dipakai proses adsorpsi. Hal ini terjadi karena pengaturan *lead time* antara proses adsorpsi dengan regenerasi *carbon* kurang tepat atau sesuai.

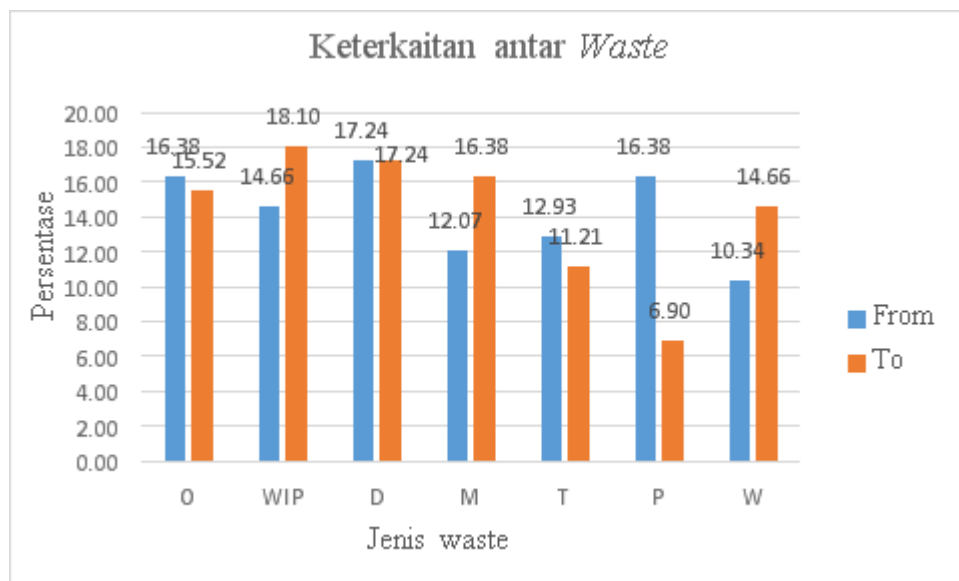
4.6 Pembahasan Hasil Identifikasi Waste

Proses identifikasi *waste* dilakukan melalui wawancara dan diskusi dengan pihak-pihak departemen proses mulai dari *section* OPP, HLO, hingga ADR. Daftar *waste* yang didapatkan kemudian dilakukan identifikasi keterkaitan

antar *waste* tersebut dan pengukuran *waste* menggunakan metode *Waste Assessment Model* (WAM).

4.6.1 Pembahasan Hasil Analisa *Waste Relationship Matrix* (WRM)

Analisa *Waste Relationship Matrix* (WRM) digunakan untuk mengetahui seberapa besar keterkaitan antar *waste* yang terjadi. Berikut ini adalah hasil analisa WRM:



Gambar 4.7 Keterkaitan antar *Waste*

Pada Gambar 4.7 menunjukkan persentase hubungan/keterkaitan antar *waste* yang terjadi pada proses produksi *dore bullion*. Keterkaitan tersebut dibagi menjadi 2 yaitu “*from*” dan “*to*”. “*From*” menunjukkan *waste* yang berpengaruh atau memberikan efek terhadap *waste* lainnya. Sementara “*to*” menunjukkan suatu *waste* yang dipengaruhi atau *waste* tersebut muncul karena adanya *waste* yang lainnya.

Persentase tertinggi dari *waste* “*from*” yaitu *defects* dengan persentase sebesar 17,24%. Hal ini berarti bahwa *waste defects* dapat memberikan pengaruh terhadap munculnya keenam *waste* lainnya. Sedangkan persentase tertinggi dari *waste* “*to*” yaitu *Material Work in Process* (WIP) dengan persentase sebesar 18,10%. *Material WIP* yang memiliki persentase *waste* “*to*” tertinggi

mengindikasikan bahwa *waste* material WIP ini paling banyak dipengaruhi oleh keenam *waste* lainnya.

Berdasarkan observasi yang dilakukan, masalah yang terjadi dan menyebabkan munculnya jenis *waste defects* yaitu tentang kegagalan hasil produk atau material dan kerusakan peralatan proses. Kegagalan yang dimaksudkan disini adalah ketidaksesuaian bentuk produk *dore bullion* dan ukuran *ore* yang akan diolah memiliki ukuran yang seragam atau sama. Ketidaksesuaian bentuk produk *dore bullion* ini dikarenakan pada saat proses pencetakan batangan emas tersebut, ketika larutan emas belum mengisi penuh semua sisi cetakan yang berbentuk balok, larutan tersebut sudah memadat terlebih dahulu. Cetakan ini bentuknya bertumpuk-tumpuk. Larutan emas dialirkan mulai tumpukan yang paling atas terlebih dahulu. Kemudian dari tumpukan atas ketika larutan emas sudah mencapai ketinggian tertentu pada cetakan tersebut, larutan emas akan mengalir terus menerus hingga ke cetakan yang paling bawah. Dari proses ini, cetakan paling bawah yang paling sering mengalami *scrap product* atau hasil cetakannya tidak sempurna seperti bentuk cetakannya. Hal ini membuat pihak produksi harus mengembalikan produk tersebut untuk diproses ulang.

Masalah berikutnya yaitu mengenai ukuran *ore* yang seragam ketika akan diolah di bagian *crushing*. Masalah ini akan menyebabkan terjadinya *choke material* yaitu tertahannya material *ore* di dalam alat *crusher* sehingga alat *crusher* tidak bisa bergerak memperkecil ukuran *ore* dan material *ore* tersebut juga tidak dapat keluar dari alat *crusher* tersebut. Jadi, untuk mengatasi hal tersebut biasanya operator harus mengeluarkan *ore* tersebut menggunakan alat khusus dan proses berikutnya harus berhenti karena menunggu masalah *choke material* ini selesai ditangani.

Masalah tentang kerusakan alat yang biasanya terjadi yaitu tentang menurunnya kemampuan *crusher* dalam menahan ukuran yang tidak diinginkan sehingga ukuran *ore* yang melebihi batas maksimum yang disyaratkan lolos dari *crusher* tersebut. Jika hal ini terjadi, akan berpengaruh pada proses irigasi. Jika ukuran *ore* terlalu besar maka proses penyerapan kandungan emas pada *ore* tersebut tidak dapat berjalan maksimal.

Waste berikutnya yang berpengaruh setelah *waste defect* yaitu *overproduction* dan *process* yang memiliki persentase sama besar 16,38%. Kedua *waste* ini memiliki pengaruh yang sama dalam memicu terjadinya *waste* yang lainnya. Sementara persentase *waste* yang dipengaruhi oleh *waste* lainnya pada peringkat kedua yaitu *waste defects* dengan persentase 17,24% dan yang berada pada peringkat bawahnya yaitu *waste motion* dengan persentase sebesar 16,38%.

Pada umumnya munculnya *waste overproduction* ini pasti dikarenakan hasil produksinya yang melebihi target atau permintaan customer. Pada perusahaan tambang, penentuan jumlah produksi tidak ditentukan dari permintaan customer melainkan ditentukan dari target manajemen. Pihak produksi selalu mengusahakan jumlah hasil produksi memenuhi target bahkan lebih. Alasan melebihkan jumlah produksi ini adalah untuk mengantisipasi kejadian yang tidak diinginkan. Misal ketika tiba-tiba ada *shutdown* yang mengharuskan proses produksi berhenti, masih dapat diatasi dengan persediaan jumlah produksi. Namun, hal ini menyebabkan adanya material *Work in Process* (WIP) dan adanya produk jadi yang menunggu di *inventory*/brankas. Tetapi jika dilihat dari segi bisnis pertambangan, ini bukan menjadi masalah penting.

4.6.2 Pembahasan Hasil Analisa *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ)

Analisa *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ) digunakan untuk menentukan peringkat *waste* yang terjadi pada proses produksi *dore bullion*. WAQ terdiri dari 68 pertanyaan yang menggambarkan tentang aktivitas, kondisi, atau sifat yang mungkin dapat menimbulkan terjadinya *waste*. Kuesioner WAQ terdiri dari dua tipe pertanyaan yaitu “*from*” dan “*to*” serta terdapat 4 kategori pertanyaan yaitu *man*, *material*, *machine*, dan *method*. Berikut ini hasil dari penilaian WAQ secara berurutan dari peringkat terbesar hingga terkecil.

Tabel 4.11 Peringkat Hasil *Waste Assessment*

Peringkat	Jenis Waste	Persentase (%)
1	<i>Defects</i>	20,75
2	<i>Motion</i>	18,42
3	<i>Waiting</i>	17,57
4	<i>Process</i>	14,36
5	<i>Overproduction</i>	11,36
6	<i>Work in Process</i>	10,39
7	<i>Transportation</i>	7,16

Tabel 4.11 menunjukkan hasil penilaian terhadap *waste* yang terjadi. *Waste* yang memiliki peringkat tertinggi yaitu *waste defects* dengan persentase sebesar 20,75%. Kemudian peringkatnya berikutnya yaitu *motion* dan *waiting* dengan persentase sebesar 18,42% dan 17,57%. Ketiga *waste* tersebut dianggap sebagai *waste* yang berpengaruh terhadap proses produksi sehingga perlu dieliminasi agar produksi bisa berjalan lebih efisien lagi.

4.6.3 Pembahasan Hasil Analisa *Waste Priority*

Analisa *waste priority* ini digunakan sebagai penentuan *waste* mana yang perlu dieliminasi berdasarkan peringkatnya yang didapatkan dari hasil *waste assessment* menggunakan WAQ. Dari hasil *waste assessment* yang didapatkan, hasil tersebut cukup mempresentasikan kondisi *waste* tersebut di perusahaan yang didukung dengan adanya data untuk mendukung representasi *waste* tersebut. Berikut ini *waste* yang memiliki persentase tinggi:

1. *Waste Defects*

Dari hasil *waste assessment questionnaire*, peringkat pertama yang memiliki persentase terbesar adalah *waste defect* yaitu sebesar 20,75%. Hasil ini kemudian dihubungkan dengan kondisi perusahaan untuk membuktikan kesesuaian hasil tersebut dengan kondisi yang sebenarnya. Kemudian hasil yang diperoleh yaitu adanya *waste defects* sesuai dengan kondisi perusahaan dengan sering tiba-tiba terjadi alat yang rusak ataupun ketidaksesuaian ukuran

material bahkan kegagalan produk. Misalnya terkait material yang *defect*, material *ore* dari hasil *mining* dikirimkan ke pihak OPP untuk dikecilkan ukurannya dan diproses menjadi agglomerat. Namun, pada kenyataannya, material *ore* yang dikirimkan dari pihak *mining* memiliki ukuran yang seragam atau sama sehingga ketika *ore* tersebut masuk ke dalam alat crusher akan berpotensi material tersebut tertahan di alat tersebut. Karena hal tersebut crusher tidak dapat bergerak memperkecil ukuran *ore* tersebut. Selain itu, akibat hal tersebut, proses berikutnya harus berhenti menunggu *ore* tersebut dapat diangkat atau dihancurkan menggunakan *rock breaker*. Apalagi, proses crushing ini adalah proses awal dalam pengolahan *ore* menjadi emas, sehingga akan sangat berpengaruh terhadap proses-proses berikutnya. Oleh karena itu, masalah ini perlu ditangani agar proses bisa berjalan dengan efisien.

2. *Waste Motion*

Waste motion berada pada peringkat kedua yang memiliki persentase terbesar setelah *waste defects*. Persentase dari *waste motion* yaitu sebesar 18,42%. Contoh masalah dari *waste motion* ini yaitu tentang material *handling*. Pihak *mining* mengirimkan *ore* ke OPP, namun terkadang *ore* yang dikirimkan melebihi ukuran yang disyaratkan sehingga pihak operator *mining* harus datang lagi ke OPP dan melakukan material *handling* menuju *mining* untuk dilakukan pengecilan ukuran. Dengan jarak yang jauh, operator harus melakukan pergerakan yang berlebihan karena alat pemecah atau pengecil ukuran *ore* yang besar tidak ada di pihak OPP. Selain itu, operator *control room* juga sering terlihat turun ke area proses produksi untuk membantu pekerjaan. Dengan jumlah SDM yang cukup, tapi dalam melakukan *jobdesk*, beberapa orang harus melakukan pekerjaan ganda yang bukan tanggung jawabnya. Namun, jika menurut perusahaan hal ini bukanlah menjadi suatu masalah karena sudah dianggap bagian dari proses dan untuk melakukan *back up* terhadap suatu pekerjaan agar proses berjalan lancar. Adanya masalah tersebut akan berdampak pada aktivitas-aktivitas lainnya dalam hal efisiensi waktu dan energi.

3. *Waste Waiting*

Waste berikutnya yang berada pada peringkat ketiga yaitu *waste waiting* dengan persentase sebesar 17,57%. Terjadinya *waste waiting* ini salah satunya disebabkan oleh *ponding*. *Ponding* merupakan peristiwa terjadinya genangan air pada area irigasi. Jika terjadi *ponding* maka proses irigasi tidak dapat berjalan lancar karena aliran larutan yang telah menyerap kandungan emas tidak bisa berjalan lancar menuju kolam *Pregnant Leach Solution* (PLS) ataupun *Intermediete Leach Solution* (ILS) karena adanya *ponding* ini. Masalah *ponding* disebabkan karena kurang optimalnya ketika melakukan proses *ripping ore* ketika sebelum dimulainya proses irigasi. Jadi, ketika proses *ripping* kurang maksimal, kegemburan *ore* juga kurang optimal yang lama-kelamaan jika *ore* dialiri aliran NaCN terus-menerus akan membentuk genangan. Untuk mengatasi *ponding* ini, proses irigasi harus dihentikan sementara yang berarti bahwa secara otomatis proses juga ikut terhenti. Setelah proses irigasi dihentikan, kemudian dilakukan *uninstall* pipa irigasi. Setelah itu dilakukan *ripping* ulang agar *ore* berada pada kondisi gembur lagi. Selanjutnya, pihak produksi melakukan pemasangan atau *install* ulang pipa irigasi lagi dan melanjutkan proses irigasi yang sempat terhenti.



