USULAN PENERAPAN LEAN SIX SIGMA UNTUK MEMINIMASI DEFECT MISRUN PRODUK PULLEY CV. MITRA KARYA UTAMA

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1 Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Nama : Muhammad Fachrezi Munawar

No. Mahasiswa : 19522360

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengetahui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 17 – Mei – 2023



(Muhammad Fachrezi Munawar)

19522360

SURAT BUKTI PENELITIAN

PENGECORAN LOGAM & PERMESINAN

MITRA KARYA UTAMA

1. BATUR, TEGALREJO, CEPER, KLATEN
2. JL. RAYA BESOLE - CEPER
Telp/Fax (0272) 551479

Surat Keterangan Selesai Penelitian

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Bayu Prasetyo Aji

Jabatan : Penanggung jawab Kegiatan

Dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : Muhammad Fachrezi Munawar

NIM : 19522360

Jurusan : Teknik Industri

Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Universitas : Universitas Islam Indonesia

Telah selesai melakukan penelitian di CV Mitra Karya Utama untuk memperoleh data yang digunakan dalam penyusunuan tugas akhir dengan judul "Penerapan Lean Six Sigma Produk Pulley CV. Mitra Karya Utama" pada periode 2 Oktober 2022 sampai 22 Desember 2022

Demikian surat keterangan ini dibuat dan diberikan kepada yang bersangkutan untuk digunakan dengan semestinya.

Klaten, 2 Januari 2023



Muhammad Bayu Prasetyo Aji

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

USULAN PENERAPAN LEAN SIX SIGMA UNTUK MEMINIMASI DEFECT MISRUN PRODUK PULLEY CV. MITRA KARYA UTAMA

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Fachrezi Munawar

No. Mahasiswa : 19522360

Yogyakarta, 12 Mei 2023

Dosen Pembimbing 1

Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

USULAN PENERAPAN LEAN SIX SIGMA UNTUK MEMINIMASI DEFECT MISRUN PRODUK PULLEY CV. MITRA KARYA UTAMA

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : **Muhammad Fachrezi Munawar**

No. Mahasiswa : **19522360**

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Tekonologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 17 Mei 2023

Tim Penguji

Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng.	
Ketua	
Ir. Ali Parkhan, M.T.	
Anggota I	
Ir. Abdullah 'Azzam, S.T., M.T., IPM	
Anggota II	

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Ir. Muhammad Nizar Ali Murtadho, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

NIP. 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan Bismillah, Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya, adik saya, sahabat dan teman-teman yang telah memberikan doa dan dukungan penuh kepada saya agar dapat menyelesaikan seluruh proses perkuliahan hingga akhir pada Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta dengan baik. Semoga Allah SWT senantiasa melipat gandakan seluruh kebaikan selama ini dengan surga-Nya. Bersamaan dengan ini teriring doa dan harapan semoga Tugas Akhir ini dapat menjadi bermanfaat bagi masyarakat luas, dan dapat membanggakan orang tua yang saya sayangi. Selain itu saya ucapkan terima kasih kepada Yuli Agusti Rochman, ST., M. Eng selaku dosen pembimbing Tugas Akhir ini, Mas Muhammad Bayu Prasetyo Aji selaku pembiming lapangan CV. Mitra Karya Utama, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan sebagaimana mestinya.

MOTTO

Jika kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar, maka kamu harus menahan perihnya kebodohan” -Imam Syafi’i

"Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan."
QS. Al-Insyirah: 5-6

“Barang siapa yang tidak mensyukuri yang sedikit, makai ia tidak akan mampu mensyukuri sesuatu yang banyak.”
H.R Ahmad

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'Ala atas berkat rahmat serta nikmat-Nya sehingga pembuatan Laporan Tugas Akhir dengan judul **"Usulan Penerapan Lean Six Sigma Untuk Meminimasi Defect Misrun Produk Pulley CV. Mitra Karya Utama",** ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahlimpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman jahiliyah menuju zaman terang benderang. Serta para sahabat, keluarga serta pengikutnya hingga akhir zaman. Semoga kita semua mendapat syafa'atnya hingga akhir zaman. Aamiin Yaa Rabbal Alamii.

Tugas Akhir merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu (S1) Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Tugas Akhir ini bertujuan untuk menyelaraskan ilmu yang telah didapatkan dibangku perkuliahan dengan realita yang ada pada dunia kerja. Harapannya, penulis mampu menerapkan ilmu yang didapatkan dengan baik dan dapat dipertanggungjawabkan. Terkait hal itu, penulis berharap dengan dibuatnya laporan ini, maka dapat menambah ilmu pengetahuan bagi pembaca maupun penyusun. Dalam pelaksanaannya, disadari telah banyak mendapat pengetahuan, ilmu, bimbingan, arahan maupun saran dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati, izinkanlah penulis untuk menyampaikan terimakasih dengan rasa hormat kepada semua pihak yang sudah berjasa dalam penyelesaiannya. Penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Anwar Sadat dan Ibu Rosidah yang selalu memberikan doa, nasehat dan dukungan sehingga penulis dapat berjuang dan menyelesaikan Tugas Akhir hingga saat ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Yuli Agusti Rochman, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing satu laporan Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan serta arahan, motivasi, dan ilmu yang telah beliau berikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini
6. Mas Muhammad Bayu Prasetyo Aji selaku penanggung jawab CV. Mitra Karya Utama, Klaten yang telah membantu penulis dalam pembuatan laporan Tugas Akhir. Serta atas waktunya yang telah diluangkan saat pengambilan data.
7. Kepala Laboratorium, Laboran, Asisten Angkatan 2019 dan 2020 Laboratorium Sistem Manufaktur Terintegrasi (SIMAN) yang telah memberikan semangat dan dukungannya.
8. Kepada seluruh teman dan sahabat saya, yang telah memberikan semangat dan dukungannya.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terkait dan turut membantu dalam penyelesaian laporan ini. Semoga kebaikan yang diberikan oleh semua pihak kepada penulis menjadi amal sholeh yang senantiasa mendapat balasan dan kebaikan yang berlipat dari *Allah Subhanhu Wa Ta'ala*. Amin.

Yogyakarta, 11 Mei 2023



Muhammad Fachrezi Munawar

NIM. 19522360

ABSTRAK

CV. Mitra Karya Utama (MKU) merupakan perusahaan swasta yang bergerak dalam bidang pengecoran logam berupa *ferro casting* (FC), *ferro casting ductile* (FCD) dan *steel.* Salah satu produk yang dihasailkan adalah produk *pulley*, dimana produk ini berfungsi sebagai komponen penghubung putaran, umumnya digunakan pada mesin bubut. Pada proses produksi *pulley* ditemukan permasalahan yang terjadi pada *7 waste*. *Waste defect* merupakan *waste* yang paling berpengaruh terhadap terjadinya *7 waste* dengan persentase metode *Waste Assesment Model* (WAM) terbesar senilai 19,29% yang membuat *waste* prioritas untuk diminimalisir. Berdasarkan rata-rata DPMO senilai 47887,9172 dan rata-rata *level sigma* senilai 3,198 menunjukan masih perlu peningkatakan kualitas untuk meningkatkan nilai *level sigma* yang lebih tinggi. Diketahui terdapat 4 faktor terjadinya *defect pulley* dimana berdasarkan diagram pareto persentase tertinggi terjadi pada kegagalan *misrun* dengan persentase sebesar 42,62%. Hasil analisa penyebab terjadinya *misrun* pada produk *pulley* menggunakan metode *Mode and Effects Analysis* (FMEA) terdapat tiga penyebab kegagalan utama yang memiliki skor kategri RPN "tinggi" untuk segera diperbaiki yaitu proses *pouring* terlalu lambat, proses *pouring* terlalu tinggi dan kesalahan pembuatan cetakan cor. Hasil rekomendasi perbaikan pada tahapan 5W+1H dimana perusahaan perlu melakukan sosialisasi, pengawasan dan implementasi SOP dalam proses pengecoran yang benar, penyesuaian lingkungan kerja dalam hal penambahan kipas angin dan relokasi penempatan *tanur* juga harus dilakukan, terakhir penambahan penggunaan *pouring basing* untuk menjaga tekanan logam cair pada saat proses *pouring*. Selain itu perusahaan perlu melakukan *controlling* secara berkala terhadap rekomenadasi yang sudah dirancang berdasarkan *tracking checksheet supervisor area produksi*.

Kata Kunci: *Waste*, *Defect*, *Sigma*, FMEA

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ..... **i**
SURAT BUKTI PENELITIAN ..... **ii**
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ..... **iii**
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI ..... **iv**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **v**
MOTTO ..... **vi**
KATA PENGANTAR ..... **vii**
ABSTRAK ..... **ix**
DAFTAR ISI ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xiii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang **1**
1.2 Rumusan Masalah **3**
1.3 Tujuan Penelitian **3**
1.4 Batasan Penelitian **4**
1.5 Manfaat Penelitian **4**
BAB II KAJIAN LITERATUR **5**
2.1 Kajian Induktif **5**
2.2 Landasan Teori **19**
2.2.1 Pengertian Kualitas **19**
2.2.2 Dimensi Kualitas **19**
2.2.3 Pengertian Pengendalian Kualitas **20**
2.2.4 Definisi *Lean* **21**
2.2.5 *Waste* **21**
2.2.6 Klasifikasi Aktivitas **22**
2.2.7 Definisi *Six Sigma* **22**
2.2.8 *Value Stream Mapping* (VSM) **24**
2.2.9 *Value Stream Analysis Tool* (VALSAT) **24**
2.2.10 *Process Activity Mapping* (PAM) **26**
2.2.11 *Waste Assesment Model (WAM)* **26**

2.2.12 Peta Kendali (*Control Chart*) 36
2.2.13 *Critical to Quality* (CTQ) 36
2.2.14 Diagram Pareto 37
2.2.15 *Fishbone* 37
2.2.16 *Fault Tree Analysis* (FTA) 38
2.2.17 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) 38
BAB III METODE PENELITIAN 43
3.1 Objek Penlitian 43
3.2 Jenis Data 43
3.3 Metode Pengumpulan Data 44
3.4 Alur Penelitian 45
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 49
4.1 Pengumpulan Data 49
4.1.1 Profil Perusahaan 49
4.1.2 Proses Produksi 50
4.1.3 Data Produksi 61
4.1.4 Data *Defect* 61
4.2 Pengolahan Data 62
4.2.1 *Define* 62
4.2.2 *Measure* 111
4.2.3 *Analyze* 117
4.2.4 *Improve* 135
4.2.5 *Control* 141
BAB V PEMBAHASAN 143
5.1 *Define* 143
5.1.1 Analisis *Value Stream Mapping* (VSM) 143
5.1.2 Analisis *Waste Assessment Model* (WAM) 145
5.2 *Measure* 147
5.2.1 Analisis *Critical to Quality* (CTQ) 147
5.2.2 Analisis Nilai *Defect per Million Opportunity* (DPMO) 148
5.2.3 Analisis *Control P Chart* 150
5.3 *Analyze* 152
5.3.1 Analisis Diagram Pareto 152

5.3.2 Analisis Diagram *Fishbone* 153
5.3.3 Analisis *Fault Tree Analysis* (FTA) 156
5.3.4 Analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) 158
5.3.5 Analisis 5W+1H 159
5.4 *Improve* 160
BAB VI PENUTUP 162
6.1 Kesimpulan 162
6.2 Saran 163
DAFTAR PUSTAKA 165
LAMPIRAN 170

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu 13
Tabel 2. 2 *Level Sigma* dan DPMO 24
Tabel 2. 3 Pembobotan VALSAT 25
Tabel 2. 4 Penjelasan Hubungan *Waste* 27
Tabel 2. 5 Kuesioner SWR 32
Tabel 2. 6 Matriks WRM 33
Tabel 2. 7 Kriteria *Severity* FMEA 39
Tabel 2. 8 Kriteria *Occurance* FMEA 40
Tabel 2. 9 Kriteria *Detection* FMEA 41
Tabel 2. 10 Kategori RPN 42
Tabel 4. 1 Pesanan *Pulley* 61
Tabel 4. 2 Data *Defect Pulley* 62
Tabel 4. 3 *Input Value Stream Mapping* (VSM) 63
Tabel 4. 4 Rekapitulasi *Lead Time* dan *Cycle Time* 67
Tabel 4. 5 *Waste Defect* 69
Tabel 4. 6 Kuesioner VALSAT 72
Tabel 4. 7 Matriks Pembobotan VALSAT 75
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Bobot VALSAT 76
Tabel 4. 9 *Process Activity Mapping* (PAM) 78
Tabel 4. 10 Rekapitulasi *Process Activity Mapping* 88
Tabel 4. 11 Kuesioner SWR 90
Tabel 4. 12 Symbol Hubngan SWR 93
Tabel 4. 13 Rekapitulasi Symbol Hubungan SWR 93
Tabel 4. 14 Matriks WRM 94
Tabel 4. 15 Nilai Symbol SWR 95
Tabel 4. 16 Rekapitulasi Nilai WRM 95
Tabel 4. 17 Kuesioner WAQ 96
Tabel 4. 18 Pengelompokan Pertanyaan WRM 104
Tabel 4. 19 Pembobotan Awal 7 *Waste* 104
Tabel 4. 20 Perhitungan Skor (Sj) dan Frekuensi (Fj) 108

Tabel 4. 21 Persentase 7 *Waste* 110
Tabel 4. 22 Perhitungan DPMO dan *Level Sigma* 114
Tabel 4. 23 Peta Kendali *P-Chart* 116
Tabel 4. 24 Diagram Pareto 118
Tabel 4. 25 *Fault Tree Analysis* (FTA) *Defect Misrun* 125
Tabel 4. 26 *Risk Priority Number* (RPN) 128
Tabel 4. 27 *Failure Mode and Effects Analysis Defect Misrun* 129
Tabel 4. 28 5W+1H *Defect Misrun* 132
Tabel 4. 29 JSA Area Pengecoran 136
Tabel 4. 30 SOP Proses *Pouring* 139
Tabel 4. 31 SOP Proses Pembuatan Cetakan Cor 140
Tabel 4. 32 *Checksheet Supervisor* 141

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hubungan *Waste* 27
Gambar 3. 1 Alur Penelitian..... 45
Gambar 4. 1 Layout Produksi 50
Gambar 4. 2 Alur Produksi 51
Gambar 4. 3 Persiapan Cetakan 52
Gambar 4. 4 Alur Proses Persiapan Cetakan 52
Gambar 4. 5 Peleburan..... 53
Gambar 4. 6 Alur Proses Peleburan 53
Gambar 4. 7 *Pouring*..... 53
Gambar 4. 8 Alur Proses Pouring 54
Gambar 4. 9 Pembongkaran..... 54
Gambar 4. 10 Alur Proses Pembongkaran 54
Gambar 4. 11 *Shakeout* 55
Gambar 4. 12 Alur Proses Shakeout 55
Gambar 4. 13 *Semifinishedgood* 56
Gambar 4. 14 Alur Proses *Semifinishedgood*..... 56
Gambar 4. 15 Pemakanan Jalur *Belt* 57
Gambar 4. 16 Alur Proses Pemakanan Jalur *Belt* 57
Gambar 4. 17 Pemakanan Sisi 57
Gambar 4. 18 Alur Proses Pemakanan Sisi..... 57
Gambar 4. 19 Pemakanan Permukaan 58
Gambar 4. 20 Alur Proses Pemakanan Permukaan..... 58
Gambar 4. 21 *Drilling*..... 59
Gambar 4. 22 Alur Proses *Drilling* 59
Gambar 4. 23 Pendempulan..... 59
Gambar 4. 24 Alur Proses Pendempulan 59
Gambar 4. 25 Pengecatan..... 60
Gambar 4. 26 Alur Proses Pengecatan..... 60
Gambar 4. 27 *Finishedgood*..... 60
Gambar 4. 28 Alur Proses *Finishedgood* 60
Gambar 4. 29 *Waste Inventory*..... 68

Gambar 4. 30 *Defect Misrun* 69
Gambar 4. 31 Defect Permukaan Kasar 69
Gambar 4. 32 *Defect Shrinkage* 69
Gambar 4. 33 *Defect Gas Hole* 69
Gambar 4. 34 *Waste Motion* 70
Gambar 4. 35 *Waste Transportation* 71
Gambar 4. 36 *Value Stream Mappin* Produksi Pulley 89
Gambar 4. 37 CTQ *Misrun* 112
Gambar 4. 38 CTQ *Gas Hole* 112
Gambar 4. 39 CTQ *Shrinkage* 113
Gambar 4. 40 CTQ Permukaan Kasar 113
Gambar 4. 41 Grafik DPMO 115
Gambar 4. 42 Grafik *Level Sigma* 115
Gambar 4. 43 Grafik Peta Kendali *P Chart* 117
Gambar 4. 44 Grafik Diagram Pareto 118
Gambar 4. 45 Diagram *Fishbone Defect Misrun* 119
Gambar 4. 46 *Fault Tree Analysis Defect Misrun* 124
Gambar 5. 1 Grafik DPMO 148
Gambar 5. 2 Grafik *Level Sigma* 149
Gambar 5. 3 Peta Kendali *P Chart* 151
Gambar 5. 4 Diagram Pareto *Defect Pulley* 152

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan dunia industri menyebabkan semakin ketatnya persaingan industri itu sendiri. Terkait hal tersebut sebuah perusahaan harus lebih *responsive* dalam menyikapi dan menghadapi persaingan. Hal ini menuntut persuahaan untuk selalu dapat menemukan dan menyikapi permasalahan secara terus menerus. Kaizen adalah perbaikan secara terus menerus yang dilakukan dengan menghilangkan pemborosan. Mengurangi pemborosan secara terus menerus akan membuat perusahaan semakin baik dan efektif dalam meningkatkan kualitas terutama pada lini produksi untuk dapat bersaing dan meningkatkan keuntungan.

Pemborosan atau *waste* pada konteks pemikiran *lean* dinyatakan bahwa adanya aktivitas atau kegiatan bahwa pelanggan tidak membayar kegiatan tersebut karena tidak memiliki nilai tambah/*value added* (VA). Penerapan *Lean Manufacturing* dengan sekumpulan metode dapat digunakan untuk melakukan eliminasi pemborosan dan melakukan perbaikan secara berkelanjutan untuk meningkatkan aktivitas-aktivitas yang memiliki nilai tambah/*value added* (VA). Pemborosan yang dapat direduksi maupun dihilangkan akan memberikan dampak kepuasan pelanggan dan pemanfaatan sumber daya yang efisien.

Berdasarkan *Toyota Production System,* terdapat 7 pemborosan yang terjadi pada industri manufaktur, hal ini antara lain pemborosan *transportation, inventory, motion, waiting, overprocessing, overproduction* dan *defect*. Identifikasi terhadap pemborosan diperlukan model yang dapat mempermudah dan menyederhanakan proses pencarian permasalahan pemborosan. Identifikasi pemborosan pada penelitian ini menggunakan *Waste Assesment Model* (WAM). Hal ini memberikan kontribusi untuk mencapai hasil yang akurat dalam mengidentifikasi dan menganalisa pemborosan yang terjadi proses produksi.

Salah satu pemborosan yang secara langsung mempengaruhi kepercayaan konsumen merupakan *waste defect,* hal ini berdampak pada reputasi suatu perusahaan terutama perusahaan yang berperan sebagai *supplier* untuk mendapat kepercayaan pasar secara berkelanjutan. Untuk mencapai perbaikan kualitas secara

terus menerus diperlukan pendekatan *Lean Six Sigma*, hal ini bertujuan untuk mereduksi variasi, pengendalian proses dan peningkatan kualitas produk terus-menerus. Apabila perusahaan menghasilkan produk yang berkualitas, sesuai fungsi, dan harga sesuai dengan pasar, maka konsumen akan tertarik dengan produk serta produk tersebut dapat bersaing untuk meningkatkan keuntungan. Peningkatan kualitas pada perusahaan dapat dicapai dengan mempertahankan atau mengontrol kualitas dengan pengendalian kualitas, hingga mengurangi cacat produk dalam produksi. Produk cacat adalah produk yang tidak memenuhi spesifikasi standar yang ditentukan untuk mencapai spesifikasi standar, perusahaan harus memperbaikinya, dan pada saat yang sama akan meningkatkan biaya pengerjaan ulang karena peningkatan efisiensi produksi, *output*, ini akan meningkatkan kinerja.

CV. Mitra Karya Utama (MKU) perusahaan yang berperan sebagai *supplier* dengan sistem produksi *make to order* dimana fluktuasi permintaan produk harus dapat dipenuhi baik secara kuantitas maupun kualitas untuk memenuhi standar yang ditetapkan konsumen. Oleh karena itu CV. Mitra Karya Utama (MKU) harus mampu melakukan produksi dengan hasil produk akhir yang memiliki kualitas tinggi, sehingga produk yang dihasilkan dapat mampu digunakan pada komponen *part* oleh konsumen sebagai produk akhir yang berkualitas dan memberi kepuasan tinggi kepada konsumen.

Salah satu produk yang dihasilkan adalah produk *pulley*, penggunaan hasil produksi *pulley* pada CV. Mitra Karya Utama (MKU) berfungsi sebagai salah satu elemen mesin yang berfungsi sebagai komponen penghubung putaran, umumnya digunakan pada mesin bubut. Produksi *pulley* ini merupakan produk terbanyak untuk memenuhi pesanan sampai bulan Januari 2023 dengan jumlah produksi sebanyak 6055 produk. Berdasarkan 8 kali obervasi yang dilakukan pada periode November – Desember 2023 didapati terdapat 61 produk *defect* dari total 315 produk yang diamati dengan proporsi sebesar 0,194. Jumlah tersebut menjadi *opportunity lost* bagi perusahaan, hal ini perlu meruduksi proporsi *defect pulley* pada 0,1 atau 10%. Terkait hal tersebut peningkatan kualitas pada produk *pulley* merupakan langkah efeketif untuk mengurangi pemborsan *defect* secara signifikan.

Dari latar belakang diatas, melalui tugas akhir dengan judul “Usulan Penerapan Lean Six Sigma Untuk Meminimasi Defect Misrun Produk Pulley CV.

Mitra Karya Utama" dilakukan pendekatan *Lean Six Sigma*. Hal ini membantu perusahaan dalam melakukan perbaikan strategis berdasarkan keseluruhan alur produksi, selain itu pendekatan ini memberikan penyelesaian masalah yang dapat dilakukan secara kontinu atau terus menerus untuk dapat menjawab kebutuhan konsumen dan bersaiang pada pasar *supplier sparepart*. Hal ini dilakukan tahapan *Define, Meassure, Analyze, Improve* dan *Control* (DMAIC) sebagai langkah sistematis dalam menganalisa pemborosan sebagaimana penerapan *lean manufacturing* serta dilakukan analisa penyebab dan identifikasi risiko kegagalan dengan pemanfaatan beberapa metode yaitu *Valuse Stream Analysis Tools, Process Activity Mapping, Value Stream Mapping, Waste Assessment Model, Critical to Quality,* DPMO, *Control P Chart,* Diagram Pareto, Diagram *Fishbone*, *Fault Tree Analysis, Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan 5W+1H untuk perbaikan proses produksi *pulley* CV. Mitra Karya Utama.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah, sebagai berikut:

1. *Waste* apakah yang paling berpengaruh terhadap terjadinya *7 waste* pada proses produksi *pulley* CV. Mitra Karya Utama?
2. Berapa besar jumlah *defect*, nilai DPMO, dan *level sigma* pada *defect* produk *pulley* CV. Mitra Karya Utama?
3. Jenis *defect* apa yang diperbaiki pada produk *pulley* CV. Mitra Karya Utama?
4. Penyebab *defect misrun* apa yang terjadi pada produk *pulley* CV. Mitra Karya Utama?
5. Rekomendasi atau usulan perbaikan apa untuk meminimasi *defect misrun* produk *pulley* CV. Mitra Karya Utama?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah, sebagai berikut:

1. Mengetahui *waste* paling berpengaruh terhadap terjadinya *7 waste* pada proses produksi *pulley* CV. Mitra Karya Utama.