Gambar 4.8 Terjadinya *Ponding* pada Proses Irigasi

4. *Waste Process*

Waste Process merupakan *waste* yang memiliki peringkat tertinggi keempat yang masih memiliki persentase cukup besar yaitu 14,36 %. *Waste Process* ini muncul karena adanya permasalahan proses irigasi dan regenerasi

carbon. Proses irigasi mengalami waktu proses yang berlebihan yaitu melebihi standard maksimalnya 120 hari. Proses yang berlebihan ini dilakukan dengan alasan agar mendapatkan hasil kandungan emas yang maksimum. Namun, ketika melakukan kegiatan untuk memaksimalkan hasil, harus dilihat terlebih dahulu pertimbangan-pertimbangan faktor negatif maupun positifnya. Proses irigasi yang di atasnya 120 hari, akan sangat sedikit dapat menyerap kandungan emas. Jika hal ini terus dilakukan akan membuat waktu proses terbuang lama dan biaya pun meningkat. Masalah *inefficient process* berikutnya yaitu mengenai proses regenerasi *carbon*. Proses regenerasi *carbon* membutuhkan waktu 22-24 jam, sementara proses adsorpsi selama 2 jam. Namun, *carbon* tinggal di dalam *vessel adsorption* selama 12 hari. Setelah 12 hari, *carbon* mengalami regenerasi *carbon*. Dari hal ini lah harus dicari *lead time* yang sesuai antara kedua proses yang saling berhubungan ini.

4.7 Evaluasi dan Perbaikan

Berdasarkan daftar akar penyebab permasalahan tersebut digunakan sebagai cara untuk menentukan alternatif rekomendasi perbaikan dalam mengeliminasi atau mereduksi adanya *waste* tersebut. Usulan rekomendasi yang dapat diberikan dan diterapkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.12 Rekomendasi Perbaikan *Waste*

<i>Waste</i>	Kategori	Penyebab	Rekomendasi Perbaikan
<i>Defects</i>	<i>Man</i>	Penanganan produk kurang sesuai atau optimal	Adanya pelatihan untuk karyawan dalam material <i>handling</i> (<i>Standardized work</i>)
	<i>Material</i>	Terjadinya <i>Choke material</i>	<i>Controlling</i> mengenai komposisi ukuran <i>ore</i> (<i>tool Kamishibai</i>)
		Hasil cetakan <i>dore</i>	Menggunakan bentuk

		<i>bullion</i> tidak sesuai	cetakan yang tertutup agar larutan emas tidak cepat memadat dan cetakan bawah bisa terisi full
	<i>Machine</i>	Terjadinya <i>down time</i> atau <i>breakdown</i>	Meningkatkan efisiensi alat <i>crusher</i> dalam mengecilkan ukuran (<i>tool TPM</i>)
	<i>Method</i>	Proses pencetakan <i>dore bullion</i> dilakukan secara manual	Membuat sistem otomatis untuk <i>filling</i> larutan emas ke cetakan dengan cara mengatur <i>flowrate</i> -nya terhadap waktu tertentu
		Kurangnya <i>controlling</i> ukuran <i>ore</i>	Membuat prosedur kerja tentang uji ukuran <i>ore</i> atau komposisi ukuran <i>ore</i> sebelum proses pengolahan <i>ore</i> (<i>standardized work</i>)
<i>Motion</i>	<i>Man</i>	Operator tidak fokus bekerja	Membuat <i>standardized work</i> agar setiap pekerja dapat melakukan pekerjaannya masing-masing tanpa melakukan pekerjaan yang bukan menjadi tanggung jawabnya.
		Operator mencari dan mengambil peralatan kerja	Menerapkan 5S di lingkungan kerja agar penempatan peralatan lebih tertata untuk memudahkan pekerjaan
	<i>Material</i>	Pemindahan <i>ore</i> yang berukuran besar	<i>Controlling</i> ukuran <i>ore</i> sebelum <i>ore</i> ditranferkan ke

		membutuhkan waktu yang lama	pihak OPP untuk diolah (<i>tool Kamishibai</i>)
	<i>Machine</i>	Terjadinya <i>Unplanned shut down</i>	Mengoptimalkan kinerja <i>maintenance</i> dalam melakukan perawatan dan pengawasan terhadap kinerja alat
	<i>Method</i>	Proses irigasi melebihi waktu yang telah ditetapkan oleh pihak produksi	Pembuatan Tata Kerja Individu (TKI) dalam melaksanakan proses irigasi (<i>standardized work</i>)
<i>Waiting</i>	<i>Man</i>	Kurang optimal melakukan <i>ripping</i>	Adanya pengawasan untuk proses <i>ripping</i> , dan training untuk operator dalam melakukan proses tersebut
	<i>Material</i>	<i>Ore</i> tertahan pada alat <i>crusher</i>	<i>Controlling</i> mengenai komposisi ukuran <i>ore</i> (<i>tool Kamishibai</i>)
	<i>Machine</i>	Sering terjadi <i>down time</i> pada alat proses <i>crushing</i>	Meningkatkan kemampuan alat <i>crusher</i> untuk memperkecil ukuran atau mengganti alat <i>crusher</i> (<i>tool TPM</i>)
	<i>Method</i>	Antrian <i>dump truck</i> dalam di <i>load out</i> pada proses pengisian agglomerat ke <i>dump truck</i> untuk kemudian diangkut	Menghitung <i>lead time</i> yang tepat mengenai waktu pengisian, waktu pengangkutan hingga ke tempat yang dituju.
<i>Process</i>	<i>Man</i>	Kesalahan operator melakukan proses <i>irigasi</i>	Menerapkan <i>standardized work</i> dengan membuat

			standard proses irigasi dan tata kerja individu (TKI) dalam aktivitas proses irigasi
	<i>Material</i>	Ukuran <i>ore</i> harus dkecilkan ulang	menerapkan kegiatan <i>controlling</i> ukuran <i>ore</i> sebelum digunakan pada proses pengolahan
	<i>Machine</i>	Seringnya inspeksi <i>crusher</i> karena kemampuan memperkecil ukuran <i>ore</i> menurun	Meningkatkan efektifitas kinerja <i>crusher</i>
	<i>Method</i>	Ketidaksesuaian waktu proses regenerasi <i>carbon</i> dengan <i>adsorption</i>	Mengatur lamanya <i>lead time</i> untuk proses regenerasi <i>carbon</i>
Menambah jumlah <i>carbon</i>			
Menambah <i>vessel</i> regenerasi <i>carbon</i>			

4.7.1 Perbaikan *Waste Defects*

Menurut (Rewers et al., 2016), beberapa *tools* yang dapat digunakan untuk mengatasi *waste defect* dalam kesalahan atau kualitas produk yaitu *Poka Yoke*, *Jidoka*, dan *Kamishibai*. Dari beberapa pilihan *tools* perbaikan tersebut, yang paling relevan diterapkan untuk rekomendasi perbaikan yaitu *tools Kamishibai*. *Kamishibai* merupakan seperangkat audit sederhana yang dirancang untuk mengontrol pekerjaan, penggunaan metode *lean*, serta untuk mengajarkan seseorang yang melakukan pengendalian menemukan perbaikan yang mungkin terjadi pada proses atau posisi. Jadi, melalui *tools* ini dapat dibuat suatu aturan *controlling* atau pengawasan terhadap ukuran *ore* dari tahap *mining*. Hal ini bisa dilakukan dengan cara ketika proses *drilling* selesai maka dilanjutkan langkah

seleksi ukuran *ore* yaitu memisahkan ukuran *ore* yang melebihi ukuran maksimum dengan *ore* yang ukurannya sesuai yang disyaratkan. *Controlling* ukuran *ore* ini dengan menggunakan *Kamishibai control board* sebagai berikut:

Tabel 4.13 Contoh Pengawasan Seleksi Ukuran *Ore* Menggunakan *Kamishibai Control Board*

Line 1: Kamishibai Board					
Responsible lead :					
Date :					
No.	Ore Size		Problem statement	Root Cause	Countermeasure
	OK	NO			
1.					
2.					
3.					

Dari tabel 4.13 maka akan diketahui adanya ukuran *ore* yang berlebihan atau tidak dari hasil *blasting*. Jika ada, maka kolom *ore size* dijawab dengan cara dicentang kemudian dilanjutkan dengan mengsisikan masalah hingga tindakan yang harus dilakukan jika ukuran *ore* tersebut berlebihan. Tabel tersebut diberikan kepada pihak operator/supervisor yang melakukan pengawasan terhadap proses seleksi ukuran *ore* tersebut.

Perbaikan kedua untuk mengatasi ketidaksesuaian hasil cetakan *dore bullion* juga dengan berlandaskan *tools Kamishibai* yaitu dengan melakukan pengendalian untuk perbaikan proses. Pengendalian ini dapat dilakukan dengan beberapa pilihan alternatif berikut ini:

1. Mengganti cetakan bertumpuk dengan cetakan sejajar/tidak bertumpuk.
2. Mengatur *flowrate* pengisian larutan emas hasil *smelting* ke cetakan yang disesuaikan dengan volume cetakan batangan emas/*dore bullion*. Dalam menentukan *flowrate* tersebut juga harus beracuan pada parameter suhu dan waktu. Karena semakin rendah suhunya, maka larutan tersebut akan cepat memadat.

4.7.2 Perbaikan *Waste Motion*

Untuk mengatasi masalah *motion, tools* yang dapat digunakan yaitu 5S dan *Standardized Work*. Metode 5S merupakan salah satu elemen yang penting dalam melakukan penerapan *Lean Management* yang saat ini sedang populer. 5S adalah suatu sistem untuk mengurangi pemborosan dan mengoptimalkan produktivitas melalui terciptanya tempat kerja yang teratur, rapi, sistematis dengan menggunakan isyarat visual untuk mencapai hasil operasional yang efektif jika jalankan dengan konsisten. Istilah 5S berasal dari bahasa Jepang yang dikenal sebagai singkatan dari:

1. *Seiri* (Pemilahan)

Mengidentifikasi dan menyisahkan yang tidak diperlukan dari area kerja dengan hanya menyisahkan item yang diperlukan saja. Kondisi pada perusahaan ini masih menunjukkan adanya peralatan yang tidak digunakan tetapi masih berada di area kerja.

2. *Seiton* (Penataan)

Merupakan kegiatan penataan yang berarti material dan peralatan di area kerja harus ditata secara sistematis untuk memudahkan ketika akan digunakan sehingga kerja menjadi lebih efisien serta memungkinkan barang yang hilang dan kurang dapat teridentifikasi dengan cepat. Pada perusahaan ini ditemukan adanya peralatan pipa yang diameternya tidak sama tetapi diletakkan pada satu tumpukan di area penyimpanan pipa meskipun pipa-pipa tersebut kegunaannya sama-sama digunakan irigasi. Hal ini akan meyusahkan pengambilan ketika pipa dengan diameter tersebut akan digunakan.

3. *Seiso* (Pembersihan)

Melakukan pembersihan secara sistematis dan konsisten di sekitar area kerja agar membuat pekerjaan sehari-hari menjadi lebih mudah, rapi, bersih dan efisien. Tujuan dari kebersihan adalah untuk menghilangkan semua debu dan kotoran dan menjaga tempat kerja selalu bersih. Dalam menjalankan program ini, semua pekerja di dalam perusahaan wajib melaksanakannya. Pada perusahaan tambang emas ini, penerapan pembersihan sudah dilakukan dengan cukup baik.

4. *Seiketsu* (Standardisasi)

Merupakan kegiatan standarisasi yang mengikuti standar atau aturan yang telah ditetapkan. Perusahaan membuat standar atau prosedur pada setiap area kerja. Standar yang sudah dibuat dikomunikasikan secara aktif kepada seluruh pekerja supaya dapat dipahami dan dimengerti dengan baik. Dengan diterapkannya standar yang sudah dibuat diharapkan pekerja bekerja sesuai dengan prosedur, pekerja lebih terampil dalam bekerja sehingga waktu dalam bekerja menjadi lebih efisien. Kondisi perusahaan menunjukkan belum adanya standar yang spesifik terkait waktu proses dan tugas kerja sehingga kinerja per individu belum bisa optimal.

5. *Shitsuke* (Pembiasaan)

Membuat suatu budaya dengan seperangkat nilai-nilai bersama dengan mempertahankan semua dari ke empat hal di atas. Dalam hal ini perusahaan harus membuat program 5S yang sudah dibuat sebagai suatu budaya perusahaan yang harus dilakukan secara terus menerus. Hal ini bisa dilakukan dengan memasang slogan maupun foto lingkungan kerja yang berkaitan dengan program 5S. Perlu dilakukan audit untuk program 5S sebulan sekali sebagai evaluasi implementasi program agar dapat berjalan dengan baik dan mengalami peningkatan.

Tools berikutnya yang dapat digunakan yaitu *standardized work* yang merupakan alat untuk perbaikan kerja dan meningkatkan keberlanjutan proses. Yang perlu dibuat standarisasi kerja ini yaitu meliputi *jobdesk* atau tugas kerja dari masing-masing operator atau karyawan agar semua karyawan bisa terfokus mengerjakan pekerjaan tanpa melakukan tugas pekerjaan ganda atau yang tidak seharusnya. Di samping itu, juga perlu dibuat standarisasi proses waktu irigasi. Jika waktu irigasi telah ditetapkan pada lama waktu tertentu, maka pihak proses irigasi harus mematuhi standar proses tersebut.

4.7.3 Perbaikan *Waste Waiting*

Pada *waste waiting* dapat menggunakan *tools* yaitu TPM untuk mengetahui keefektifan suatu alat. Namun yang perlu difokuskan disini adalah efektivitas pada proses *crushing*. Karena proses ini sering terjadi *breakdown* karena alat *crusher* tidak mampu memotong *ore*, penurunan ketelitian *crusher*

dalam memperkecil dan menyaring ukuran *ore*, serta adanya kerusakan mekanik pada alat *belt conveyor* pada proses *crushing ore*. Berikut ini langkah-langkah perbaikan menggunakan TPM:

1. Menghitung *availability crusher*

$$\begin{aligned} \text{Total waktu kerja keseluruhan} &= 2 \text{ shift/hari} \times 12 \text{ jam/shift} \times 60 \text{ menit/hari} \\ &= 1440 \text{ menit/hari} \end{aligned}$$

$$\text{Total lost time pada crusher 1} = 230,28 \text{ menit/hari}$$

$$\text{Total lost time pada crusher 2} = 217,30 \text{ menit/hari}$$

Data *lost time* dapat dilihat pada Lampiran 9.

$$\text{Availability crusher 1} = \frac{\text{total waktu kerja} - \text{total lost time}}{\text{total waktu kerja}} \quad (4.12)$$

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan *Availability*

	mesin 1	mesin 2
<i>Availability</i>	84%	85%

2. Menghitung nilai *Performance Crusher*

$$\text{Kapasitas crusher 1} = 900 \text{ ton/jam} = 19800 \text{ ton/hari}$$

$$\text{Kapasitas crusher 2} = 900 \text{ ton/jam} = 19800 \text{ ton/hari}$$

$$\text{Output crusher 1} = 10655 \text{ ton/hari}$$

$$\text{Output crusher 2} = 11609 \text{ ton/hari}$$

$$\text{Performance crusher} = \frac{\text{Output}}{\text{Kapasitas}} \quad (4.13)$$

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan *Performance*

	mesin 1	mesin 2
<i>Perfomance</i>	54%	65%

3. Menghitung Nilai *Quality*

Jumlah produk *crusher* 1 = 10655 ton/hari
 Jumlah produk *crudher* 2 = 11609 ton/hari
 Jumlah *good product* pada *crusher* 1 = 10382 ton/hari
 Jumlah *good product* pada *crusher* 2 = 11404 ton/hari

$$Quality\ crusher = \frac{good\ product}{jumlah\ produk} \quad (4.14)$$

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan *Quality*

	mesin 1	mesin 2
Quality	97%	98%

4. Menghitung nilai *Overall Effectiveness Equipment*

Cara menghitung nilai OEE menggunakan persamaan berikut ini

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \quad (4.15)$$

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan OEE

	mesin 1	mesin 2
<i>Availability</i>	84%	85%
<i>Perfomance</i>	54%	65%
<i>Quality</i>	97%	98%
OEE	44%	54%

Dari hasil perhitungan OEE di atas, dapat dianalisa keefektifan proses *crushing* pada produksi *dore bullion*. Nilai OEE masih belum memenuhi nilai ideal dari OEE.

Tabel 4.18 Standar Nilai Ideal OEE

Faktor OEE	Standar Nilai Ideal
<i>Availability</i>	$\geq 90\%$
<i>Performance</i>	$\geq 95\%$
<i>Quality</i>	$\geq 99\%$
<i>Overall Effectiveness Equipment (OEE)</i>	$\geq 85\%$

Sumber : Boris, 2006

Berdasarkan nilai ideal OEE yang tercantum pada Tabel 4.18 menunjukkan ketiga faktor OEE pada perusahaan ini belum mencapai standar nilai tersebut sehingga diperlukan upaya untuk meningkatkan *availability*, *performance*, dan *quality*. Melalui metode TPM ini diharapkan dapat meningkatkan nilai OEE. Berikut ini cara yang bisa dilakukan untuk meningkatkan hasil OEE tersebut:

1. Faktor *availability* dapat ditingkatkan dengan cara mengurangi *lost time* pada tiap-tiap kejadian penyebab *lost time*. Seperti misalnya mengurangi waktu *unplanned shutdown* yang terjadi dengan menerapkan *preventif* atau *predictive maintenance*.
2. Nilai *performance* dapat ditingkatkan dengan cara meningkatkan *output* produksi. Namun, peningkatan output pada perusahaan ini harus disesuaikan juga dengan kemampuan produksi pada *section* HLO. Karena proses produksi pada HLO menerapkan metode konvensional dengan menggunakan metode *leaching* di tempat terbuka sehingga kemampuan jumlah produk yang dapat di-*leaching* tergantung pada luas area yang digunakan *leaching*.
3. Nilai *Quality* hampir mencapai standar nilai ideal yang ditetapkan. Peningkatan ini dapat dilakukan dengan mengurangi jumlah produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi melalui peningkatan kemampuan alat *crusher* dalam memperkecil *ore* dan menyeleksi ukuran *ore* yang berukuran besar terlebih dahulu agar *ore* yang berukuran lebih besar tidak lolos begitu saja dari *crusher*.

4.7.4 Perbaikan *Waste Process*

Usaha yang dapat dilakukann untuk mengurangi atau mengatasi terjadinya *waste process* yaitu dengan membuat *standardized work* dalam melakukan aktivitas irigasi agar irigasi tidak dilakukan hingga melebihi batas waktu standardnya.

Berikutnya membuat waktu proses yang sesuai dengan *lead time* antara 2 proses yang saling berhubungan yaitu regenerasi *carbon* dengan *adsorption*. Waktu yang dibutuhkan untuk proses *adsorption* adalah 48 jam. Sementara waktu yang dibutuhkan untuk regenerasi *carbon* yaitu selama 24 jam. Jika ditinjau dari tingkat optimal kinerja *carbon* dalam menyerap kandungan emas yaitu selama 25 jam. Sedangkan setelah waktu 25 jam, maka kemampuan *carbon* dalam menyerap kandungan emas akan menurun hingga 80%. Sehingga dari penjelasan tersebut dapat diberikan alternatif penyelesaian yaitu melakukan *loaded carbon* 2-3 kali dalam proses *adsorption* selama 48 jam tersebut atau menambah jumlah persediaan karbon. Jadi ketika karbon digunakan untuk *adsorption*, masih ada carbon yang sedang diregenerasi ulang. Melalui perbaikan tersebut diharapkan dapat membuat proses lebih efisien karena proses *adsorption* tidak terhambat dan *carbon* yang digunakan untuk menyerap juga bisa bekerja optimal.

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisa, *waste* yang terjadi pada proses produksi dan mempengaruhi proses yaitu:
 - a. *Waste Defects* : kerusakan alat *crusher* yang digunakan untuk mengecilkan ukuran *ore* dan ketidaksesuaian hasil bentuk cetakan *dore bullion*
 - b. *Waste Motion* : operator yang melakukan kerja tidak sesuai jobdesknya dan pergerakan ulang mengambil/mencari peralatan.
 - c. *Waste Waiting* : terjadinya *ponding* pada proses irigasi
 - d. *Waste Process* : waktu proses regenerasi *carbon* tidak sesuai dengan waktu *adsorption*
2. Berdasarkan hasil analisa *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ) didapatkan *waste* yang memiliki peringkat tertinggi yaitu *defects* sebesar 20,75%, *motion* sebesar 18,42%, dan *waiting* sebesar 17,57%, serta *process* sebesar 14,36%.
3. *Waste defects* yang terjadi disebabkan oleh operator yang menangani pencetakan emas secara manual kurang teliti sehingga hasil cetakan tidak sesuai yang diinginkan, terjadinya *choke material*, terjadinya *down time* atau *brekdown* akibat kerusakan alat, dan kurangnya *controlling* terhadap ukuran *ore* sebelum diolah.
4. *Waste Motion* yang terjadi disebabkan oleh operator yang tidak fokus terhadap pekerjaannya dengan melakukan pekerjaan lain yang bukan tanggung jawabnya karena keterbatasan SDM yang kompeten, operator yang harus mengulang pemindahan *ore* karena ukurannya tidak sesuai.
5. *Waste Waiting* yang terjadi disebabkan oleh operator kurang optimal melakukan *ripping* sehingga terjadi *ponding*, *ore* tertahan pada alat *crusher*

yang harus menghentikan proses, dan sering terjadi *down time* pada alat *crusher*.

6. *Waste Process* terjadi dikarenakan ada waktu proses yang berlebihan pada proses irigasi yaitu melebihi 120 hari dan ketidaksesuaian jadwal atau *lead time* antara proses yang saling berhubungan yaitu regenerasi *carbon* dengan *adsorption*.
7. Rekomendasi perbaikan untuk permasalahan *waste* yang terjadi pada proses produksi *dore bullion* yaitu:

a *Defects*

- Penerapan *tools* Kamishibai dengan melakukan *controlling* terhadap komposisi ukuran *ore* yang akan diolah
- Menambahkan mesin/sistem otomatis untuk mengisi larutan emas ke cetakan sebagai usaha untuk memperbaiki proses
- Peningkatan efektivitas alat *crusher*

b *Motion*

- Menetapkan standardisasi kerja dengan membuat TKI pada proses irigasi
- Menetapkan standardisasi kerja untuk masing-masing individu dalam melaksanakan tugasnya
- Menerapkan 5S di lingkungan kerja

c *Waiting*

- *Controlling* ukuran *ore*
- *Total Predictive Maintenance* (TPM) dengan meningkatkan kemampuan alat *crusher* memperkecil ukuran
- Perhitungan *lead time* pengisian agglomerat ke dump truck hingga pengiriman agglomerat ileh dump truck ke area *stacking* atau irigasi
- Pengoptimalan kinerja *maintenance* dalam melakukan pengawasan dan perawatan alat

d. *Process*

- *Standardized proses* tentang proses irigasi
- *Standardized work* untuk operator irigasi

- Pengaturan ulang jadwal lama waktu proses regenerasi *carbon* dengan *adsorption*

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka saran untuk peneliti selanjutnya yaitu:

1. Objek penelitian dapat dilakukan pada pertambangan lain, misal pertambangan batu bara, nikel, dll.
2. Pemahaman tentang proses yang efisien dan produktif kepada tenaga kerja dapat membantu kelangsungan proses produksi.
3. Analisa *waste* yang dilakukan dapat dikembangkan lagi mulai dari pihak supplier peralatan hingga ke proses pengiriman produk jadi ke customer atau pihak kedua yang mengolah lagi produk tersebut.
4. Untuk peneliti selanjutnya dapat lebih detail lagi dalam mengidentifikasi aktivitas *waste*. Tidak hanya aktivitas yang bernilai *non value added* tapi juga aktivitas *necessary non value added*.

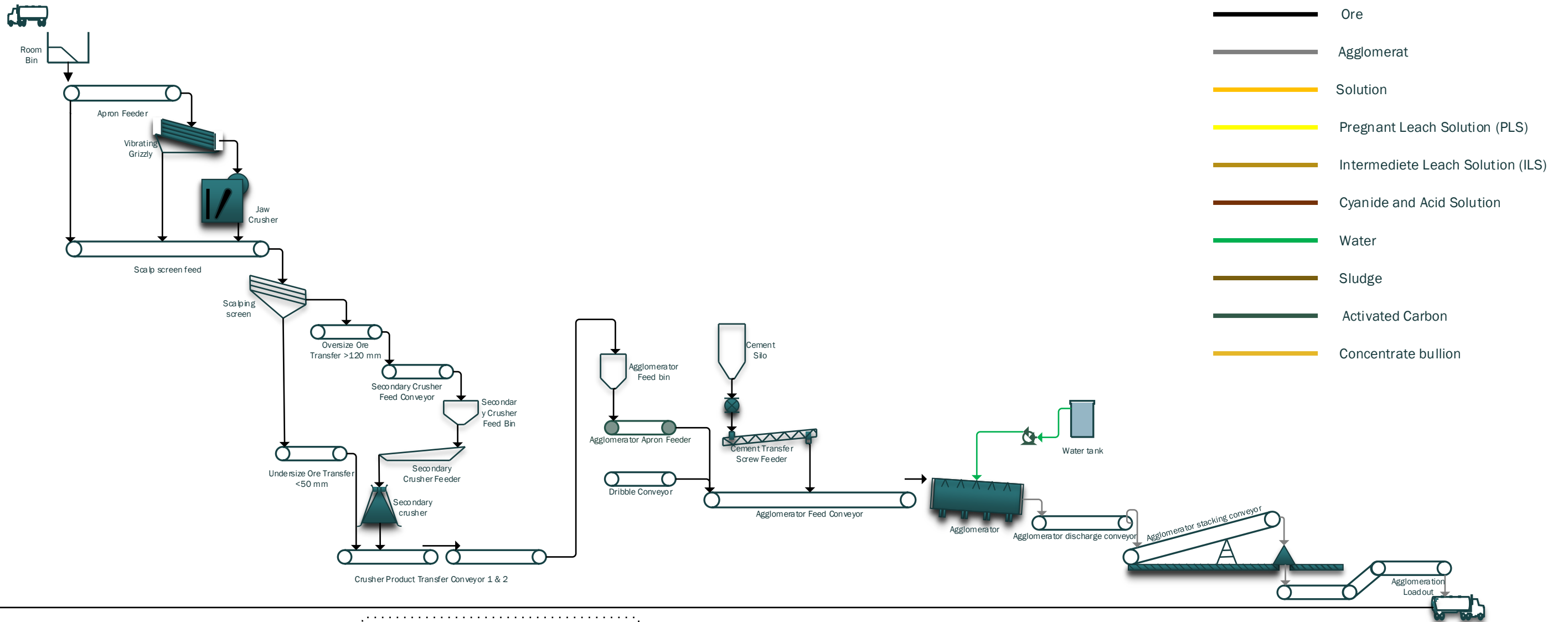
Halaman ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