2. Mengetahui jumlah *defect,* nilai DPMO, dan *level sigma* pada *defect* produk *pulley* CV. Mitra Karya Utama.
3. Mengidentifikasi jenis *defect* yang diperbaiki pada produk *pulley* CV. Mitra Karya Utama.
4. Mengidentifikasi penyebab *defect misrun* yang terjadi pada produk *pulley* CV. Mitra Karya Utama.
5. Memberikan rekomendasi atau usulan perbaikan yang sesuai untuk meminimasi *defect misrun* produk *pulley* CV. Mitra Karya Utama.

1.4 Batasan Penelitian

Dalam memperjelas bahasan masalah yang diteliti, maka batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Tempat penelitian yang dijadikan objek penelitian adalah bagian area produksi CV. Mitra Karya Utama.
2. Pengambilan data pada CV. Mitra Karya Utama dilakukan pada periode 2 November – 22 Desember.
3. Penelitian ini dilakukan pada produk *pulley* dengan data historis periode produksi September 2022 – Desember 2022.
4. Penelitian ini berfokus pada pengendalian kualitas produksi *pulley* dan meminimalisir produk *defect pulley*.

1.5 Manfaat Penelitian

Maanfaat yang akan dicapai pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagi Penulis

   Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1 Jurusan Teknik Industri – Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bagi Perusahaan

   Hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan masukan atau saran bagi perusahaan agar dapat mengetahui *waste* yang ada. Selain itu, perusahaan dapat mempertimbangkan saran dan rekomendasi untuk diterapkan dalam mengurangi produk *defect* pada masa yang akan datang.
3. Bagi Pembaca

Penelitian ini dapat dijadikan rujukan literasi dan referensi untuk menambah ilmu pengetahuan maupun wawasan. Selain iu, penelitian ini dapat dijadikan pembanding untuk penelitian yang akan datang ataupun dapat dikembangkan menjadi peelitian yang lebih baik kedepannya.

BAB II
KAJIAN LITERATUR

2.1 Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan pembahasan mengenai penelitian terdahulu yang diperoleh dari jurnal, prosiding, seminar, dan lain sebagainya yang kemudian akan menjadi rujukan pada pembuatan tugas akhir ini. Penelitian terdahulu yang digunakan yaitu penelitian yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini. Banyak penelitian yang meneliti *Lean Six Sigma* dengan studi kasus dan metode yang berbeda-beda, beberapa diantaranya adalah sebagai berikut.

Pada penelitian dengan judul *Defect Analysis of Printing Process in Offset Printing Industry by Using Failure Mode Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA)* (Mulyana, Hartoyo, & Sianto, 2022) pada tahun 2022 pada perusahaan percetakan. Didapati permasalahan *defect* yang berdampak pada peningkatan biaya dan ketidakpuasan pelanggan. Metode yang digunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menemukan akar penyebab masalah terkait *defect*. FMEA digunakan untuk sumber masalah yang diprioritaskan. Selain itu, FTA digunakan untuk mengetahui akar dari masalah. Berdasarkan *Risk Priority Number* (RPN), tiga mode kegagalan dengan untuk RPN terbesar yaitu cacat cetakan, warna tidak sesuai standar dan cacat pada gambar. Didapati hasil rekomendasi perbaikan yaitu sosialisasi rencana *sampling* yang baik, desain pelatihan program, pengembangan kendali mutu, dan pemilihan pemasok yang baik.

Pada 2021 sebuah penelitian dilakukan oleh (Romadhani, Mahbubah, & Kurniawan, 2021) untuk mengeliminasi *defect* pada proses produksi *purified gypsum* di PT AAA. Permasalahan yang ada pada PT tersebut yaitu efektivitas

produksi dan peningkatan kualitas produk untuk mempertahankan *zero defect.* Pada penelitian ini menggunakan metode *Lean Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC, dimana diawali identifikasi pemborosan di *value stream* pada aktivitas proses produksi kemudian mengidentifikasi aktivitas bernilai tambah, tidak bernilai tambah, dan aktivitas perlu tetapi tidak bernilai tambah. Selanjutnya biaya perbaikan dan tingkat *Sigma* diukur serta diagram tulang ikan dan FMEA digunakan untuk menganalisis perioritas risiko. Penelitian ini menemukan tiga pemborosan yaitu *defect, waiting,* dan *inventory* sebagai fokus utama guna meningkatkan efektivitas sepanjang proses produksi. Didapati diperlukan penambahan 1 operator dan *preventive maintenance* mesin *hopper* dan *belt conveyor* merupakan alternatif terbaik guna efektivitas alur proses.

Pada 2021 penelitian yang dilakukan oleh (Yohanes & Ekoanindiyo, 2021) pada CV. Cipta Manunggal Ungaran merupakan perusahaan manufaktur yang menghasilkan produk sarung tangan untuk olahraga golf dengan kapasitas produksi 35.000 pcs per bulan. Permasalahan yang dialami adalah untuk menghilangkan pemborosan atay aktivitas yang tidak bernilai tambah. Metode yang digunakan *Lean Six Sigma* dengan tahapan DMAIC. Didapati CV. Cipta Manunggal Ungaran baru mencapai nilai DPMO 3,9 maka masih harus berusaha mengurangi jumlah cacat. Hasil penelitian nilai DPMO 3,8 dan merekomendasikan kepada perusahaan perbaikan di bidang operator, metode kerja, bahan baku, mesin, lingkungan dan tata letak lantai produksi.

Penelitian oleh (Kulsum, Rahman, & Febianti, 2021) pada tahun 2021 dengan judul *Identification and Proposed Strategy for Minimizing Defects Using the Lean six sigma Method in The Pallet Production Process* dilakukan pada perusahaan yang bergerak pada bidang pembuatan *pallet*. Didapati bahwa dalam produksi masih ditemukan pemborosan *defect.* Terkait hal itu penelitian ini bertujuan dalam identifikasi dan strategi meminimalkan produk *defect*. Hal ini dilakukan dengan pencarian *Critical to Quality* (CTQ) kemudian menggunakan metode *Waste Assessment Model* (WAM) dan *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA). Hal tersebut menghasilkan SOP dalam proses produksi seperti perawatan rutin mesin, penggunaan mesin oven yang baik untuk meminimalisir hasil produk *defect*. Persentase *Process Cycle Efficiency* (PCE) pada proses produksi pallet pada

saat *current state* sebesar 81,41% dan untuk *future state* sebesar 87,45%, sehingga terjadi peningkatan sebesar 6,04%.

Pada penelitian dengan judul *Quality Improvement on Optical Fiber Coloring Process using Fault Tree Analysis and Failure Mode and Effect Analysis* (Masykur & Oktora, 2021) tahun 2021 yang dilakukan pada perusahaan PT. Jembo Cable Company untuk produk *cable fiber optic*. Pada proses pewarnaan serat optic didapati kecacatan produk. Hal ini dilakukan penggunaan metode *Failure Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menganalisis faktor penyebab kecacatan produk. Didapati hasil Metode FTA menunjukkan cacat yang dominan dimana jenis yang terjadi pada proses pewarnaan serat optik adalah *stripped fiber*. Persentase cacat serat bergaris adalah 36% yang disebabkan oleh faktor mesin, material, dan metode. Hasil akhir dari metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah yang tertinggi *Nilai Risk Priority Number* (RPN) yaitu rumah tinta tersumbat (mati) dengan nilai RPN 294.

Pada penelitian dengan judul *Analysis and Defect Improvement Using FTA, FMEA, and MLR Through DMAIC Phase: Case Study in Mixing Process Tire Manufacturing Industry* oleh (Febriana & Hasbullah, 2021) pada tahun 2021 pada perusahaan produksi ban. Didapati permasalahan kualitas produk ban diakibatkan proses pencampuran yang didominasi oleh standar viskositas keluar pada baja kompon pemecah. Pada penelitian ini menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dan *Multiple Linear Regression* (MLR) untuk menguji korelasi antara akar penyebab yang ditemukan dengan penyebab utama masalah. Didapati hasil analasis terdapat tiga belas akar penyebab. Pada faktor tersebut variasi viskositas material dan penentuan kesesuaian proses desain memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) terbesar dan memiliki korelasi yang kuat dengan terjadinya *defect*. Didapati hasil perbaikan *defect* dapat mengurangi cacat hingga 34,5% dan mencapai yang target.

Pada 2020 penelitian oleh (Hairiyah, Amalia, & Nugroho, 2020) pada UD CJ Bakery memproduksi roti manis. Didapati permasalahan cacat produk yang berupa cacat ukuran, tekstur, dan warna. Metode yang digunakan adalah *Lean Six Sigma* dan Kaizen. Didapati penyebab *defect* adalah teknik pemotongan yang kurang efisien dengan nilai persentase kecacatan 28,97%. Cacat warna disebabkan

oleh lama proses dan suhu pengovenan berlebih (>170oC) dengan nilai persentase kecacatan 20,51%, sedangkan cacat tekstur disebabkan oleh terlalu lama proses proofing dengan nilai persentase kecacatan 50,51%. Usulan perbaikan untuk mengurangi nilai cacat produk meliputi ukuran, warna dan tekstur yaitu menggunakan teknik pemotongan yang baik dan benar, memperhitungkan waktu dan suhu pengovenan, serta membuat lemari proofing sederhana. Nilai *level sigma* sebelum adanya perbaikan 2,24 dengan nilai DPMO (*Defects Per Million Opportunities*) 259.333. Setelah dilakukan perbaikan diperoleh nilai *level sigma* 2,38 dan nilai DPMO 115.600.

Penelitian oleh (Muhazir, Sinaga, & Yusanto, 2020) pada PT. XXX merupakan perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur komponen kendaraan bermotor, produk yang diproduksi diantaranya dies, jig, dan komponen lainnya. Permasalahan yang didapati adalah *defect* produk dan terjadinya penurunan produktifitas perusahaan akibat *defect*. Produk yang terjadi *defect* yaitu komponen knalpot. Metode yang digunakan adalah 5W+2H, *Fishbone* dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Usulan yang diberikan adalah untuk menambahkan *stopper* dan juga pin datum untuk mengantisipasi terjadinya keausan pada pin datum yang mengakibatkan kelonggaran selama proses produksi, *stopper dies lower* dan *upper* bahan bakunya di proses *heat treatment* terlebih dahulu agar kekerasannya meningkat dan bahan tidak cepat aus. Penambahan *stopper* untuk mempermudah operator menentukan titik awal prosesnya, dan penurunan defect burry sangat signifikan dari 13,32% menjadi 2,01%.