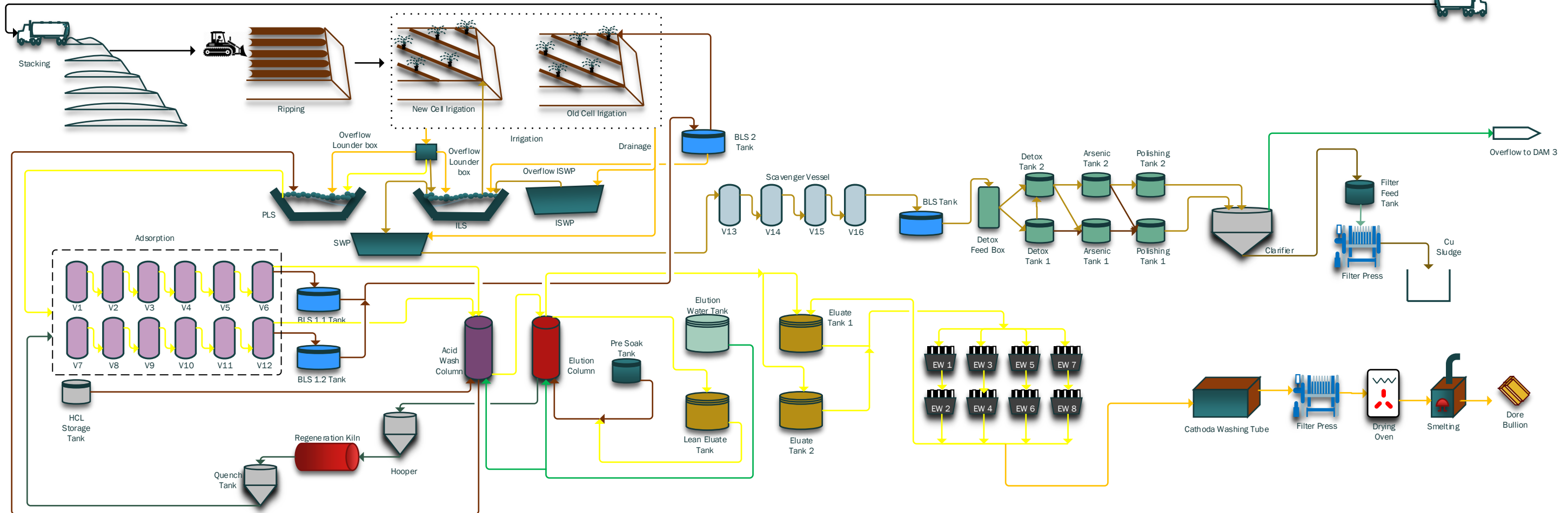
- Abhishek Dixit, Vikas Dave, & Alakshendra Pratap Singh. (2015). Lean Manufacturing: An Approach for Waste Elimination. *International Journal of Engineering Research And*, V4(04). <https://doi.org/10.17577/ijertv4is040817>
- Boris, S. (2006). *Total Productive Maintenance*. Mc Graw-Hill. USA
- El-namrouty, K. A., & Abushaaban, M. S. (2013). *Seven wastes elimination targeted by lean manufacturing case study “ gaza strip manufacturing firms ”*. 1(2), 68–80. <https://doi.org/10.11648/j.ijefm.20130102.12>
- Ershadi, M. J., & Aiassi, R. (2018). *Root cause analysis in quality problem solving of research information systems : A case study Root cause analysis in quality problem solving of research information systems : a case study Mohammad Javad Ershadi * Roozbeh Aiassi and Shirin Kazemi*. (January). <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2018.091797>
- Fahad, M. (2017). *Implementation of Waste Assessment Matrix and Line Balancing For Productivity Improvement in a High Variety / High Volume Manufacturing Plant IMPLEMENTATION OF WASTE ASSESSMENT MATRIX AND LINE BALANCING FOR PRODUCTIVITY IMPROVEMENT IN A HIGH VARIETY / HIG. M*(May 2015).
- Gupta, V., Bansal, R. K., & Goel, V. K. (2015). *LEAN MANUFACTURING : A REVIEW*. 3(2), 176–180.
- Indrawati, S., & Ridwansyah, M. (2015). Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application. *Procedia Manufacturing*, 4(January), 528–534. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.072>
- Liliana, L. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 161(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012099>
- Lööw, J., & Johansson, J. (2017). An Overview of Lean Production and its Application in Mining. *Mineral Resources and Mine Development*,

- (September), 121–136.
- Mikhalchenko, V., Rubanik, Y., Osokina, N., & Mikhalchenko, A. (2016). *qLean productionq in the coal mining industry*. 33–38. <https://doi.org/10.2991/coal-16.2016.7>
- Nadeau, S., Morency, F., & Nsango Jr, J. R. (2015). The contextualization of lean manufacturing in the mining sector: foreseeable challenges to occupational health and safety. *19th Triennial Congress of the IEA*, (August), 1–5.
- Nimisha, M., Kamath Krishnananda, & Shabaraya, A. R. (2016). Conducting root cause analysis and its implementation : a perspective. *Manipal Journal of Phramaceutical Sciences*, 2(2), 21–25.
- Pandya, N., Kikani, P., & Acharya, G. D. (2017). *Analyze the Value Stream Mapping for Lead Time Reduction by Lean : A Review Analyze the Value Stream Mapping for Lead Time Reduction by Lean : A Review*. (April).
- Rawabdeh, I. A. (2005). A model for the assessment of waste in job shop environments. *International Journal of Operations and Production Management*, 25(8), 800–822. <https://doi.org/10.1108/01443570510608619>
- Rewers, P., Trojanowska, J., & Chabowski, P. (2016). Tools and Methods of Lean Manufacturing - A Literature Review. *7th International Technical Conference TECHNOLOGICAL FORUM 2016*, (June), 0–6.
- Seifullina, A., Er, A., Nadeem, S. P., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2018). A Lean Implementation Framework for the Mining Industry. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1149–1154. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.435>
- Sriwana, I. K. (2019). *Proposed Improvement of Line Balance Efficiency with Value Stream Mapping and Yamazumi Chart at PT.PAI*. 20, 33–44.
- Weigel, A. L. (2000). *Review of Lean thinking by Womack and Jones*. (November).
- Yadrifil. (2017). *Implementation of Lean Manufacturing System To Eliminate Wastes on The Production Process of Line Assembling Electronic Car Components With WRM And VSM Method*. 1153–1169.

PROCESS FLOW DIAGRAM PENGOLAHAN DORE BULLION



- Ore
- Agglomerat
- Solution
- Pregnant Leach Solution (PLS)
- Intermediete Leach Solution (ILS)
- Cyanide and Acid Solution
- Water
- Sludge
- Activated Carbon
- Concentrate bullion



Lampiran 2. Kuesioner WRM

KUESIONER *SEVEN WASTE RELATIONSHIP*

Dengan hormat,

Saya Liga Indriyani, mahasiswi Jurusan Manajemen Teknologi Program Studi Manajemen Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember akan melakukan penelitian mengenai : “Analisa *Lean Mining* sebagai Upaya Mengurangi *Waste* untuk Meningkatkan Efisiensi Proses Produksi *Dore Bullion* di Industri *Gold Mining*.” Adapun salah satu cara untuk mendapatkan data adalah dengan menyebarkan kuesioner hubungan antara 7 pemborosan / Seven Waste Relationship (SWR) kepada responden. Untuk itu, saya mengharapkan kesediaan Bapak/Ibu dan Saudara/I sekalian untuk mengisi kuesioner ini sebagai data yang akan dipergunakan dalam penelitian. Saya harap informasi yang anda berikan adalah sesuai dengan kondisi yang ada pada perusahaan anda. Atas kesediaan dan kerjasamanya, saya ucapkan terima kasih.

Peneliti

Liga Indriyani

Data Responden

Nama :

Jabatan :

Waste adalah aktivitas pemborosan/berlebihan yang terjadi pada proses produksi tanpa menambah nilai/mutu suatu produk. Berikut ini jenis-jenis *waste* tersebut:

No.	Jenis Waste	Pengertian	Contoh
1	<i>Overproduction</i> (produksi berlebihan)	Proses produksi yang terlalu banyak dan cepat sehingga terjadi kelebihan persediaan produk hasil produksi	1. Hasil produksi di departemen OPP/HLO/ADR yang melebihi target/permintaan <i>customer</i> .
2	<i>Defect</i> (cacat/rusak)	Produk yang dihasilkan cacat sehingga harus mengalami <i>scrap</i> atau <i>rework</i> untuk memproses ulang produk tersebut. Atau <i>defect</i> juga bisa dikatakan sebagai peralatan yang rusak .	1. Ketidaksesuaian bentuk <i>dore bullion</i> di ADR dengan cetakan. 2. Kerusakan alat yang meningkatkan <i>down time</i> 3. Masalah <i>choke material</i> yang terjadi di OPP
3	<i>Overprocessing</i> (proses berlebihan)	Langkah-langkah proses yang lebih panjang daripada seharusnya yang meliputi proses atau prosedur yang tidak perlu terjadi karena tidak akan memberikan nilai tambah pada produk	1. <i>Rework breaker ore</i> , 2. <i>Scrap</i> hasil cetakan <i>dore bullion</i> 3. Inspeksi <i>crusher</i> di OPP
4	<i>Transportation</i>	Jenis pemborosan yang terjadi karena transportasi yang berlebihan dari satu tempat ke tempat lain	Jarak tempuh transportasi agglomerat yang jauh dari OPP ke area <i>stacking</i> di HLO
5	<i>Waiting</i> (waktu menunggu)	Waktu tunggu yang sama sekali tidak	1. <i>Dump truck</i> menunggu antrian untuk mengangkut

		melakukan pekerjaan untuk alasan apapun dalam durasi waktu singkat maupun lama	ore dari load out OPP 2. Menunggu karena ada perbaikan alat atau <i>break down</i> 3. Terjadinya <i>ponding</i> 4. Keterlambatan transfer <i>ore</i> dari Mining ke OPP
6	<i>Material Work in Process</i>	Jumlah persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses	1. Persediaan <i>ore di finger</i> OPP yang terlalu banyak 2. Agglomerat yang menumpuk di pad 6
7	<i>Motion</i> (pergerakan)	Pergerakan yang tidak perlu dari pekerja dikarenakan <i>work design</i> dan <i>workstation design</i> yang kurang sesuai	Operator atau mekanik yang mencari peralatan

Dari penjelasan di atas, diharapkan dapat membantu dalam menjawab kuesioner di bawah ini.

Berilah tanda (x) silang pada jawaban yang ada pilih sesuai dengan kondisi nyata proses produksi.

1. Apakah **Overproduction** (hasil produksi berlebihan) menghasilkan berbagai jenis *waste* di bawah ini:

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
2.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
4.	Transportation (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang

5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
----	---	-------------------------------------

2. Apakah **material Work in Process (WIP)** (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses) menghasilkan berbagai jenis *waste* di bawah ini:

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
2.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
4.	Transportation (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang

3. Apakah **Defects** (produk cacat atau alat rusak) menghasilkan berbagai jenis *waste* di bawah ini:

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
4.	Transportation (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang

5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
----	---	-------------------------------------

4. Apakah **Motion** (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu) menghasilkan berbagai jenis *waste* di bawah ini:

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
2.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
3.	Overprocessing (proses atau prosedur kerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
4.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang

5. Apakah **Transportation** menghasilkan menghasilkan berbagai jenis *waste* di bawah ini:

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang

5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
----	---	-------------------------------------

6. Apakah **Overprocessing** (suatu proses atau prosedur kerja yang berlebihan/tidak perlu) menghasilkan berbagai jenis *waste* di bawah ini:

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
4.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang

7. Apakah **Waiting** (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali) menghasilkan berbagai jenis *waste* di bawah ini:

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Selalu b. Kadang c. Jarang

8. Bagaimana jenis hubungan antara **Overproduction** (hasil produksi berlebihan) dengan beberapa jenis *waste* di bawah ini:

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Jika <u>Overproduction</u> naik maka <u>Material Work in Process (WIP)</u> naik b. Jika <u>Overproduction</u> naik maka <u>Material Work in Process (WIP)</u> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan
2.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Jika <u>Overproduction</u> naik maka <u>Motion</u> naik b. Jika <u>Overproduction</u> naik maka <u>Motion</u> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Jika <u>Overproduction</u> naik maka <u>Defect</u> naik b. Jika <u>Overproduction</u> naik maka <u>Defect</u> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan
4.	Transportation (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Jika <u>Overproduction</u> naik maka <u>Transportation</u> naik b. Jika <u>Overproduction</u> naik maka <u>Transportation</u> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Jika <u>Overproduction</u> naik maka <u>Waiting</u> naik b. Jika <u>Overproduction</u> naik

		maka <u>Waiting</u> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan
--	--	---

9. Bagaimana jenis hubungan antara **material Work in Process (WIP)** (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses) dengan beberapa jenis *waste* di bawah ini:

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Jika <u>Material Work in Process (WIP) naik</u> maka <u>Overproduction</u> naik b. Jika <u>Material Work in Process (WIP) naik</u> maka <u>Overproduction</u> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan
2.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Jika <u>Material Work in Process (WIP) naik</u> maka <u>Defect</u> naik b. Jika <u>Material Work in Process (WIP) naik</u> maka <u>Defect</u> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Jika <u>Material Work in Process (WIP) naik</u> maka <u>Motion</u> naik b. Jika <u>Material Work in Process (WIP) naik</u> maka <u>Motion</u> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan
4.	Transportation (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Jika <u>Material Work in Process (WIP) naik</u> maka <u>Transportation</u> naik b. Jika <u>Material Work in Process (WIP) naik</u> maka <u>Transportation</u> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan

10. Bagaimana jenis hubungan antara *Defects* (produk cacat atau alat rusak) dengan beberapa jenis *waste* di bawah ini:

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Jika <u>Defect naik</u> maka <u>Overproduction naik</u> b. Jika <u>Defect naik</u> maka <u>Overproduction tetap</u> c. Tidak tentu, tergantung keadaan
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Jika <u>Defect naik</u> maka <u>Material Work in Process (WIP) naik</u> b. Jika <u>Defect naik</u> maka <u>Material Work in Process (WIP) tetap</u> c. Tidak tentu, tergantung keadaan
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Jika <u>Defect naik</u> maka <u>Motion naik</u> b. Jika <u>Defect naik</u> maka <u>Motion tetap</u> c. Tidak tentu, tergantung keadaan
4.	Transportation (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Jika <u>Defect naik</u> maka <u>Transportation naik</u> b. Jika <u>Defect naik</u> maka <u>Transportation tetap</u> c. Tidak tentu, tergantung keadaan
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Jika <u>Defect naik</u> maka <u>Waiting naik</u> b. Jika <u>Defect naik</u> maka <u>Waiting tetap</u> c. Tidak tentu, tergantung keadaan

11. Bagaimana jenis hubungan antara *Motion* (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu) dengan beberapa jenis *waste* di bawah ini:

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Jika <u>Motion</u> naik maka <u>Material Work in Process (WIP)</u> naik b. Jika <u>Motion</u> naik maka <u>Material Work in Process (WIP)</u> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan
2.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Jika <u>Motion</u> naik maka <u>Defect</u> naik b. Jika <u>Motion</u> naik maka <u>Defect</u> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan
3.	Overprocessing (proses atau prosedur kerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Jika <u>Motion</u> naik maka <u>Overprocessing</u> naik b. Jika <u>Motion</u> naik maka <u>Overprocessing</u> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan
4.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Jika <u>Motion</u> naik maka <u>Waiting</u> naik b. Jika <u>Motion</u> naik maka <u>Waiting</u> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan

12. Bagaimana jenis hubungan antara **Transportation** dengan beberapa jenis waste di bawah ini:

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Jika <u>Transportation</u> naik maka <u>Overproduction</u> naik b. Jika <u>Transportation</u> naik maka <u>Overproduction</u> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang	a. Jika <u>Transportation</u> naik maka <u>Material Work in Process (WIP)</u> naik

	berlebihan dan menunggu untuk diproses)	<p>b. Jika <u>Transportation naik</u> maka <u>Material Work in Process (WIP) tetap</u></p> <p>c. Tidak tentu, tergantung keadaan</p>
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	<p>a. Jika <u>Transportation naik</u> maka <u>Defect naik</u></p> <p>b. Jika <u>Transportation naik</u> maka <u>Defect tetap</u></p> <p>c. Tidak tentu, tergantung keadaan</p>
4.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	<p>a. Jika <u>Transportation naik</u> maka <u>Motion naik</u></p> <p>b. Jika <u>Transportation naik</u> maka <u>Motion tetap</u></p> <p>c. Tidak tentu, tergantung keadaan</p>
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	<p>a. Jika <u>Transportation naik</u> maka <u>Motion naik</u></p> <p>b. Jika <u>Transportation naik</u> maka <u>Motion tetap</u></p> <p>c. Tidak tentu, tergantung keadaan</p>

13. Bagaimana jenis hubungan antara **Overprocessing** (suatu proses atau prosedur kerja yang berlebihan/tidak perlu) dengan beberapa jenis *waste* di bawah ini:

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	<p>a. Jika <u>Overprocessing naik</u> maka <u>Overproduction naik</u></p> <p>b. Jika <u>Overprocessing naik</u> maka <u>Overproduction tetap</u></p> <p>c. Tidak tentu, tergantung keadaan</p>
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang	<p>a. Jika <u>Overprocessing naik</u> maka <u>Material Work in Process (WIP) naik</u></p>

	berlebihan dan menunggu untuk diproses)	<p>b. Jika <u>Overprocessing</u> <u>naik</u> maka <u>Material Work in Process (WIP)</u> <u>tetap</u></p> <p>c. Tidak tentu, tergantung keadaan</p>
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	<p>a. Jika <u>Overprocessing</u> <u>naik</u> maka <u>Defect</u> <u>naik</u></p> <p>b. Jika <u>Overprocessing</u> <u>naik</u> maka <u>Defect</u> <u>tetap</u></p> <p>c. Tidak tentu, tergantung keadaan</p>
4.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	<p>a. Jika <u>Overprocessing</u> <u>naik</u> maka <u>Motion</u> <u>naik</u></p> <p>b. Jika <u>Overprocessing</u> <u>naik</u> maka <u>Motion</u> <u>tetap</u></p> <p>c. Tidak tentu, tergantung keadaan</p>
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	<p>a. Jika <u>Overprocessing</u> <u>naik</u> maka <u>Waiting</u> <u>naik</u></p> <p>b. Jika <u>Overprocessing</u> <u>naik</u> maka <u>Waiting</u> <u>tetap</u></p> <p>c. Tidak tentu, tergantung keadaan</p>

14. Bagaimana jenis hubungan antara **Waiting** (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali) dengan beberapa jenis *waste* di bawah ini:

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	<p>a. Jika <u>Waiting</u> <u>naik</u> maka <u>Overproduction</u> <u>naik</u></p> <p>b. Jika <u>Waiting</u> <u>naik</u> maka <u>Overproduction</u> <u>tetap</u></p> <p>c. Tidak tentu, tergantung keadaan</p>
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu	<p>a. Jika <u>Waiting</u> <u>naik</u> maka <u>Material Work in Process (WIP)</u> <u>naik</u></p> <p>b. Jika <u>Waiting</u> <u>naik</u> maka <u>Material Work in Process (WIP)</u> <u>tetap</u></p>

	untuk diproses)	c. Tidak tentu, tergantung keadaan
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Jika <u>Waiting</u> naik maka <u>Defect</u> naik b. Jika <u>Waiting</u> naik maka <u>Defect</u> tetap c. Tidak tentu, tergantung keadaan

15. Bagaimana dampak *waste* di bawah ini ketika disebabkan oleh **Overproduction (hasil produksi berlebihan)?**

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
2.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
4.	Transportation (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat

16. Bagaimana dampak *waste* di bawah ini ketika disebabkan oleh *material Work in Process (WIP)*?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
2.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
4.	Transportation (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat

17. Bagaimana dampak *waste* di bawah ini ketika disebabkan oleh *Defect (produk cacat atau alat rusak)*?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
4.	Transportation	a. Tampak secara langsung &

	(Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	<p>jelas</p> <p>b. Butuh waktu untuk terlihat</p> <p>c. Tidak terlihat</p>
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	<p>a. Tampak secara langsung & jelas</p> <p>b. Butuh waktu untuk terlihat</p> <p>c. Tidak terlihat</p>

18. Bagaimana dampak *waste* di bawah ini ketika disebabkan oleh **Motion** (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	<p>a. Tampak secara langsung & jelas</p> <p>b. Butuh waktu untuk terlihat</p> <p>c. Tidak terlihat</p>
2.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	<p>a. Tampak secara langsung & jelas</p> <p>b. Butuh waktu untuk terlihat</p> <p>c. Tidak terlihat</p>
3.	Overprocessing (proses atau prosedur kerja yang berlebihan/tidak perlu)	<p>a. Tampak secara langsung & jelas</p> <p>b. Butuh waktu untuk terlihat</p> <p>c. Tidak terlihat</p>
4.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	<p>a. Tampak secara langsung & jelas</p> <p>b. Butuh waktu untuk terlihat</p> <p>c. Tidak terlihat</p>

19. Bagaimana dampak *waste* di bawah ini ketika disebabkan oleh **Transportation**?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction	a. Tampak secara langsung & jelas

	(hasil produksi berlebihan)	b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat

20. Bagaimana dampak *waste* di bawah ini ketika disebabkan oleh **Overprocessing** (suatu proses atau prosedur kerja yang berlebihan/tidak perlu)?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Tampak secara langsung & jelas

		<ul style="list-style-type: none"> b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	<ul style="list-style-type: none"> a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	<ul style="list-style-type: none"> a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat

21. Bagaimana dampak *waste* di bawah ini ketika disebabkan oleh **Waiting** (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	<ul style="list-style-type: none"> a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	<ul style="list-style-type: none"> a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	<ul style="list-style-type: none"> a. Tampak secara langsung & jelas b. Butuh waktu untuk terlihat c. Tidak terlihat

22. Metode apa yang dapat digunakan untuk mengurangi **Overproduction** (hasil produksi berlebihan) yang mengakibatkan munculnya *waste* di bawah ini?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Material Work in Process (WIP)	a. Metode engineering

	(persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
2.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
4.	Transportation (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)

23. Metode apa yang dapat digunakan untuk mengurangi *material Work in Process* (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses) yang mengakibatkan munculnya *waste* di bawah ini?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
2.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)

3.	<i>Motion</i> (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
4.	<i>Transportation</i> (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)

24. Metode apa yang dapat digunakan untuk mengurangi *defect* (produk cacat atau alat rusak) yang mengakibatkan munculnya *waste* di bawah ini?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	<i>Overproduction</i> (hasil produksi berlebihan)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
2.	<i>Material Work in Process (WIP)</i> (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
3.	<i>Motion</i> (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
4.	<i>Transportation</i> (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
5.	<i>Waiting</i> (waktu tunggu yang tidak	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung

	melakukan pekerjaan sama sekali)	c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
--	----------------------------------	---

25. Metode apa yang dapat digunakan untuk mengurangi *motion* (aktivitas/pergerakan yang tidak perlu) yang mengakibatkan munculnya *waste* di bawah ini?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
2.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
3.	Overprocessing (proses atau prosedur kerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
4.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)

26. Metode apa yang dapat digunakan untuk mengurangi *transportation* yang mengakibatkan munculnya *waste* di bawah ini?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
2.	Material Work in Process (WIP)	a. Metode engineering

	(persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
4.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)

27. Metode apa yang dapat digunakan untuk mengurangi *overprocessing* (proses/prosedur kerja yang berlebihan/tidak perlu) yang mengakibatkan munculnya *waste* di bawah ini?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional

		(pelatihan/pelajaran)
4.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)

28. Metode apa yang dapat digunakan untuk mengurangi *waiting* (menunggu tanpa melakukan pekerjaan) yang mengakibatkan munculnya *waste* di bawah ini?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Metode engineering b. Sederhana dan langsung c. Solusi instruksional (pelatihan/pelajaran)

NOTE : *Lead Time* (waktu tunggu dari pemesanan *raw material* hingga menjadi produk dan siap dikirim)

29. Apa dampak utama yang disebabkan oleh *overproduction* (produksi berlebihan) terhadap *waste* berikut ini?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
2.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	d. Kualitas produk e. Lead time f. Kualitas dan produktivitas g. Produktivitas dan lead time h. Kualitas dan lead time i. Kualitas, produktivitas, dan lead time
4.	Transportation (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time

30. Apa dampak utama yang disebabkan oleh *material Work in Process (WIP)* terhadap *waste* berikut ini?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
2.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
4.	Transportation (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time

31. Apa dampak utama yang disebabkan oleh *defect* (produk cacat/alat rusak) terhadap *waste* berikut ini?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time

2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
4.	Transportation (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time

32. Apa dampak utama yang disebabkan oleh *motion* (aktivitas/pergerakan pekerja yg berlebihan/tidak perlu) terhadap *waste* berikut ini?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
2.	Defects	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk

	(produk cacat atau alat rusak)	<ul style="list-style-type: none"> b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
3.	Overprocessing (proses atau prosedur kerja yang berlebihan/tidak perlu)	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
4.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time

33. Apa dampak utama yang disebabkan oleh *transportation* terhadap *waste* berikut ini?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk b. Lead time

		<ul style="list-style-type: none"> c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time

34. Apa dampak utama yang disebabkan oleh *overprocessing* (proses/prosedur kerja yang berlebihan/tidak perlu) terhadap *waste* berikut ini?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	<ul style="list-style-type: none"> a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas

		d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time

35. Apa dampak utama yang disebabkan oleh *waiting* (menunggu tanpa melakukan pekerjaan) terhadap *waste* berikut ini?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Kualitas produk b. Lead time c. Kualitas dan produktivitas d. Produktivitas dan lead time

		e. Kualitas dan lead time f. Kualitas, produktivitas, dan lead time
--	--	--

36. Sebesar apa dampak *overproduction* (produksi berlebihan) terhadap *waste* di bawah ini dalam meningkatkan *lead time* (waktu tunggu dari pemesanan *raw material* hingga menjadi produk dan siap dikirim)?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
2.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
4.	Transportation (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah

37. Sebesar apa dampak material *Work in Process (WIP)* terhadap *waste* di bawah ini dalam meningkatkan *lead time* (waktu tunggu dari pemesanan *raw material* hingga menjadi produk dan siap dikirim)?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
2.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah

4.	Transportation (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
----	--	--

38. Sebesar apa dampak *defect* (produk cacat/alat rusak) terhadap *waste* di bawah ini dalam meningkatkan *lead time* (waktu tunggu dari pemesanan *raw material* hingga menjadi produk dan siap dikirim)?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
4.	Transportation (Transportasi atau jarak perpindahan berlebih/jauh)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah

39. Sebesar apa dampak *motion* (aktivitas/pergerakan pekerja yg berlebihan/tidak perlu) terhadap *waste* di bawah ini dalam meningkatkan *lead time* (waktu tunggu dari pemesanan *raw material* hingga menjadi produk dan siap dikirim)?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
2.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah

3.	Overprocessing (proses atau prosedur kerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
4.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah

40. Sebesar apa dampak *transportation* terhadap *waste* di bawah ini dalam meningkatkan *lead time* (waktu tunggu dari pemesanan *raw material* hingga menjadi produk dan siap dikirim)?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah

41. Sebesar apa dampak *overprocessing* (proses/prosedur kerja yang berlebihan/tidak perlu) *waste* di bawah ini dalam meningkatkan *lead time* (waktu tunggu dari pemesanan *raw material* hingga menjadi produk dan siap dikirim)?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan	a. Sangat tinggi b. Sedang

	menunggu untuk diproses)	c. Rendah
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
3.	Motion (pergerakan/aktivitas pekerja yang berlebihan/tidak perlu)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
5.	Waiting (waktu tunggu yang tidak melakukan pekerjaan sama sekali)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah

42. Sebesar apa dampak *waiting* (menunggu tanpa melakukan pekerjaan) *waste* di bawah ini dalam meningkatkan *lead time* (waktu tunggu dari pemesanan *raw material* hingga menjadi produk dan siap dikirim)?