Pada penelitian yang dilakukan (Robecca, Anthara, Silaban, & Situmorang, 2020) dengan judul *Product Quality Improvement by Using the Waste Assessment Model and Kipling Method*. Pada penelitian ini dilakukan identifikasi pemborosan, menghitung nilai pemborosan untuk memberikan saran dan mengurangi pemborosan. Metode yang digunakan mulai dari *Value Stream Mapping* untuk menggambarkan aliran produksi dan informasi pemborosan yang terjadi kemudian dilakukan identifikasi *waste* serta penggunaan metode *Waste Assesment Model* untuk menghitung penilaian pemborosan. Terdapat 6 jenis pemborosan yang terjadi, hal tersebut adalah *defect* 22,31%, *motion* 16,88%, *overproduction* 16,47%, *inventory* 15,32%, *transportation* 10,68%, *waiting* 10,17% dan *excessprocess*

8,17%. Hal tersebut menunjukan *defect* dengan hasil persentase terbesar kemudian menghasilkan rekomendasi untuk meminimasi *waste* tersebut. Rekomendasi tersebut merupakan bentuk visual dari kategori cacat, hal ini untuk membantu operator agar mengetahui *defect* yang sebenarnya terjadi. Dengan Perbaikan tersebut diharapkan akan mengurangi *defect* dan memenuhi target produksi.

Pada peneltian tahun 2020 oleh (Widyarto, Yuslistyari, & Ekayani, 2020) dengan judul *The Analysis of Waste in Paving Production Process by Using Lean 33 Six Sigma Method* terkait permasalahan *waste* pada CV. X. Didapati bahwa CV. X merupakan perusahaan bidang manufaktur untuk pembuatan paving, batako, trotoar jalan, buis beton, gorong-gorong, udith, dan panel yang berlokasi di Cilegon. Terdapat permasalahan terkait *waste* pada proses produksi paving yaitu pemborosan *waiting* dan *transportation*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui skor *Process Cycle Efficient* (PCE), dan *level sigma* paving hexagon. Metode yang digunakan adalah Lean Six Sigma dan FMEA didapati bahwa *Process Cycle Efficiency* (PCE) awal diperoleh sebesar 8,94%, tingkat sigma paving hexagon adalah 4,0, dan ditemukannya *waste waiting*, *transportation*, dan *defect*. Hasil perbaikan didapati skor *Process Cycle Efficiency* (PCE) meningkat menjadi 96,94% kemudia analisis FMEA bahwa jenis cacat limbah dengan tipe paving rusak menjadi prioritas perbaikan pertama karena memiliki nilai RPN yang paling besar yaitu 270 dan prioritas perbaikan terus menerus untuk mengurangi *waste* transportasi, cacat berdasarkan jenis paving retak, dan pemborosan *waiting*.

Pada penelitian oleh (Suhardi, K.S, & Jauhari, 2020) tahun 2020 dengan judul *Implementation of Value Stream Mapping to Reduce Waste in a Textile Products Industry* dilakukan identifikasi pemborosan pada lini produksi model bra di industri tekstil. Tujuan penelitian ini untuk meminimasi *waste* dan dampak keterlambatan pengiriman produk pada konsumen. Didapati jenis pemborosan dilakukan identifikasi dengan pendekatan *Waste Assessment Model* (WAM). Berdasarkan hal tersebut jenis pemborosan *motion* merupakan pemborosan paling dominan. Hal tersebut dilakukan penyederhanaan atau menghilangkan aktivitas yang tidak bernilai tambah, didapati hasil dapat mempercepat waktu produksi model Bra sebesar 3 menit dan meningkatkan nilai rata-rata *line efficiency* sebesar 6,17%.

Pada penelitian oleh (Ostadi & Masouleh, 2019) tahun 2019 dengan judul *Application of FEMA and RPN techniques for man-machine analysis in Tobacco Company* dilakukan pada perusahaan tembakau di Iran. Didapati terdapat *defect* pada lini produksi tembakau, hal ini mengakibatkan produktifitas tidak berbanding lurus dengan penggunaan sumberdaya. Metode yang digunakan merupakan FMEA untuk memprioritaskan dan mengkategorikan jenis kegagalan untuk diberikan rekomendasi perbaikan. Aspek sumberdaya manusia atau pekerja yang menjadi saran perbaikan. Hal ini disebabkan motivasi pekerja yang tidak stabil diakibatkan pendapatan dan kesenjangan karyawan. Rekomendasi yang diberikan untuk menyamakan beban kerja untuk meningkatkan kualiatas produksi tembakau.

Pada penelitian oleh (Kumar, Mohan, & Mohanasundarm, 2019) pada 2019 dengan judul *Lean Tool Implementation in the Garment Industry* yang dilakukan pada industri garmen didapati permasalahan *waste*. Pada penelitian ini dilakukan penggunaan metode *Lean, Value Stream Mapping* (VSM), 5S dan *line balancing*. Didapati bahwa terdapat pemborosan *waiting* dan *overproduction*, hal ini diakaibatkan jalur produksi yang tidak seimbang. Setelah penerapan *tools* tersebut didapati berkurangnya persediaan barang dalam proses, peningkatan proses produksi, dan kegiatan di lini produksi menjadi efisien. Hal yang sama setelah penerapan penerapan 5S, yang menunjukkan adanya pemanfaatan ruang pada proses penjahitan, hal tersebut membuat lini produksi menjadi lebih efektif dan efisien dibandingkan sebelum dilakukan perbaikan.

Penelitian dengan judul *Productivity Improvement of Cutting and Sewing Section by Implementation of Value Steam Method in a Garments Industry* (Bristia & Al-Mamunb, 2019) pada tahun 2019 pada perusahaan industri garmen. Pada produksi jaket dan kaos polo dengan fokus penelitian proses pemotongan dan penjahitan didapati permasalahan pemborosan yaitu *waiting*, *transportation* dan *over processing*. Permasalahan tersebut disebabkan jarak proses yang terlalu jauh dan ditemukan produk cacat yang harus di proses ulang, hal tersebut mengakibatkan pada waktu pengerjaan dan *lead time*. Terkait hal itu dilakukan penggunaan metode *lean* dengan *Value Stream Mapping* (VSM) sebagai analisa proses produksi dan upaya Kaizen untuk perbaikan berkelanjutan. Didapati hasil 56,62% efisiensi pada

lini produksi, total *cycle time* turun sebesar 60,85%, *value adding time* meningkat sebanyak 153,92%, serta non value adding time turun sebesar 10,78%.

Penelitian oleh (Nugraha & Sari, 2019) pada perusahaan garmen dimana terdapat permasalahan produk *defect* pada proses produksi. Pada proses penjahitan, terjadi defect dengan rata-rata persentase sebesar 6,67% pada tiga bulan pertama awal tahun 2019. Hal tersebut merupakan persentase kecacatan yang melebihi batas persentase perusahaan sebesar 5%, sehingga mengganggu proses produksi. Metode yang digunakan adalah FTA untuk menganalisa faktor terjadinya *defect*. Didapati tiga masalah utama penyebab terjadinya kecacatan produk yaitu jahitan yang tidak rapi, jahitan yang melebihi ukuran yang ditetapkan, dan jahitan yang dilurus. Rekomendasi permasalahan tersebut adalah pembuatan *System Operating Procedure* baru yang lebih terintegritas agar tingkat terjadinya kecacatan dapat menurun dan membuat form pengecekan mesin secara berkala.

Berdasarkan kajian yang telah disampaikan, memperlihatkan bawa terdapat berbagai macam metode yang dapat dilakukan untuk mengeliminasi pemborosan serta meningkatkan kualitas produk. Perbedaan yang dapat dilihat dari objek maupun metode penelitian yang digunakan. Pada penilitian kali ini memiliki permasalahan yang sama seperti penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yaitu tentang permasalah pada pemborosan produksi dan kecacatan suatu produk. Namun setiap produk memiliki alur produksi dan penanganan permasalahan kualitas nya masing-masing. Metode *Lean Six Sigma* digunakan dengan tahapan *define, measure, analyze, improve* dan *control* (DMAIC) serta dilengkapi metode terkait seperti *Value Stream Mapping* (VSM), *Value Stream Analysis Tools* (VALSAT), diagram *fishbone,* FMEA, FTA dan lain sebagainya pada analisa proses produksi guna mengeliminasi pemborosan.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Penulis	Objek Penelitian	Tahun	*Lean*	7 *waste*	WAM	DPMO	FTA	FMEA
1	*Defect Analysis of Printing Process in Offset Printing Industry by Using Failure Mode Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA)*	Ig. Jaka Mulyana, Samuel Sindhunata Hartoyo, & Martinus Edy Sianto	Proses Produksi Percetakan Kemasan	2022					v	v
2	Implementasi Metode *Lean Six Sigma* Guna Mengeliminasi *Defect* Proses Produksi *Purified Gypsum* Di PT AAA	Febri Romadhan, Nina Aini Mahbubah, & M. Dian Kurniawan	Proses Produksi Gypsum Murni	2021	v	v		v		v

3	Analisis Perbaikan untuk Mengurangi *Defect* pada Produk Pelindung Tangan dengan Pendekatan *Lean Six Sigma*	Antoni Yohanes, & Firman Ardiansyah Ekoanindiyo	Proses Produksi Sarung Tangan	2021	v	v		v			
4	*Identification and Proposed Strategy for Minimizing Defects Using the Lean Six Sigma Method in the Pallet Production Process*	Kulsum Kulsum, Reza Fawzi Rahman, & Evi Febianti	Proses Produksi *Pallet*	2021	v	v	v	v			v
5	Quality Improvement on Optical Fiber Coloring Process using Fault Tree Analysis and Failure	Rerandre Sofyan Masykur & Adriyani Oktora	Proses Pewarnaan Serat Optik	2021					v		v

6	Mode and Effect Analysis *Analysis and Defect Improvement Using FTA, FMEA, and MLR Through DMAIC Phase: Case Study in Mixing Process Tire Manufacturing Industry*	Tubagus Hendri Febriana & Hasbullah	Proses Produksi Ban	2021				v	v
7	Penerapan *Six Sigma* dan Kaizen untuk Memperbaiki Kualitas Roti di UD CJ Bakery	Nina Hairiyah, Raden Rizki Amalia, & Iwan Kusuma Nugroho	Proses Produksi Roti Manis	2020	v		v		

8	Analisis Penurunan *Defect* Pada Proses Manufaktur Komponen Kendaraan Bermotor Dengan *Metode Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA)	Achmad Muhazir, Zulkani Sinaga, & Ardi Arya Yusanto	Produk Komponen Knalpot Motor	2020				v
9	*Product Quality Improvement by Using the Waste assessment model and Kipling Method*	Robecca, Anthara, Silaban, & Situmorang	Proses Produksi Produk X	2020	v	v		
10	*The Analysis of Waste in Paving Production Process by Using Lean Six Sigma Method*	W O Widyarto, E I Yuslistyari, & L L Ekayani	Produk Paving	2020	v	v	v	v

11	*Implementation of Value Stream Mapping to Reduce Waste in a Textile Products Industry*	Bambang Suhardi, Maudiena Hermas Putri K.S & Wakhid Ahmad Jauhari	Proses Produksi Bra	2020	v	v	v		
12	*Application of FEMA and RPN techniques for man-machine analysis in Tobacco Company*	Bakhtiar Ostadi dan Mehrdad Saboory Masouleh	Proses Produksi Tembakau	2019					v
13	*Lean Tool Implementation in the Garment Industry*	D. Vasanth Kumar, G. Madhan Mohan, & K.M. Mohanasundarm	Proses Produksi Penjahitan	2019	v	v			
14	*Productivity Improvement of Cutting and Sewing*	Ummelewara Bristia & Md. Al-Mamunb	Proses Produksi	2019	v	v			

	Section by Implementation of Value Steam Method in a Garments Industry		Jaket dan Kaos Polo			
15	Analisis *Defect* dengan Metode *Fault Tree Analysis* dan *Failure Mode Effect Analysis*	Evan Nugrah & Rini Mulyani Sari	Proses Produksi Tahapan Penjahitan	2019	v	v

2.2 Landasan Teori

Dalam penelitian ini memuat beberapa istilah yang akan dijelaskan pada landasan teori. Istilah-istilah yang digunakan adalah sebagai berikut:

2.2.1 Pengertian Kualitas

Kualitas merupakan salah satu faktor penting dan utama dalam dunia bisnis, dalam suatu bisnis dimana baik atau buruknya kinerja suatu perusahaan dapat diukur dari kualitas barang ataupun jasa yang dihasilkan. Terdapat banyak definisi dan pengertian kualitas, setiap definisi tersebut memiliki makna yang tidak jauh berbeda satu dengan yang lainnya. Berikut merupakan beberapa pengertian mengenai kualitas menurut para ahli:

1. Pengertian kualitas suatu produk adalah keadaan fisik, fungsi, dan sifat suatu produk bersangkutan yang dapat memenuhi selera dan kebutuhan konsumen dengan memuaskan sesuai nilai uang yang telah dikeluarkan (Prawirosentono, 2007).
2. Kualitas adalah *conformance to requirement*, yaitu sesuai dengan yang disyaratkan atau distandarkan. Suatu produk memiliki kualitas apabila sesuai dengan standar kualitas yang telah ditentukan. Standar kualitas meliputi bahan baku, proses produksi dan produk jadi (Crosby, 1979).
3. Kualitas meliputi usaha memenuhi atau melebihi harapan pelanggan. Hal ini mencakup produk, jasa, manusia, proses serta lingkungan. Kondisinya selalu berubah-ubah misalnya apa yang dianggap kurang berkualitas pada masa mendatang (Tjiptono & Diana, 2003).

2.2.2 Dimensi Kualitas

Dimensi kualitas menurut (Gasperz, 2007) mengidentifikasikan 8 dimensi kualitas yang dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik kualitas barang sebagai berikut:

1. Performa (*performanc*e)

   Berekaitan dengan aspek fungsional dari produk dan merupakan karakteristik utama yang dipertimbangkan pelanggan ketika ingin membeli produk.
2. Keistimewaan (*feature*)

Berkaitan dengan performansi yang menambah fungsi dasar, berkaitan dengan pilihan dalam pengembangannya.

3. Keandalan (*reability*)
   Berhubungan dengan keandalan suatu produk dalam kondisi apapun produk harus baik.
4. Konformasi (*conformance*)
   Berkaitan dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan oleh konsumen.
5. Daya tahan (*durability*)
   Ukuran masa produk,berkaitan dengan masa tahan.
6. Kemampuan pelayanan (*serviceability*)
   Berkaitan dengan kecepatan, keramahan, kesopanan, kompetensi serta akurasi dalam perbaikan.
7. Estetika (*esthetics*)
   Merupakan karakteristik yang bersifat subyektif sehingga berkaitan dengan pertimbangan pribadi dan refleksi dari preferensi atau pilihan individual.
8. Kualitas yang dipersepsikan (*perceifed quality*)
   Bersifat subjektif, berkaitan dengan perasaan pelanggan dalam mengkonsumsi produk tersebut.

2.2.3 Pengertian Pengendalian Kualitas

Persaingan pada era globalisasi membuat suatu perusahaan dalam dunia industri bersaing ketat yang mendorong untuk mengembangkan pemikiran untuk lebih inovatif sehingga target dapat tercapai. Perusahaan membutuhkan cara efeketif untuk menghasilkan kualitas yang baik untuk suatu produk agar perusahaan dapat konsisten sesuai dengan keinginan pasar dengan menerapkan sistem pengendalian kualitas. Pengertian pengdenalian kualitas sendiri merupakan alat penting bagi manajemen untuk memperbaiki kualitas produk bila diperlukan, mempertahankan kualitas, yang sudah tinggi dan mengurangi jumlah barang yang rusak (Ariani, 2002).

2.2.4 Definisi *Lean*

Berdasarkan filosofi dari Toyota Management, *Lean* bertujuan untuk mengeliminasi *waste* sehingga dapat memberikan nilai untuk setiap kegiatan/ proses dan dapat memberikan perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) (Nicholas, 2010). *Lean* mengidentifikasi semua *waste* dan proses yang tidak berguna baik dalam perusahaan *manufacturing* atau *service* untuk memberikan kecepatan, fleksibilitas dan kualitas untuk proses yang ada (George, 2003). *Lean* digunakan untuk mengontrol semua sumber yang sesuai dengan keinginan dan kebutuhan konsumen (Arnheither & Maleyeff, 2005). Prinsip dari *Lean* sebenarnya adalah memahami nilai konsumen, nilai aliran, sistem tarik dan kesesuaian (Andersson, Eriksson, & Tortensson, 2006). Selain itu *Lean* juga berfokus pada pengurangan sumber *waste*, operasi yang tidak bernilai, dan beban yang tidak bernilai (Matson & Stauffer, 2009).

2.2.5 *Waste*

Salah satu tujuan dari pendekatan lean adalah eliminasi *waste*. *Waste* merupakan aktivitas, *delay*, atau material yang menghabiskan sumber daya namun tidak berkontribusi dalam memberikan nilai tambah terhadap produk (Ruffa, 2008). Klasifikasi *seven waste* adalah sebagai berikut (Wilson, 2010):

1. *Transportation*, pemborosan yang terjadi akibat perpindahan barang yang meliputi pemindahan bahan baku, pemindahan *work in process* (WIP), dan pemindahan *finished good*. Pemborosan jenis ini dapat dikurangi dengan cara mengurangi jarak antar departemen yang paling sering berinteraksi.
2. *Waiting*, pemborosan yang disebabkan oleh aktivitas menunggu, seperti menunggu informasi, bahan baku, dan mesin. Salah satu cara untuk mengurangi jenis pemborosan jenis ini adalah dengan mengantisipasi adanya *downtime* mesin.
3. *Overproduction*, pemborosan yang disebabkan karena produksi yang berlebih. Pemborosan jenis ini dapat dieliminasi dengan mengurangi inventori lokal yang belum masih diperlukan
4. *Defect*, jenis pemborosan yang disebabkan karena adanya produk yang tidak sesuai dengan kaarkteristik kualitas yang telah ditentukan, dengan kata lain

produk mengalami kecacatan. Jidoka merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengeliminasi *defect*. Jidoka mencegah adanya material yang buruk pada sistem produksi dan menemukan kekurangan sistem serta memperbaikinya.

5. *Inventory*, pemborosan yang disebabkan oleh penumpukan barang baik berupa *finished good*, *raw* material, maupun WIP. Contoh teknik yang dapat digunakan untuk mengeliminasi *inventory* adalah SMED dan minimum *lot sizes.*
6. *Motion*, pemborosan yang disebabkan oleh pergerakan manusia. Pemborosan jenis ini dapat dieliminasi dengan mengurangi pergerakan pekerja yang berlebihan dan melakukan reassignment.
7. *Excess processing*, pemborosan berupa proses yang berlebih yang tidak diinginkan oleh pelanggan. Eliminasi pemborosan jenis ini dapat dilakukan dengan mengurangi aktivitas yang termasuk kedalam *non value added activity*.

2.2.6 Klasifikasi Aktivitas

Menurut (Daneshgari & Wilson, 2008) semua akivitas dalam perusahaan dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Aktivitas *value added*, merupakan aktivitas yang diakui oleh pelanggan sebagai aktivitas yang memberikan nilai tambah terhadap produk sehingga produk tersebut sesuai dengan apa yang dibutuhkan oleh pelanggan.
2. Aktivitas *non value added but necessary*, merupakan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk bagi konsumen, namun sistem tidak dapat berjalan tanpa adanya kegiatan tersebut. Desain sistem yang tidak baik dapat menjadi salah satu penyebab adanya tipe aktivitas ini.
3. Aktivitas *non value added and not necessary*, termasuk *rework*, *error correction*, dan pemborosan (*waste*) lainnya dalam bentuk pekerja, biaya, ataupun material.

2.2.7 Definisi *Six Sigma*

Six Sigma Motorolla merupakan suatu metode atau teknik pengendalian kualitas dan peningkatan kualitas dramatik yang diterapkan oleh perusahaan Motorola sejak

tahun 1986, yang merupakan terobosan baru dalam bidang manajemen kualitas (Gasperz, 2007). *Six Sigma* adalah disiplin ilmu dengan menggunakan pendekatan pemecahan masalah statistik yang berfokus untuk memberikan perbaikan berkelanjutan pada proses dan mengurangi variasi (Lee & Chen, 2009). *Six Sigma* paling tepat didefinisikan sebagai metode peningkatan proses bisnis yang bertujuan untuk menemukan dan mengurangi faktor-faktor penyebab kecacatan dan kesalahan, mengurangi waktu siklus dan biaya operasi, meningkatkan produktivitas, memenuhi kebutuhhan pelanggan dengan lebih baik, mencapai tingkat pendayagunaan aset yang lebih tinggi, serta mendapatkan imbal hasil atas investasi yang lebih baik dari segi produksi ataupun pelayanan (Evans & Lindsay, 2007).

Sigma (σ) merupakan sebuah abjad Yunani yang menunjukkan standar deviasi dari suatu proses. Standar deviasi mengukur variasi atau jumlah persebaran suatu ratarata proses. Nilai sigma dapat diartikan seberapa sering cacat yang mungkin terjadi. Jika semakin tinggi tingkat sigma maka semakin kecil toleransi yang diberikan pada kecacatan sehingga semakin tinggi kapabilitas proses, dan hal itu dikatakan semakin baik. *six sigma* adalah sebuah sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan dan memaksimalkan kesuksesan bisnis. *six sigma* secara unik dikendalikan oleh pemahaman yang kuat terhadap kebutuhan pelanggan. Pemakaian yang disiplin terhadap fakta dan analisis statistik,dan perhatian yang cermat untuk mengelola menanamkan kembali proses bisnis (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2000).

Pada realisasi *Six Sigma* dibantu dengan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze*, *Improve, Control*), dimana metode ini sendiri merupakan singkatan yang mendefinisikan yang berarti mendefinisikan tujuan meningkatkan proses yang konsisten dengan permintaan pelanggan dan strategi perusahaan secara formal. *Six Sigma* merupakan konsep yang memberi toleransi kesalahan hanya 3,4 per sejuta peluang atau mendekati *zero defect* pada konsep *Lean. Six Sigma* juga memberikan pengukuran-pengukuran dengan skala statistikuntuk membantu mengukur proses-proses perbaikan produk. Pada *six sigma* dilakukan pengukuran nilai DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) dan tingkat sigma dengan mengkonversikan nilai DPMO ke dalam nilai *level sigma*. Perhitungan nilai DPMO dan konversi *level*

sigma dengan menggunakan rumus:

$$DPMO = \frac{Banyaknya\ Kegagalan}{Jumlah\ yang\ diperiksa\ x\ Banyaknya\ CTQ}\ x\ 1.000.000 \ldots..(2.1)$$

Tabel 2. 2 *Level Sigma* dan DPMO

Persentase Tanpa Kecacatan	DPMO	*Level sigma*
30,9%	690.000	1
69,2%	308.000	2
93,3%	66.800	3
99,4%	6.210	4
99,98%	320	5
99,9997%	3,4	6

2.2.8 *Value Stream Mapping* (VSM)

Value Stream Mapping merupakan sebuah alat proses pemetaan yang berfungsi untuk mengidentifikasi aliran material dan informasi pada proses produksi dari bahan menjadi produk jadi. Istilah lain mengenai *Value Stream Mapping* adalah sebuah metode visual untuk memetakan dan informasi dari masing-masing stasiun kerja. *Value Stream Mapping* ini dapat dijadikan titik awal bagi perusahaan untuk mengenali pemborosan dan mengidentifikasi penyebabnya. Dengan menggunakan *Value Stream Mapping* berarti memulai dengan gambaran besar dalam menyelesaikan permasalahan bukan hanya pada proses-proses tunggal dan melakukan peningkatan secara menyeluruh dan bukan hanya pada proses-proses tertentu saja. *Value Stream Mapping* digambarkan dengan simbol-simbol yang mewakili aktivitas. Dimana terdapat dua aktivitas yaitu *Value Added* (VA) dan *Non-Value Added* (NVA) (Majori, 2017).