No.	Jenis Waste	Pilihan jawaban
1.	Overproduction (hasil produksi berlebihan)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
2.	Material Work in Process (WIP) (persediaan material yang berlebihan dan menunggu untuk diproses)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah
3.	Defects (produk cacat atau alat rusak)	a. Sangat tinggi b. Sedang c. Rendah

Lampiran 3. Hasil Rekap Nilai Kuesioner WRM

Waste	WR	Skor R1	Skor R2	Skor R3	Skor R4	Skor R5	Skor R6	Skor R7	Skor R8	Skor R9	Skor R10	Skor R11	Skor R12	Average Skor	Kategori
O	O_WIP	12	6	5	14	16	8	17	10	14	15	10	16	12	I
	O_D	14	10	12	3	16	12	8	5	16	12	10	11	11	I
	O_M	10	12	6	3	16	15	15	7	10	10	4	11	10	i
	O_T	10	9	6	3	14	14	17	12	12	13	10	10	11	I
	O_W	11	4	4	4	13	7	8	10	2	6	4	6	7	O
WIP	WIP_O	10	5	10	14	16	14	11	12	12	8	10	8	11	I
	WIP_D	8	10	8	3	16	10	12	11	13	6	10	4	9	I
	WIP_M	8	6	5	3	16	14	15	14	9	8	6	9	9	I
	WIP_T	9	8	11	3	14	12	15	10	10	10	10	11	10	I
D	D_O	14	5	10	3	12	8	10	14	9	7	14	5	9	I
	D_WIP	10	16	12	3	12	14	9	12	7	7	14	8	10	I
	D_M	8	10	4	14	16	14	14	7	7	7	6	5	9	I
	D_T	9	6	7	3	12	12	13	7	7	5	12	3	8	O
	D_W	11	20	12	16	14	12	11	20	11	11	16	15	14	E
M	M_WIP	7	2	6	3	18	9	11	12	14	9	2	1	8	O
	M_D	10	4	6	3	16	12	9	9	5	6	6	5	8	O
	M_P	10	8	5	12	16	10	14	10	5	6	2	6	9	I
	M_W	10	5	6	6	14	12	13	12	6	4	2	7	8	O
T	T_O	3	4	8	3	14	4	14	10	11	9	6	9	8	O
	T_WIP	9	6	6	3	12	6	13	10	7	8	10	10	8	O
	T_D	10	7	6	3	12	12	7	6	9	7	3	4	7	O

	T_M	12	7	4	3	14	14	10	13	6	9	1	5	8	O
	T_W	10	6	5	3	14	10	12	10	7	8	7	4	8	O
P	P_O	8	5	10	3	16	8	13	14	9	6	12	9	9	I
	P_WIP	6	4	8	3	16	10	15	14	5	6	14	9	9	I
	P_D	12	8	8	12	16	12	10	12	9	5	10	7	10	I
	P_M	10	10	6	14	16	16	13	7	6	8	6	9	10	I
	P_W	12	6	5	3	9	10	11	6	5	10	9	6	8	O
W	W_O	8	2	8	3	14	6	12	8	5	6	8	9	7	O
	W_WIP	10	12	12	3	14	6	15	10	10	6	12	10	10	I
	W_D	8	6	6	3	11	9	7	9	7	4	5	7	7	O

Lampiran 4. Kuesioner WAQ

No.	Pertanyaan	Tipe	Jawaban		
			Ya	Sedang	Tidak
Kategori 1 : Man					
1.	Apakah manajemen memindahkan operator ke berbagai pekerjaan dan mesin sehingga operasi dapat dilakukan oleh semua individu?	<i>To motion</i>			
2.	Apakah supervisor menetapkan target jumlah dan kualitas produk yang dihasilkan?	<i>From motion</i>			
3.	Apakah ada pengawasan yang cukup terhadap pekerja shift malam?	<i>From defects</i>			
4.	Apakah ada langkah-langkah positif yang diambil untuk meningkatkan moral dan minat kerja dari pekerja?	<i>From motion</i>			
5.	Apakah ada program pelatihan untuk karyawan baru?	<i>From motion</i>			
6.	Apakah pekerja bertanggung jawab terhadap pekerjaannya?	<i>From defects</i>			
7.	Apakah alat perlindungan keselamatan kerja telah diterapkan di area kerja?	<i>From process</i>			
Kategori 2 : Material					
8.	Apakah lead time dari supplier dapat diterapkan untuk penjadwalan produksi?	<i>To waiting</i>			
9.	Apakah ada jadwal pemeriksaan ketersediaan material sebelum memulai proses produksi?	<i>From waiting</i>			
10.	Apakah material diterima dalam satu kali muatan pengambilan?	<i>From transportation</i>			
11.	Apakah bagian warehouse memberikan pemberitahuan atau informasi mengenai aktivitas gudang dan penyimpanan barang (stok)?	<i>From inventory</i>			
12.	Apakah ada pemberitahuan kepada personel gudang sebelum terjadi perubahan rencana <i>inventory</i> ?	<i>From inventory</i>			

13.	Apakah ada akumulasi material berlebihan yang menunggu perbaikan, pengerjaan ulang, atau pengembalian dari proses setelahnya?	<i>From defects</i>			
14.	Apakah ada material yang tidak perlu di sekitar area tumpukan material atau area material <i>Work in Process</i> ?	<i>From inventory</i>			
15.	Apakah pekerja produksi berdiri menunggu material tiba di area produksi?	<i>From waiting</i>			
16.	Apakah material dipindahkan lebih sering daripada yang diperlukan?	<i>To defects</i>			
17.	Apakah material atau peralatan sering rusak dalam kegiatan transportasi?	<i>From defects</i>			
18.	Apakah material <i>Work in Process</i> sering rusak karena material dan part yang digunakan atau dipindahkan ke proses berikutnya?	<i>From transportation</i>			
19.	Apakah bongkar muat material atau bahan baku ditangani secara manual?	<i>To motion</i>			
20.	Apakah ada wadah tertentu untuk memudahkan perhitungan jumlah dan pemindahan barang jadi?	<i>From waiting</i>			
21.	Apakah barang yang sejenis disimpan pada area yang sama untuk memudahkan proses pencarian?	<i>From motion</i>			
22.	Apakah digunakan alat berkapasitas lebih besar untuk memindahkan material atau barang untuk mengurangi pengulangan <i>handling</i> menggunakan alat berkapasitas lebih kecil?	<i>From transportation</i>			
23.	Apakah dilakukan pengecekan material atau bahan baku untuk mengetahui kesesuaian kualitas dan kuantitas?	<i>From defect</i>			
24.	Apakah material/peralatan yang digunakan dan barang jadi diberi label/nomor identitas untuk mempermudah identifikasi?	<i>From motion</i>			
25.	Apakah terdapat area penyimpanan sementara untuk material/barang <i>Work in Process</i> yang akan diproses lagi selanjutnya?	<i>From inventory</i>			
26.	Apakah dilakukan pemesanan raw material atau perlengkapan proses yang	<i>From inventory</i>			

	dibutuhkan untuk kemudian disimpan sebagai persediaan, meskipun tidak dibutuhkan segera?				
27.	Apakah ada kelonggaran waktu untuk material <i>Work in Process</i> sebelum diproses selanjutnya?	<i>From waiting</i>			
28.	Apakah ada proses pengerjaan ulang untuk ukuran/berat/bentuk produk yang tidak sesuai?	<i>From defects</i>			
29.	Apakah raw material tiba tepat waktu ketika dibutuhkan segera untuk proses?	<i>From waiting</i>			
30.	Apakah terjadi penumpukan produk di gudang atau tempat penyimpanan sebelum penjadwalan pengiriman produk?	<i>From overproduction</i>			
31.	Apakah material bahan baku dan peralatan produksi disimpan dengan baik?	<i>To motion</i>			
Kategori 3 : <i>Machine</i>					
32.	Apakah ada pengujian efisiensi mesin yang dilakukan secara berkala?	<i>From process</i>			
33.	Apakah beban tiap mesin dapat diperkirakan dengan jelas?	<i>To waiting</i>			
34.	Apakah ada pengujian kesesuaian kinerja mesin yang telah dipasang sebelum digunakan untuk proses?	<i>From process</i>			
35.	Apakah kapasitas alat pemindahan barang atau material handling sudah cukup untuk mengangkat beban paling berat?	<i>From transportation</i>			
36.	Jika menggunakan alat material handling, apakah jumlah material yang dibawa sudah cukup?	<i>To motion</i>			
37.	Apakah ada kebijakan produksi untuk memproduksi lebih dari yang dibutuhkan untuk memaksimalkan kapasitas dan penggunaan mesin?	<i>From overproduction</i>			
38.	Apakah mesin sering berhenti karena gangguan mekanis?	<i>From waiting</i>			
39.	Apakah peralatan yang dibutuhkan sudah cukup di setiap tahapan proses?	<i>From waiting</i>			
40.	Apakah peralatan material <i>handling</i> yang digunakan beresiko terhadap kerusakan	<i>To defect</i>			

	produk atau material yang dibawa?				
41.	Apakah waktu <i>setup</i> yang lama dapat menyebabkan penundaan aliran proses?	<i>From waiting</i>			
42.	Apakah ada peralatan yang rusak atau tidak terpakai di area kerja?	<i>To motion</i>			
43.	Apakah ada pertimbangan untuk meminimasi waktu setup dengan menyesuaikan waktu penjadwalan dan desain?	<i>From process</i>			
Kategori 4 : Method					
44.	Apakah luas area penyimpanan sudah cukup agar tidak menghambat proses?	<i>To transportation</i>			
45.	Apakah ada sistem penomoran/identitas dalam pengambilan peralatan atau produk untuk memudahkan proses pengambilan dan penyimpanan?	<i>From motion</i>			
46.	Apakah area penyimpanan peralatan proses digunakan secara efektif dengan bantuan crane dan diletakkan sesuai dengan tipe masing-masing alat?	<i>From waiting</i>			
47.	Apakah ada pembagian area gudang atau penyimpanan, untuk barang yang sering digunakan dan untuk persediaan/stock?	<i>To motion</i>			
48.	Apakah waktu produksi disesuaikan dengan kebutuhan <i>customer</i> ?	<i>To waiting</i>			
49.	Apakah jadwal produksi dikomunikasikan ke semua bagian sehingga isi jadwal dipahami secara luas?	<i>To defects</i>			
50.	Apakah ada standar produksi atau SOP penggunaan mesin dalam melakukan proses produksi?	<i>From motion</i>			
51.	Apakah sudah ada <i>quality control</i> yang diterapkan untuk menjamin kualitas?	<i>From defects</i>			
52.	Apakah ada waktu standar yang ditetapkan untuk setiap operasi atau pekerjaan?	<i>From motion</i>			
53.	Jika terjadi <i>delay</i> atau keterlambatan, apakah dikomunikasikan ke semua bagian?	<i>To waiting</i>			
54.	Apakah ada pengulangan <i>setup</i> yang tidak semestinya untuk item yang sama?	<i>From process</i>			
55.	Apakah ada kemungkinan untuk menggabungkan langkah-langkah proses sehingga menjadi lebih sederhana?	<i>From process</i>			

56.	Apakah ada pemeriksaan atau inspeksi terhadap produk yang dikembalikan?	<i>To defects</i>			
57.	Apakah arsip inventori digunakan untuk pembelian material atau peralatan dan jadwal produksi?	<i>From inventory</i>			
58.	Apakah area kerja selalu dibersihkan dan dirapikan dengan baik?	<i>To transportation</i>			
59.	Apakah area penyimpanan diberikan tanda pada bagian tertentu?	<i>To motion</i>			
60.	Apakah luas area kerja cukup untuk pergerakan transportasi dengan bebas?	<i>To transportation</i>			
61.	Apakah area penyimpanan digunakan untuk menyimpan material yang tidak seharusnya disimpan di area tersebut?	<i>To motion</i>			
62.	Apakah ada jadwal rutin untuk membersihkan area kerja keseluruhan?	<i>To motion</i>			
63.	Apakah kebanyakan aliran produksi mengalir ke satu arah?	<i>From motion</i>			
64.	Apakah ada manajemen yang menangani komponen, konstruksi, drafting, atau bentuk standardisasi lainnya?	<i>From motion</i>			
65.	Apakah standar kerja memiliki tujuan yang jelas dan spesifik?	<i>From motion</i>			
66.	Apakah ketidakseimbangan kerja dapat diperkirakan sebelumnya?	<i>From overproduction</i>			
67.	Apakah prosedur kerja yang sudah ada mampu menghilangkan pekerjaan yang tidak perlu atau berlebihan?	<i>From process</i>			
68.	Apakah hasil <i>quality control</i> , uji produk, dan evaluasi dilakukan dengan ilmu keteknikan?	<i>From defect</i>			