2.2.9 *Value Stream Analysis Tool* (VALSAT)

VALSAT merupakan salah satu metode untuk merancang suatu *value* stream yang efektif, sehingga dapat diimplementasikan pada perusahaan. Selain itu, menurut (Daonil, 2021). Dalam menggunakan metode *VALSAT* dapat memberikan pengukuran subyektif dan obyektif yang dapat diterapkan dalam berbagai posisi

value stream, *tool* khusus yang dapat mengakomodasi jika terdapat jaringan kompleks yang sulit untuk dipisahkan, mengantisipasi kemungkinan duplikasi atau tiruan yang dilakukan oleh kompetitor karena memberikan kesempatan untuk menganalisa terobosan utama, dan dapat memasukkan dua level *Value* stream dalam proses analisa.

Terdapat tujuh macam *detailed mapping tools* yang paling sering digunakan (Hines & Rich, 1997). Hal tersebut antara lain *Process Activity Mapping, Supply Chain Response Matrix, Production Variety Funnel, Quality Filter Mapping, Demand Amplification Mapping, Decision Point Analysis,* dan *Physical Structure*. Perbandingan dari ketujuh *mapping tools* memiliki skala ordinal kemudian diubah menjadi skala numerik, dengan himpunan nilai [1, 3, 9]. Dari bobot *waste* yang telah didapat maka mengalikan dengan skala tersebut dan diperoleh *score overall structure.* Kemudian didapatkan nilai tertinggi dari semua *detailed mapping tools* yang akan digunakan. Berikut adalah tabel skala VALSAT.

Tabel 2. 3 Pembobotan VALSAT

Waste	**PAM**	**SCRM**	**PVF**	**QFM**	**DAM**	**DPA**	**PS**
Overproduction	L	M		L	M	M	
Waiting	H	H	L		M	M	
Transportation	H						L
Inappropriate Processing	H		M	L		L	
Un-necessary Inventory	M	H	M		H	M	L
Un-necessary Motion	H	L					
Defect	L			H			
Overall Structure	L	L	M	L	H	M	H

Keterangan:

H : *High correlation and usefulness* = 9

M : *Medium correlation and usefulness* = 3

L : *Low correlation and usefulness* = 1

2.2.10 *Process Activity Mapping* (PAM)

Process Activity Mapping (PAM) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk memetakan keseluruhan ativitas secara detail umtuk mengeliminasi *waste* sehingga tujuan meningkatkan kualitas produk dan memudahkan layanan, mempercepat proses dan mereduksi biaya diharapkan dapat terwujud. *Process Activity Mapping* akan memberikan gambaran aliran fisik dan informasi, waktu yang diperlukan untuk setiap aktivitas, jarak yang ditempuh dan tingkat persediaan produk dalam setiap tahap produksi. Identifikasi aktivitas terjadi karena adanya penggolongan aktivitas menjadi lima jenis yaitu operasi, transportasi, inspeksi, *delay* dan penyimpanan. Operasi dan inspeksi adalah aktivitas yang bernilai tambah. Sedangkan transportasi dan peyimpanan berjenis penting tetapi tidak bernilai tambah. Adapun *delay* adalah aktivitas yang dihindari untuk terjadi sehingga merukapan aktivitas yang berjenis tidak menilai tambah (Lestari & Susandi, 2019).

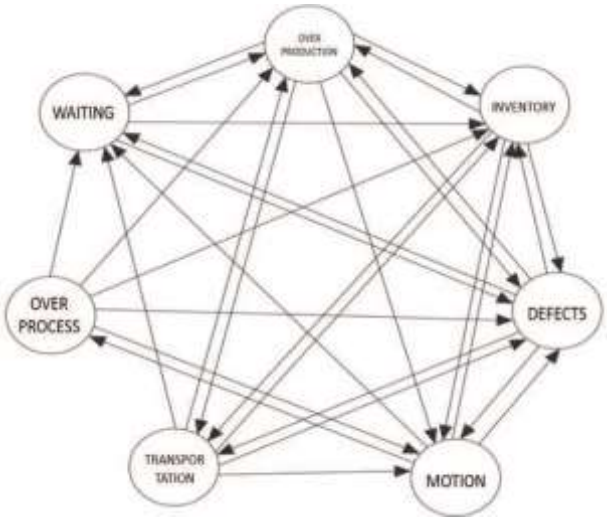
2.2.11 *Waste Assesment Model (WAM)*

Dalam mengetahui *waste* yang paling dominan dan membutuhkan perbaikan dengan segera perlu dilakukan identifikasi *waste*. Pada tahap identifikasi ini dibutuhkan suatu model untuk memudahkan dan menyederhanakan proses pencarian permasalahan *waste* (Rawabdeh, 2005). Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Waste Assessment Model* (WAM) yang terdiri dari *Waste Relationship Matrix* (WRM) dan *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ). Model ini memiliki kelebihan berupa matriks yang sederhana dan kuesioner yang mencakup banyak hal dan mampu memberikan kontribusi untuk mencapai hasil yang akurat dalam mengidentifikasi hubungan antar *waste* yang ada dan juga penyebab terjadinya *waste* (Rawabdeh, 2005).

1. *Seven Waste Relationship* (SWR)

   Semua *waste* saling bergantung satu sama lain, saling mempengaruhi dan dipengaruhi. Hubungan antar *waste* memang sangat kompleks karena disebabkan pengaruh dari setiap*waste* dapat muncul secara langsung atau tidak langsung. Hubungan antar *waste* yang satudengan yang lain dapat disimbolkan dengan menggunakan huruf pertama pada setiap *waste* (Rawabdeh, 2005). O untuk *overproduction*, I untuk *inventory*, D untuk *Defect*, Muntuk *motion*, E

untuk *Excessprocess*, T untuk *transpotation* dan W untuk *waiting*. Berikut merupakan penjelasan keterkaitan antar pemborosan yang telah dipaparkan oleh (Rawabdeh, 2005):



Gambar 2. 1 Hubungan *Waste*

Tabel 2. 4 Penjelasan Hubungan *Waste*

No	Pertanyaan	Total
1	*Overproduction_Defect*	Ketika operator produksi berlebih, maka probabilitas kekhawatiran akan kualitas dari produk akan semakin meningkat
2	*Overproduction_Waiting*	Ketika produksi berlebih, hasil yang didapatkan pada waktu yang lebih lama dan pelanggan berikutnya akan menunggu lebih lama lagi
3	*Overproduction_Transportation*	Produksi berlebih berpengaruh pada upaya transportasi yang lebih untuk dapat menyokong jumlah bahan yang melimpah

No	Pertanyaan	Total
4	*Overproduction_Inventory*	Produksi berlebih dan membutuhkan banyak bahan baku menyebabkan adanya stok bahan baku dan membuat adanya *work-in-process* yang dapat menghabiskan ruang dan mempertimbangkan kondisi sementara ketika tidak ada pelanggan yang mungkin tidak memesan
5	*Overproduction_Motion*	Produksi berlebih berpengaruh pada kebiasaan yang tidak ergonomis, dimana akan berpengaruh pada banyaknya gerakan berlebih yang sia-sia
6	*Inventory_Defect*	Peningkatan *inventory* (RM, WIP dan FG) dapat meningkatkan peluang terjadinya cacat dikarenakan kekurangan konsentrasi saat mengerjakan dan tidak cocok dengan kondisi penggudangan
7	*Inventory_Overproduction*	Tingkat persediaan bahan baku yang tinggi dapat mendorong pekerja untuk bekerja lebih dan dapat meningkatkan profitabilitas
8	*Inventory_Transportation*	Peningkatan *inventory* suatu saat dapat menghalangi gang (jalanan di sela-sela ruang), membuat aktivitas produksi menghabiskan banyak waktu untuk transportasi
9	*Inventory_Motion*	Peningkatan *inventory* akan meningkatkan waktu untuk mencari,

No	Pertanyaan	Total
		menyeleksi, menjangkau atau berpindah
10	*Defect_Overproduction*	Produksi berlebih memunculkan perilaku untuk dapat mengatasi masalah kekurangan bahan karena adanya bahan cacat
11	*Defect_Waiting*	Dengan adanya *rework* akan membuat proses selanjutnya menunggu
12	*Defect_Transportation*	Perpindahan produk setengah jadi yang cacat ke stasiun kerja sebelumnya membuat terjadinya pemborosan transportasi
13	*Defect_Inventory*	Memproduksi bahan setengah jadi yang cacat menimbulkan perlunya *rework* yang berarti bahwa meningkatkan adanya *inventory* karena *work in process*
14	*Defect_Motion*	Produksi cacat meningkatkan waktu untuk mencari, menyeleksi dan menginspeksi produk setengah jadi
15	*Motion_Defect*	Ketiadaan pelatihan dan standarisasi berarti bahwa persen cacat dapat meningkat
16	*Motion_Waiting*	Ketika standar tidak digunakan, waktu akan banyak dihabiskan untuk mencari, menggenggam, berpindah yang dapat mengakibatkan peningkatan waktu menunggu dari

No	Pertanyaan	Total
		stasiun yang satu ke stasiun selanjutnya
17	*Motion_Inventory*	Metode kerja yang tidak sesuai dengan standar dapat meningkatkan adanya *work in process*
18	*Motion_Excessprocessing*	Ketika pekerjaan tidak terstandarisasi, pemborosan proses dapat meningkat karena kekurangpahaman kapasitas yang tersedia
19	*Transportation_Defect*	*Material handling equipment* (MHE) sangat berperan untuk menentukan pemborosan dalam hal transportasi. MHE yang tidak cocok suatu saat dapat membahayakan produk yang dapat berakibat pada terjadinya kecacatan
20	*Transportation_Overproduction*	Barang yang diproduksi lebih dari kapasitas akan meningkatkan pemindahan
21	*Transportation_Waiting*	Apabila *material handling equipment* (MHE) tidak mencukupi, ini berarti bahwa item akan menganggur untuk menunggu dipindahkan
22	*Transportation_Inventory*	Ketidakcukupan *material handling equipment* (MHE) dapat menyebabkan *work in process* yang dapat berpengaruh pada proses selanjutnya

No	Pertanyaan	Total
23	*Transportation_Motion*	Ketika item ditransportasikan kemana saja ini berarti bahwa besar kemungkinan terjadinya pemborosan pergerakan
24	*Excessprocessing_Overproduction*	Untuk mengurangi biaya dari operasi per waktu proses, maka setiap proses didorong untuk beroperasi penuh, dimana hasilnya akan terjadi produksi berlebih
25	*Excessprocessing_Waiting*	Ketika teknologi yang digunakan tidak cocok, setup time dan *repetitive down time* sudah pasti akan menambah waktu tunggu
26	*Excessprocessing_Inventory*	Kombinasi operasi dalam satu sel akan mendapatkan hasil secara langsung untuk menurunkan jumlah *work in proces*s karena mengeleminasi *buffer*
27	*Excessprocessing_Motion*	Teknologi proses baru yang kekurangan training dapat menghasilkan pemborosan dalam hal pergerakan manusia
28	*Excessprocessing_Defect*	Jika mesin tidak dirawat sewajarnya, maka dapat menimbulkan cacat
29	*Waiting_Defect*	Item yang menunggu mungkin menyebabkan cacat pada kondisi yang tidak cocok
30	*Waiting_Overproduction*	Ketika terdapat proses menunggu karena *supplier* memasok konsumen lain, mesin ini suatu saat akan dipaksa untuk memproduksi lebih untuk