Lampiran 5. Bobot Awal WRM

No.	Kategori Pertanyaan	Tipe Pertanyaan	Bobot awal tiap waste						
			O	WIP	D	M	T	P	W
1	Man	<i>To motion</i>	6	6	6	10	4	6	0
2		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
3		<i>From defects</i>	6	6	10	6	4	0	8
4		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
5		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
6		<i>From defects</i>	6	6	10	6	4	0	8
7		<i>From process</i>	6	6	6	6	0	10	4
8	Material	<i>To waiting</i>	4	0	8	4	4	4	10
9		<i>From waiting</i>	4	6	4	0	0	0	10
10		<i>From transportation</i>	4	4	4	4	10	0	4
11		<i>From WIP</i>	6	10	6	6	6	0	0
12		<i>From WIP</i>	6	10	6	6	6	0	0
13		<i>From defects</i>	6	6	10	6	4	0	8
14		<i>From WIP</i>	6	10	6	6	6	0	0
15		<i>From waiting</i>	4	6	4	0	0	0	10
16		<i>To defects</i>	6	6	10	4	4	6	4
17		<i>From defects</i>	6	6	10	6	4	0	8
18		<i>From transportation</i>	4	4	4	4	10	0	4
19		<i>To motion</i>	6	6	6	10	4	6	0
20		<i>From waiting</i>	4	6	4	0	0	0	10
21		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
22		<i>From transportation</i>	4	4	4	4	10	0	4
23		<i>From defects</i>	6	6	10	6	4	0	8
24		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
25		<i>From WIP</i>	6	10	6	6	6	0	0
26		<i>From WIP</i>	6	10	6	6	6	0	0
27		<i>To waiting</i>	4	0	8	4	4	4	10
28		<i>From defects</i>	6	6	10	6	4	0	8
29		<i>From waiting</i>	4	6	4	0	0	0	10
30		<i>From overproduction</i>	10	6	6	6	6	0	4
31	Machine	<i>To motion</i>	6	6	6	10	4	6	0
32		<i>From process</i>	6	6	6	6	0	10	4
33		<i>To waiting</i>	4	0	8	4	4	4	10
34		<i>From process</i>	6	6	6	6	0	10	4

35		<i>From transportation</i>	4	4	4	4	10	0	4
36		<i>To motion</i>	6	6	6	10	4	6	0
37		<i>From overproduction</i>	10	6	6	6	6	0	4
38		<i>From waiting</i>	4	6	4	0	0	0	10
39		<i>From waiting</i>	4	6	4	0	0	0	10
40		<i>To defects</i>	6	6	10	4	4	6	4
41		<i>From waiting</i>	4	6	4	0	0	0	10
42		<i>To motion</i>	6	6	6	10	4	6	0
43		<i>From process</i>	6	6	6	6	0	10	4
44		<i>To transportation</i>	6	6	4	0	10	0	0
45		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
46		<i>From waiting</i>	4	6	4	0	0	0	10
47		<i>To motion</i>	6	6	6	10	4	6	0
48		<i>To waiting</i>	4	0	8	4	4	4	10
49		<i>To defects</i>	6	6	10	4	4	6	4
50		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
51		<i>From defects</i>	6	6	10	6	4	0	8
52		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
53		<i>To waiting</i>	4	0	8	4	4	4	10
54		<i>From process</i>	6	6	6	6	0	10	4
55		<i>From process</i>	6	6	6	6	0	10	4
56		<i>To defects</i>	6	6	10	4	4	6	4
57		<i>From WIP</i>	6	10	6	6	6	0	0
58		<i>To transportation</i>	6	6	4	0	10	0	0
59		<i>To motion</i>	6	6	6	10	4	6	0
60		<i>To transportation</i>	6	6	4	0	10	0	0
61		<i>To motion</i>	6	6	6	10	4	6	0
62		<i>To motion</i>	6	6	6	10	4	6	0
63		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
64		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
65		<i>From motion</i>	0	4	4	10	0	6	4
66		<i>From overproduction</i>	10	6	6	6	6	0	4
67		<i>From process</i>	6	6	6	6	0	10	4
68		<i>From defects</i>	6	6	10	6	4	0	8

Method

Lampiran 6. Bobot Pertanyaan dibagi dengan Jumlah Pertanyaan (Ni)

No.	Kategori Pertanyaan	Tipe Pertanyaan	Ni	Bobot awal tiap waste						
				O	WIP	D	M	T	P	W
1	Man	<i>To motion</i>	9	0,67	0,67	0,67	1,11	0,44	0,67	0,00
2		<i>From motion</i>	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36
3		<i>From defects</i>	8	0,75	0,75	1,25	0,75	0,50	0,00	1,00
4		<i>From motion</i>	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36
5		<i>From motion</i>	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36
6		<i>From defects</i>	8	0,75	0,75	1,25	0,75	0,50	0,00	1,00
7		<i>From process</i>	7	0,86	0,86	0,86	0,86	0,00	1,43	0,57
8	Material	<i>To waiting</i>	5	0,80	0,00	1,60	0,80	0,80	0,80	2,00
9		<i>From waiting</i>	8	0,50	0,75	0,50	0,00	0,00	0,00	1,25
10		<i>From transportation</i>	4	1,00	1,00	1,00	1,00	2,50	0,00	1,00
11		<i>From WIP</i>	6	1,00	1,67	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
12		<i>From WIP</i>	6	1,00	1,67	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
13		<i>From defects</i>	8	0,75	0,75	1,25	0,75	0,50	0,00	1,00
14		<i>From WIP</i>	6	1,00	1,67	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
15		<i>From waiting</i>	8	0,50	0,75	0,50	0,00	0,00	0,00	1,25
16		<i>To defects</i>	4	1,50	1,50	2,50	1,00	1,00	1,50	1,00
17		<i>From defects</i>	8	0,75	0,75	1,25	0,75	0,50	0,00	1,00
18		<i>From transportation</i>	4	1,00	1,00	1,00	1,00	2,50	0,00	1,00
19		<i>To motion</i>	9	0,67	0,67	0,67	1,11	0,44	0,67	0,00
20		<i>From waiting</i>	8	0,50	0,75	0,50	0,00	0,00	0,00	1,25
21		<i>From motion</i>	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36
22		<i>From transportation</i>	4	1,00	1,00	1,00	1,00	2,50	0,00	1,00
23		<i>From defects</i>	8	0,75	0,75	1,25	0,75	0,50	0,00	1,00
24		<i>From motion</i>	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36
25		<i>From WIP</i>	6	1,00	1,67	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
26		<i>From WIP</i>	6	1,00	1,67	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
27		<i>To waiting</i>	5	0,80	0,00	1,60	0,80	0,80	0,80	2,00
28		<i>From defects</i>	8	0,75	0,75	1,25	0,75	0,50	0,00	1,00
29		<i>From waiting</i>	8	0,50	0,75	0,50	0,00	0,00	0,00	1,25
30		<i>From overproduction</i>	5	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20	0,00	0,80
31	Machine	<i>To motion</i>	9	0,67	0,67	0,67	1,11	0,44	0,67	0,00
32		<i>From process</i>	7	0,86	0,86	0,86	0,86	0,00	1,43	0,57
33		<i>To waiting</i>	5	0,80	0,00	1,60	0,80	0,80	0,80	2,00
34		<i>From process</i>	7	0,86	0,86	0,86	0,86	0,00	1,43	0,57

35		<i>From transportation</i>	4	1,00	1,00	1,00	1,00	2,50	0,00	1,00	
36		<i>To motion</i>	9	0,67	0,67	0,67	1,11	0,44	0,67	0,00	
37		<i>From overproduction</i>	5	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20	0,00	0,80	
38		<i>From waiting</i>	8	0,50	0,75	0,50	0,00	0,00	0,00	1,25	
39		<i>From waiting</i>	8	0,50	0,75	0,50	0,00	0,00	0,00	1,25	
40		<i>To defects</i>	4	1,50	1,50	2,50	1,00	1,00	1,50	1,00	
41		<i>From waiting</i>	8	0,50	0,75	0,50	0,00	0,00	0,00	1,25	
42		<i>To motion</i>	9	0,67	0,67	0,67	1,11	0,44	0,67	0,00	
43		<i>From process</i>	7	0,86	0,86	0,86	0,86	0,00	1,43	0,57	
44	Method	<i>To transportation</i>	3	2,00	2,00	1,33	0,00	3,33	0,00	0,00	
45		<i>From motion</i>	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36	
46		<i>From waiting</i>	8	0,50	0,75	0,50	0,00	0,00	0,00	1,25	
47		<i>To motion</i>	9	0,67	0,67	0,67	1,11	0,44	0,67	0,00	
48		<i>To waiting</i>	5	0,80	0,00	1,60	0,80	0,80	0,80	2,00	
49		<i>To defects</i>	4	1,50	1,50	2,50	1,00	1,00	1,50	1,00	
50		<i>From motion</i>	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36	
51		<i>From defects</i>	8	0,75	0,75	1,25	0,75	0,50	0,00	1,00	
52		<i>From motion</i>	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36	
53		<i>To waiting</i>	5	0,80	0,00	1,60	0,80	0,80	0,80	2,00	
54		<i>From process</i>	7	0,86	0,86	0,86	0,86	0,00	1,43	0,57	
55		<i>From process</i>	7	0,86	0,86	0,86	0,86	0,00	1,43	0,57	
56		<i>To defects</i>	4	1,50	1,50	2,50	1,00	1,00	1,50	1,00	
57		<i>From WIP</i>	6	1,00	1,67	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	
58		<i>To transportation</i>	3	2,00	2,00	1,33	0,00	3,33	0,00	0,00	
59		<i>To motion</i>	9	0,67	0,67	0,67	1,11	0,44	0,67	0,00	
60		<i>To transportation</i>	3	2,00	2,00	1,33	0,00	3,33	0,00	0,00	
61		<i>To motion</i>	9	0,67	0,67	0,67	1,11	0,44	0,67	0,00	
62		<i>To motion</i>	9	0,67	0,67	0,67	1,11	0,44	0,67	0,00	
63		<i>From motion</i>	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36	
64		<i>From motion</i>	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36	
65		<i>From motion</i>	11	0,00	0,36	0,36	0,91	0,00	0,55	0,36	
66		<i>From overproduction</i>	5	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20	0,00	0,80	
67		<i>From process</i>	7	0,86	0,86	0,86	0,86	0,00	1,43	0,57	
68		<i>From defects</i>	8	0,75	0,75	1,25	0,75	0,50	0,00	1,00	
Skor (Sj)				54,00	57,60	65,60	53,60	45,60	32,00	46,40	
Frekuensi (Fj)				54	87	54	64	42	43	33	

20		<i>From waiting</i>	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00	
21		<i>From motion</i>	B	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0,5	0	0,13	
22		<i>From transportation</i>	B	0	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0,17	
23		<i>From defects</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,08	
24		<i>From motion</i>	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,92	
25		<i>From WIP</i>	A	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	1	1	0,79	
26		<i>From WIP</i>	A	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0,08	
27		<i>To waiting</i>	B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,92	
28		<i>From defects</i>	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00	
29		<i>From waiting</i>	B	0	0	0	0	0	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	0,38	
30		<i>From overproduction</i>	A	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,29	
31		<i>To motion</i>	B	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0,5	0,17	
32	Machine	<i>From process</i>	B	0,5	0	0	0,5	0	1	1	1	1	1	0	0,50	
33		<i>To waiting</i>	B	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0,13	
34		<i>From process</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0	0,08	
35		<i>From transportation</i>	B	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	0,13
36		<i>To motion</i>	B	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,21
37		<i>From overproduction</i>	A	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,71
38		<i>From waiting</i>	A	1	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	0,79
39		<i>From waiting</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,08
40		<i>To defects</i>	A	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,21

Lampiran 8. Perkalian antara Bobot dengan Rata-rata Nilai Jawaban Kuesioner WAQ

No.	Kategori Pertanyaan	Tipe Pertanyaan	Rata-rata Nilai Jawaban	Nilai Bobot untuk Tiap Waste						
				W _{o,k}	W _{WIP,k}	W _{d,k}	W _{m,k}	W _{t,k}	W _{p,k}	W _{w,k}
1	Man	<i>To motion</i>	1,00	0,67	0,67	0,67	1,11	0,44	0,67	0,00
2		<i>From motion</i>	0,17	0,00	0,06	0,06	0,15	0,00	0,09	0,06
3		<i>From defects</i>	0,17	0,13	0,13	0,21	0,13	0,08	0,00	0,17
4		<i>From motion</i>	0,79	0,00	0,29	0,29	0,72	0,00	0,43	0,29
5		<i>From motion</i>	0,71	0,00	0,26	0,26	0,64	0,00	0,39	0,26
6		<i>From defects</i>	0,08	0,06	0,06	0,10	0,06	0,04	0,00	0,08
7		<i>From process</i>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00	0,06	0,02
8	Material	<i>To waiting</i>	0,83	0,67	0,00	1,33	0,67	0,67	0,67	1,67
9		<i>From waiting</i>	1,00	0,50	0,75	0,50	0,00	0,00	0,00	1,25
10		<i>From transportation</i>	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	2,29	0,00	0,92
11		<i>From WIP</i>	0,83	0,83	1,39	0,83	0,83	0,83	0,00	0,00
12		<i>From WIP</i>	0,38	0,38	0,63	0,38	0,38	0,38	0,00	0,00
13		<i>From defects</i>	0,29	0,22	0,22	0,36	0,22	0,15	0,00	0,29
14		<i>From WIP</i>	0,08	0,08	0,14	0,08	0,08	0,08	0,00	0,00
15		<i>From waiting</i>	0,25	0,13	0,19	0,13	0,00	0,00	0,00	0,31
16		<i>To defects</i>	0,13	0,19	0,19	0,31	0,13	0,13	0,19	0,13
17		<i>From defects</i>	0,13	0,09	0,09	0,16	0,09	0,06	0,00	0,13
18		<i>From transportation</i>	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,31	0,00	0,13
19		<i>To motion</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20		<i>From waiting</i>	1,00	0,50	0,75	0,50	0,00	0,00	0,00	1,25
21		<i>From motion</i>	0,13	0,00	0,05	0,05	0,11	0,00	0,07	0,05