No	Pertanyaan	Total
		menjaga agar proses dapat tetap berjalan
31	*Waiting_Inventory*	Menunggu berarti banyak item daripada yang dibutuhkan pada satu titik, baik bahan baku, *work in process* ataupun produk jadi

Semua *waste* saling bergantung satu sama lain, saling mempengaruhi dan dipengaruhi. Hubungan antar *waste* memang sangat kompleks karena disebabkan pengaruh dari setiap*waste* dapat muncul secara langsung atau tidak langsung. Hubungan antar *waste* yang satudengan yang lain dapat disimbolkan dengan menggunakan huruf pertama pada setiap *waste* (Rawabdeh, 2005). O untuk *overproduction*, I untuk *inventory*, D untuk *Defect*, Muntuk *motion*, P untuk *process*, T untuk *transpotation* dan W untuk *waiting*. Berikut merupakan keterkaitan antar pemborosan yang telah dipaparkan oleh (Rawabdeh, 2005):

Tabel 2. 5 Kuesioner SWR

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
1	Apakah *waste* 1 menghasilkan *waste* 2?	a. Selalu	4
		b. Kadang-Kadang	2
		c. Jarang	0
2	Bagaimana jenis hubungan antara *waste* 1 dan *waste* 2?	a. Jika *waste* 1 naik maka *waste* 2 naik	2
		b. Jika *waste* 1 naik maka *waste* 2 tetap	1
		c. Tidak tentu, tergantung keadaan	0
3	Bagaimana dampak terhadap *waste* 1 karena *waste* 2?	a. Tampak secara langsung & jelas	4
		b. Butuh waktu untuk muncul	2

No	Pertanyaan	Pilihan Jawaban	Skor
		c. Tidak sering muncul	0
4	Bagaimana cara yang dapat dicapai untuk menghilangkan dampak *waste* 1 terhadap *waste* 2?	a. Metode *engineering*	2
		b. Sederhana & langsung	1
		c. Solusi untuk intruksional	0
5	Apa dampak utama yang dipengaruhi oleh *waste* 1 terhadap *waste* 2?	a. Kualitas produk	1
		b. Produktivitas	1
		c. *Lead time*	1
		d. Kualitas & Produktivitas	2
		e. Kualitas & *lead time*	2
		f. Produktifitas & *lead time*	2
		g. Kualitas, produktivitas & lead time	4
6	Sebesar apa dampak *waste* 1 terhadap *waste* 2 akan meningkatkan *leadtime*?	a. Sangat tinggi	4
		b. Sedang	2
		c. Rendah	0

2. *Waste Relationship Matrix* (WRM)

Waste Relationship Matrix adaalah alaisis kriteria pengukaran menggunakan bentuk *matrix*. Tiap baris dari *matrix* menunjukan hubungan mempengaruhi anatara satu *waste* dengan *waste* lainnya. Sedangkan tiap kolom juga menunjukan seberapa dipengaruhi suatu *waste* terhadap jenis *waste* lainnya (Rawabdeh, 2005). Berikut merupakan tabel konversi *Waste Relationship Matrix*:

Tabel 2. 6 Matriks WRM

Range	**Jenis Hubungan**	**Simbol**
17-20	*Absolutely Necessary*	A
13-16	*Especially Important*	E
9-12	*Important*	I
5-8	*Ordinary Closeness*	O

Range	Jenis Hubungan	Simbol
1-4	*Unimportant*	U
0	*No Relation*	X

3. *Waste Relationship Questionnare* (WAQ)

   Waste Assessment Questionnaire dibuat untuk mengidentifikasi dan mengalokasikan *waste* yang terjadi pada lini produksi (Rawabdeh, 2005). Kuesioner untuk WAQ terdiri dari 68 pertanyaan. Kuesioner ini mewakili dua jenis pertanyaan yang didahului dengan "*from*" yaitu menjelaskan jenis pemborosan yang dapat menyebabkan munculnya pemborosan yang lain dan "*to*" yaitu menjelaskan jenis pemborosan yang muncul disebabkan oleh pemborosanlain. Jawaban kuesioner terdiri dari dua kategori jawaban, yaitu A bila terdapat pemborosan dan B bila tidak terdapat pemborosan. Kedua kategori jawaban tersebut memiliki tiga jenis pilihan jawaban yaitu "Ya", "sedang", dan "tidak" yang memiliki bobot 1, 0.5, dan 0. WAQ memiliki delapan tahapan perhitungan skor *waste* untuk mencapai peringkat *waste,* yaitu antara lain (Rawabdeh, 2005):

   a) Mengelompokkan dan menghitung jumlah pertanyaan kuesioner berdasarkan jenispertanyaan.
   b) Melakukan pembobotan awal untuk tiap jenis *waste* pada tiap jenis pertanyaan kuesioner berdasarkan nilai bobot dari WRM.
   c) Menghilangkan pengaruh variasi jumlah pertanyaan untuk tiap jenis pertanyaan dengan membagi bobot setiap baris dengan jumlah pertanyaan yang dikelompokkan(Ni) untuk setiap pertanyaan dengan menggunakan persamaan berikut (Rawabdeh,2005):

   $$Sj = \sum_{k=1}^{k} \frac{Wj.k}{Ni} \text{…..(2.2)}$$

   d) Menghitung jumlah skor (Sj) berdasarkan persamaan 3 dan frekuensi (Fj) darimunculnya nilai pada tiap kolom *waste* dengan mengabaikan nilai 0 (nol).

   $$Fj = N - F0 \text{…..(2.3)}$$

   e) Memasukkan nilai rata-rata dari jawaban (terlampir) dari hasil kuesioner ke dalam tiap bobot nilai di tabel dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Sj = \sum_{k=1}^{k} X_k \frac{Wj.k}{Ni} \text{.....(2.4)}$$

f) Menghitung jumlah skor (sj) berdasarkan persamaan 5 dan frekuensi (fj) untuk tiap nilai bobot pada kolom *waste.*

$$fj = N - f0 \text{.....(2.5)}$$

g) Menghitung *indicator* awal untuk tiap *waste* (Yj) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Yj = \frac{sj}{Sj} \; x \; \frac{fj}{Fj} \text{.....(2.6)}$$

h) Menghitung nilai final *waste* faktor (Yjfinal) dengan memasukkan faktor probabilitas pengaruh antara jenis *waste* (Pj) berdasarkan total "*from*" dan "*to*" pada WRM. Mempresentasikan bentuk Yj final yang diperoleh sehingga bias diketahui peringkat level dari masing-masing *waste*. Y final dapat dihasilkan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Yjfinal = Yj \; x \; Pj = \left(\frac{sj}{Sj} \; x \; \frac{fj}{Fj}\right) x \; (\%Fromj \text{ x } \%Toj) \text{ .....(2.7)}$$

Keterangan:

N	= Jumlah pertanyaan (68)
Ni	= Jumlah pertanyaan yang dikelompokkan
K	= Nomor pertanyaan (antara 1-68)
Xk	= Nilai dari jawaban tiap pertanyaan kuesioner (1, 0.5, 0)
Sj	= Skor *waste* Sj = Total untuk nilai bobot *waste*
Wj	= Bobot hubungan dari tiap jenis *waste*
Fj	= Frekuensi *waste* bukan 0 (Untuk Sj)
fj	= Frekuensi *waste* bukan 0 (Untuk sj)
F0	= Frekuensi 0 (Untuk Sj)
f0	= Frekuensi 0 (Untuk sj)
Yj	= Faktor indikasi awal dari tiap jenis *waste*
Pj	= Probabilitas pengaruh antar jenis *waste*
Yjf*inal*	= Faktor akhir dari setiap jenis *waste* %
%*From*j	= Persentase nilai *from waste* terkait %
%*To*j	= Persentase nilai *to waste* terkait

2.2.12 Peta Kendali (*Control Chart*)

Control Chart merupakan sebuah *tools* grafik yang digunakan untuk melihat dan mengevaluasi apakah suatu aktivitas ataupun proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistik atau tidak, sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. *Control Chart* menunjukkan adanya perubahan data secara historis (waktu ke waktu), akan tetapi *Control Chart* tidak dapat menunjukkan penyebab adanya penyimpangan meskipun terlihat pada peta kendali (Barry, Render, & Heizer, 2001). Salah satu peta kendali yaitu peta kendali atribut dimana peta kendali atribut digunakan untuk mengendalikan kualitas produk selama proses produksi yang tidak dapat diukur tetapi dapat dihitung, sehingga kualitas produk dapat dibedakan dalam karakteristik baik atau buruk, berhasil atau gagal. Peta kendali atribut yang digunakan merupakan p-*chart.* Hal ini karena peta kendali *p-chart* untuk mengetahui proporsi produk cacat dalam suatu sampel, *p-chart* digunakan untuk banyaknya sampel yang berbeda dalam setiap kali observasi. Berikut merupakan rumus perhitungan untuk peta kendali *p-chart*:

$$\bar{p} = \frac{\mathrm{x}}{n} \text{.....(2.8)}$$

$$CLp = \bar{p} \text{ .....(2.9)}$$

$$UCLp = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \text{.....(2.10)}$$

$$LCLp = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \text{.....(2.11)}$$

Dimana:

n = Banyaknya *sample* yang diambil setiap kali observasi

x = Banyaknya *defect*

$\bar{p}$ = Proposi *defect*

$UCLp$ = Batas kendali atas

$UCLp$ = Batas kendali bawah

2.2.13 *Critical to Quality* (CTQ)

Critical to Quality (CTQ) merupakan kriteria produk yang telah ditetapkan standarnya sebagai patokan kualitas produk yang diproduksi oleh perusahaan agar dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Sebelum suatu produk dikategorikan sebagi

produk cacat, maka kriteria-kriteria tentang kegagalan atau cacat itu harus didefenisikan terlebih dahulu. Dalam terminologi *Six Sigma*, kriteria karakteristik kualitas yang mengakibatkan cacat disebut *Critical to quality* (CTQ) (Harahap, Parinduri, & Fitria, 2018).

2.2.14 Diagram Pareto

Diagram pareto adalah diagram yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menunjukan kerusakan dominan produk hasil yang digambarkan menggunakan grafik batang. Diagram Pareto digunakan untuk membandingkan berbagai kategori kejadian yang disusun menurut ukurannya, dari yang paling besar di sebelah kiri ke yang paling kecil di sebelah kanan. Kerusakan dominan yang telah diketahui dapat membantu dalam menentukan prioritas perbaikan sesuai dengan urutan jenis kerusakan produk (Hajriyani, Harisudin, & Khomah, 2018).