22		<i>From transportation</i>	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,42	0,00	0,17
23		<i>From defects</i>	0,08	0,06	0,06	0,10	0,06	0,04	0,00	0,08
24		<i>From motion</i>	0,92	0,00	0,33	0,33	0,83	0,00	0,50	0,33
25		<i>From WIP</i>	0,79	0,79	1,32	0,79	0,79	0,79	0,00	0,00
26		<i>From WIP</i>	0,08	0,08	0,14	0,08	0,08	0,08	0,00	0,00
27		<i>To waiting</i>	0,92	0,73	0,00	1,47	0,73	0,73	0,73	1,83
28		<i>From defects</i>	1,00	0,75	0,75	1,25	0,75	0,50	0,00	1,00
29		<i>From waiting</i>	0,38	0,19	0,28	0,19	0,00	0,00	0,00	0,47
30		<i>From overproduction</i>	0,29	0,58	0,35	0,35	0,35	0,35	0,00	0,23
31		<i>To motion</i>	0,17	0,11	0,11	0,11	0,19	0,07	0,11	0,00
32	<i>Machine</i>	<i>From process</i>	0,50	0,43	0,43	0,43	0,43	0,00	0,71	0,29
33		<i>To waiting</i>	0,13	0,10	0,00	0,20	0,10	0,10	0,10	0,25
34		<i>From process</i>	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,00	0,12	0,05
35		<i>From transportation</i>	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,31	0,00	0,13
36		<i>To motion</i>	0,21	0,14	0,14	0,14	0,23	0,09	0,14	0,00
37		<i>From overproduction</i>	0,71	1,42	0,85	0,85	0,85	0,85	0,00	0,57
38		<i>From waiting</i>	0,79	0,40	0,59	0,40	0,00	0,00	0,00	0,99
39		<i>From waiting</i>	0,08	0,04	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,10
40		<i>To defects</i>	0,21	0,31	0,31	0,52	0,21	0,21	0,31	0,21
41		<i>From waiting</i>	0,83	0,42	0,63	0,42	0,00	0,00	0,00	1,04
42		<i>To motion</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
43		<i>From process</i>	0,17	0,14	0,14	0,14	0,14	0,00	0,24	0,10

44	<i>Method</i>	<i>To transportation</i>	0,08	0,17	0,17	0,11	0,00	0,28	0,00	0,00
45		<i>From motion</i>	0,58	0,00	0,21	0,21	0,53	0,00	0,32	0,21
46		<i>From waiting</i>	0,13	0,06	0,09	0,06	0,00	0,00	0,00	0,16
47		<i>To motion</i>	0,08	0,06	0,06	0,06	0,09	0,04	0,06	0,00
48		<i>To waiting</i>	0,04	0,03	0,00	0,07	0,03	0,03	0,03	0,08
49		<i>To defects</i>	0,04	0,06	0,06	0,10	0,04	0,04	0,06	0,04
50		<i>From motion</i>	0,38	0,00	0,14	0,14	0,34	0,00	0,20	0,14
51		<i>From defects</i>	0,04	0,03	0,03	0,05	0,03	0,02	0,00	0,04
52		<i>From motion</i>	0,17	0,00	0,06	0,06	0,15	0,00	0,09	0,06
53		<i>To waiting</i>	0,04	0,03	0,00	0,07	0,03	0,03	0,03	0,08
54		<i>From process</i>	0,83	0,71	0,71	0,71	0,71	0,00	1,19	0,48
55		<i>From process</i>	0,33	0,29	0,29	0,29	0,29	0,00	0,48	0,19
56		<i>To defects</i>	0,17	0,25	0,25	0,42	0,17	0,17	0,25	0,17
57		<i>From WIP</i>	0,79	0,79	1,32	0,79	0,79	0,79	0,00	0,00
58		<i>To transportation</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
59		<i>To motion</i>	0,21	0,14	0,14	0,14	0,23	0,09	0,14	0,00
60		<i>To transportation</i>	0,17	0,33	0,33	0,22	0,00	0,56	0,00	0,00
61		<i>To motion</i>	0,17	0,11	0,11	0,11	0,19	0,07	0,11	0,00
62		<i>To motion</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
63		<i>From motion</i>	0,29	0,00	0,11	0,11	0,27	0,00	0,16	0,11
64		<i>From motion</i>	0,50	0,00	0,18	0,18	0,45	0,00	0,27	0,18
65		<i>From motion</i>	0,08	0,00	0,03	0,03	0,08	0,00	0,05	0,03
66		<i>From overproduction</i>	0,88	1,75	1,05	1,05	1,05	1,05	0,00	0,70

67	<i>From process</i>	0,92	0,79	0,79	0,79	0,79	0,00	1,31	0,52
68	<i>From defects</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>new score (sj)</i>			18,18	19,913	21,23	18,775	13,194	10,277	18,011
<i>new frequency (fj)</i>			8	11	13	19	8	19	11

Lampiran 9. Data Lost Time

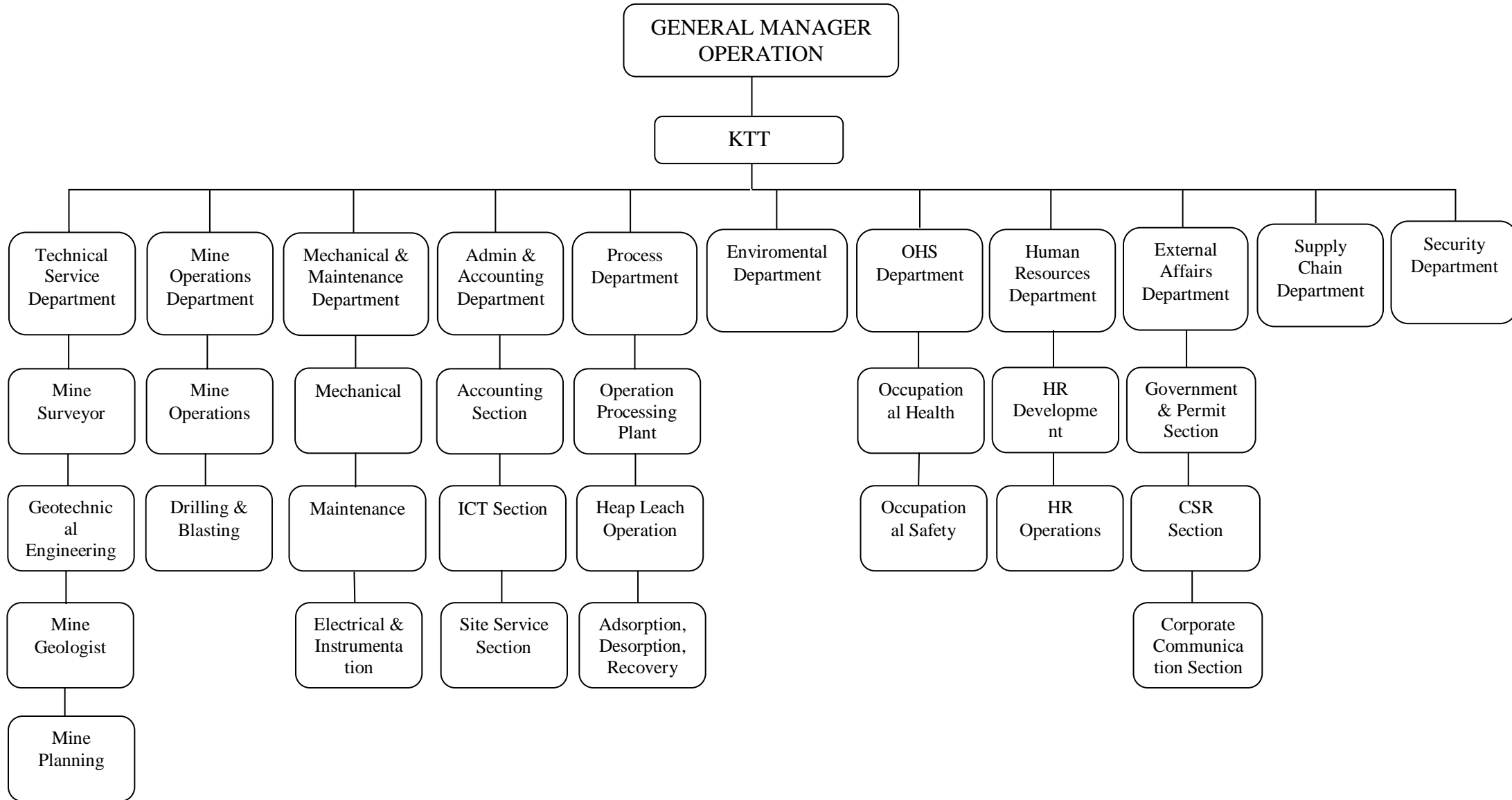
No.	Penyebab		Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	rata-rata <i>lost time</i> (menit/bulan)	menit/hari
1	<i>Large Rocks Blockage</i>	mesin 1	1083	1092	1282	1277	1121	574	265	956,29	31,88
		mesin 2	2194	1904	1702	1547	1310	769	452	1411,14	47,04
2	<i>Choke material</i>	mesin 1	147	568	454	81	363	785	1917	616,43	20,55
		mesin 2	332	540	1203	324	268	1137	1723	789,57	26,32
3	<i>Unplanned shutdown</i>	mesin 1	1015	0	68	0	281	3079	0	634,71	21,16
		mesin 2	88	212	126	822	385	374	1189	456,57	15,22
4	<i>Planned maintenance shutdown</i>	mesin 1	4794	1751	1538	2201	2970	1682	1770	2386,57	79,55
		mesin 2	1876	2907	1448	3199	1492	1435	2666	2146,14	71,54
5	<i>Clean up</i>	mesin 1	924	398	362	393	313	218	263	410,14	13,67
		mesin 2	610	256	250	328	171	147	187	278,43	9,28
6	<i>Clay Material Blockage</i>	mesin 1	398	0	58	58	0	105	0	88,43	2,95
		mesin 2	301	14	0	179	3	317	136	135,71	4,52
7	<i>Blocked discharge chute</i>	mesin 1	299	63	551	376	116	347	203	279,29	9,31
		mesin 2	108	0	381	18	10	34	49	85,71	2,86
8	<i>Blockage</i>	mesin 1	238	294	456	207	21	215	700	304,43	10,15
		mesin 2	734	141	45	294	18	100	12	192,00	6,40
9	<i>Metal detected ore</i>	mesin 1	250	41	576	387	70	27	9	194,29	6,48
		mesin 2	42	42	934	192	52	22	0	183,43	6,11
10	<i>Power supply</i>	mesin 1	235	1467	610	435	308	945	486	640,86	21,36

	<i>Blackout</i>	mesin 2	325	438	796	254	624	301	301	434,14	14,47
11	<i>Remove tramp material</i>	mesin 1	297	280	193	186	189	243	184	224,57	7,49
		mesin 2	381	276	257	201	253	259	267	270,57	9,02
12	<i>Underspeed alarm</i>	mesin 1	140	95	219	59	40	41	135	104,14	3,47
		mesin 2	0	80	60	177	63	22	70	67,43	2,25
13	<i>Belt drifted</i>	mesin 1	718	263	33	117	164	175	256	246,57	8,22
		mesin 2	246	10	66	26	118	6	6	68,29	2,28

Lampiran 10. Nilai *Lost Time* tiap Mesin Crusher

No	Penyebab	<i>Lost time (minutes/day)</i>	
		Mesin 1	Mesin 2
1	<i>Large Rocks Blockage</i>	31,88	47,04
2	<i>Choke material</i>	20,55	26,32
3	<i>Unplanned shutdown</i>	21,16	15,22
4	<i>Planned maintenance shutdown</i>	79,55	71,54
5	<i>Clean up</i>	13,67	9,28
6	<i>Clay Material Blockage</i>	2,95	4,52
7	<i>Blocked discharge chute</i>	9,31	2,86
8	<i>Blockage</i>	10,15	6,40
9	<i>Metal detected ore</i>	6,48	6,11
10	<i>Power supply Blackout</i>	21,36	14,47
11	<i>Remove tramp material</i>	7,49	9,02
12	<i>Underspeed alarm</i>	3,47	2,25
13	<i>Belt drifted</i>	2,28	2,28
Jumlah		230,28	217,30

Lampiran 11. Struktur Organisasi Perusahaan



BIOGRAFI PENULIS



Nama : Liga Indriyani
Tempat Tanggal Lahir : Banyuwangi, 30 Januari 1994
Email : ligaindriyani027@gmail.com

Penulis merupakan mahasiswa yang berasal dari kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis lulus dari pendidikan dasar di Sekolah Dasar Negeri (SDN) 6 Kebondalem, Banyuwangi pada tahun 2006. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah di SMPN 1 Bangorejo, Banyuwangi yang lulus pada tahun 2009. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 1 GIRI, Banyuwangi dan lulus pada tahun 2012. Selanjutnya penulis menempuh studi Diploma di D3 Teknik Kimia ITS Surabaya yang lulus pada tahun 2015. Kemudian pada tahun 2016 penulis melanjutkan pendidikannya ke jenjang S1 yaitu S1 Teknik Kimia di ITS Surabaya dan lulus pada tahun 2018. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikannya lagi ke jenjang S2 di program studi Manajemen Industri MMT-ITS Surabaya pada tahun 2018. Penulis memiliki ketertarikan pada bidang Manajemen Strategi dan Kapita Selektanya khususnya tentang *Lean* dan *Green Productivity*.