2.2.15 *Fishbone*

Diagram sebab-akibat bisa juga disebut sebagai diagram tulang ikan (*fishbone chart*). Heizer & Render menyatakan bahwa diagram ini disebut juga diagram tulang ikan (*fishbone chart*) dan berguna untuk memperlihatkan faktor-faktor utama yang berpengaruh pada kualitas dan mempunyai akibat pada masalah yang kita pelajari, selain itu kita juga dapat melihat faktor-faktor yang lebih terperinci yang berpengaruh dan mempunyai akibat pada faktor utama tersebut yang dapat kita lihat pada panah-panah yang berbentuk tulang ikan pada diagram *fishbone* tersebut (Heizer & Render, 2011). Prinsip yang digunakan untuk membuat diagram sebab akibat ini adalah sumbang saran atau *brainstorming*. Adapun faktor-faktor penyebab utama dalam diagram sebab akibat ini adalah:

1. *Material* (bahan baku)
2. *Machine* (mesin)
3. *Man* (tenaga kerja)
4. *Method* (metode)
5. *Environment* (lingkungan)

2.2.16 *Fault Tree Analysis* (FTA)

Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berperan untuk mengidentifikasi resiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatanyang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan dari kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*) (Blanchard, 2004). Pada pembuatan *fault tree analysis* memiliki beberapa tahapan sebagai berikut (W.P, Pudjotomo, & Tifani, 2011):

1. Tentukan kejadian paling atas/ utama.
2. Tetapkan batasan FTA.
3. Periksa system untuk mengerti bagaiman berbagai elemen berhubungan pada satu dengan lainnya dan kejadian paling atas.
4. Buat pohon kesalahan, mulai dari kejadian paling atas dan bekerja kearah bawah.
5. Analisis pohon kesalahan untuk mengidentifikasi cara dalam menghilangkan kejadian yang mengarah pada kegagalan.
6. Persiapkan rencana tindakan perbaikan untuk mencegah kegagalan.

2.2.17 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure mode and Effects Analysis (FMEA) adalah metodologi digunakan untuk mengidentifikasi, mengklasifikasikan, dan menganalisa potensi risiko (Wessiani & Sarwoko, 2015). Metode FMEA juga direkomendasikan oleh standar internasional sebagai salah satu teknik analisis risiko. Dengan menerapkan metodologi ini, perusahaan dapat memiliki proses yang sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan untuk memenuhi fungsi yang dimaksudkan, untuk mengidentifikasi kemungkinan penyebab kegagalan sehingga penyebabnya dapat dihilangkan serta untuk menemukan kegagalan dampaknya sehingga dampaknya bisa dikurangi. Selain itu FMEA merupakan sebuah metodologi yang digunakan untuk mengevaluasi kegagalan terjadi dalam sebuah sistem, desain, proses, atau pelayanan (*service*). Identifikasi kegagalan potensial dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor masing -masing moda kegagalan berdasarkan atas

tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*) (Septiana & Purwanggono, 2018).

Menurut Anugrah et al (Anugrah, Fitria, & Desrianty, 2015) terdapat beberapa terminologi yang berhubungan dengan penggunaan *failure mode and effect analysis*. Pada terminologi tersebut terdapat kategori berdasarkan nilai *severity*, *occurance* dan *detection* (Piątkowski & Kamińsk, 2017). Berikut merupakan penjelasan terminologi dan kategori nilai:

1. *Component* merupakan komponen suatu sistem atau alat yang sedang dilakukan analisis.
2. *Potential failure mode* menjelaskan atau menggambarkan cara dimana sebuah produk atau proses bisa gagal untuk melaksanakan fungsi yang diperlukan.
3. *Failure effect* adalah dampak atau akibat yang ditimbulkan jika komponen tersebut gagal atau mengalami kendala seperti yang telah disebutkan dalam potential *failure mode*.
4. *Severity* (S) merupakan menentukan seberapa serius dan bahaya suatu kondisi yang diakibatkan pada suatu komponen jika terjadi kegagalan sesuai yang disebutkan dalam *failure effect*. Berikut merupakan penentuan kategori berdasarkan nilai *severity*:

Tabel 2. 7 Kriteria *Severity* FMEA

Rating	**Kriteria**
1	*The defect does not affect the quality* (Bentuk kegagalan tidak mempegaruhi kualitas) tidak menimbulkan dampak yang begitu berarti atau dapat diabaikan.
2	
3	*Very low and Low* (Kegagalan berpengaruh ringan). Menimbulkan dampak yang sangat kecil dan memerlukan biaya perbaikan yang rendah.
4	
5	*Transitory* (Kegagalan yang menimbulkan sedikit kesulitan).
6	*Avarage* (Kegagalan menyebabkan kualitas produk sedikit terpengaruh)
7	*Significant* (Kegagalan berdampak signifikan). Perlu adanya sedikit perbaikan produk atau sistem

Rating	Kriteria
8	*High* (Kegagalan yang terjadi memiliki dampak yang tinggi) Perbaikan yang dilakukan menggunakan biaya besar
9	*Very High* (Kegagalan yang terjadi mempengaruhi kelayakan dan kegunaan produk atau sistem)
10	*Product Rejection* (Kegagalan yang terjadi menyebabkan kerusakan total)

5. *Causes* merupakan penyebab atau sumber yang mengakibatkan terjadinya kegagalan pada suatu komponen sehingga mampu mengganggu fungsi utama dari suatu komponen atau sistem.
6. *Occurance (O)* pemeringkatan seberapa sering penyebab kegagalan spesifik dari suatu sistem tersebut terjadi. Metode yang terbaik untuk menetukan rating occurence adalah menggunakan data aktual yang ada, jika data aktual tidak ada, tim harus memperkirakan seberapa sering suatu *failure mode* terjadi. Berikut merupakan penentuan kategori berdasarkan nilai *occurance*:

Tabel 2. 8 Kriteria *Occurance* FMEA

Rating	Probabilitas Kegagalan	No. dari Kegagalan
1	Tidak mungkin terjadinya kegagalan	<1 per 1.000.000
2		1 per 100.000
3	Kegagalan sangat jarang terjadi	1 per 50.000
4		1 per 10.000
5	Kegagalan hanya terjadi sesekali	1 per 5000
6		1 per 1000
7	Kegagalan terjadi secara berulang diarea yang sama	1 per 600
8		1 per 400
9	Kegagalan selalu berulang	1 per 100
10		1 per 10

7. *Detection (D)* menunjukkan tingkat kemungkinan lolosnya penyebab kegagalan dari kontrol yang sudah dipasang. Berikut merupakan penentuan kategori berdasarkan nilai *detection:*

Tabel 2. 9 Kriteria *Detection* FMEA

Rating	**Kategori**	**Tingkat Mendeteksi**
1 2	Sangat Tinggi	Sangat besar kemungkinan untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
3 4	Tinggi	Besar kemungkinan untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
5 6	Sedang	Sedang kemungkinan untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
7 8	Rendah	Kecil, kemungkinan untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
9 10	Sangat Rendah	Mustahil, kemungkinan untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak

8. *Risk priority number* (RPN) merupakan hasil perkalian bobot dari *severity*, *occurance* dan detection. RPN juga berguna sebagai alat tolak ukur untuk dibandingkan dengan *new* RPN setelah dilakukan perbaikan atau *action*. RPN ini menunjukkan tingkat prioritas sebuah mode kegagalan yang diperoleh dari hasil analisis pada proses yang dianalisis (Mirghafouri, Ardakani, & Azizi, 2014). Semakin tinggi nilai RPN maka urutan prioritas perbaikannya semakin tinggi. Berdasarkan hasil RPN tersebut maka akan menentukan Tindakan atau perlakukan dari *potential failure mode*. Berikut merupakan rumus perhitungan RPN dan penentuan kategori resiko berdasarkan nilai RPN:

$$\boldsymbol{RPN = S \; x \; O \; x \; D} \text{…..(2.12)}$$

Keterangan:

(S) = *Severity* (Pengaruh Bukti)

(O) = *Occurance* (Kemungkinan)

(D) = *Detection* (Tingkat pencegahan)

Tabel 2. 10 Kategori RPN

Nilai *Risk Priority Number* (RPN)	**Kategori**	**Perlakuan**
192 - 1000	Tinggi	Lakukan perbaikan saat ini
65 - 191	Sedang	Upaya untuk melakukan perbaikan
0 – 64	Rendah	Resiko dapat diabaikan

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penlitian

Objek penelitian pada penelitian ini adalah proses produksi produk *pulley* yang ada pada area produksi CV. Mitra Karya Utama yang berlokasi pada Desa Tegal Rejo, Batur, Tegalrejo, Kec. Ceper, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah 57465.

3.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian dikelompokan berdasarkan beberapa metode yang digunakan dan data yang diperlukan pada penelitian ini. Hal ini dilakukan wawancara dan pemberian kuesioner terhadap responden. Terdapapat jenis subjek penelitian sebagai berikut:

Tabel 3 1 Daftar Subjek Penelitian

No	Metode	Jabatan	Jumlah
1	*Value Stream Analysis Tools* (VALSAT)	*Supervisor* Area Produksi	1
2	*Waste Assement Model* (WAM)	Pemilik CV	1
3	Diagram *Fishbone*	*Supervisor* Area Produksi	1
4		Operator Pengecoran	4
5	*Fault Tree Analysis* (FTA)	*Supervisor* Area Produksi	1
6		Operator Pengecoran	4
7	*Fault Tree Analysis*	*Supervisor* Area Produksi	1
8		Operator Pengecoran	4
9	*Failure Mode and Effect Analysis*	*Supervisor* Area Produksi	1
10	5W+1H	*Supervisor* Area Produksi	1

3.3 Jenis Data

Data adalah segala fakta dan angka yang dapat dijadikan bahan untuk menyusun informasi, sedangkan informasi adalah hasil pengolahn data yang digunakan untuk keperluan tertentu (Arikunto, 2010). Terdapat jenis data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung tanpa ada perantara serta data yang dibutuhkan untuk penyelesaian masalah yang ada. Pada penelitian ini data primer didapatkan dari hasil observasi dan wawancara kepada penanggung jawab beserta operator-operator yang bertugas di area produksi sebagai kebutuhan pengolahan data pada CV. Mitra Karya Utama.
2. Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung atau melalui pihak perantara, data tersebut digunakan untuk pelengkap dalam penyelesaian masalah. Data sekunder yang diperoleh dari penelitian ini didaptkan dari hasil analisis kajian literatur yakni berupa buku, jurnal maupun penelitian sebelumnya.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Berikut merupakan metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini:

1. Observasi

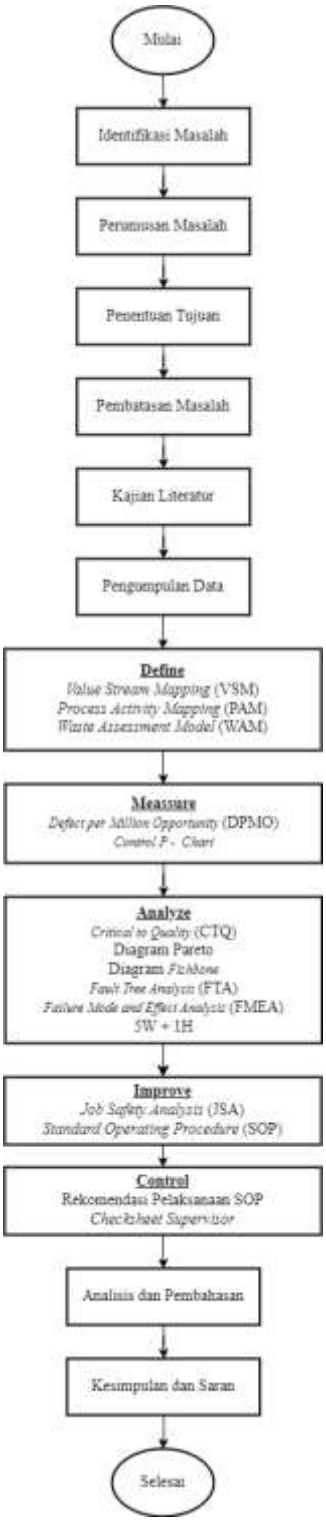
   Metode observasi adalah metode pengamatan yang dilakukan secara langsung oleh peneliti terhadap permasalahan yanga kan diteliti. Dalam penelitian ini, observasi dilakukan dengan pengamatan secara langsung pada area produksi. Dari metode ini akan didapatkan data berupa alur produksi, *layout* produksi, waktu produksi dan lain sebagainya pada area produksi.
2. Wawancara

   Metode wawancara merupakan metode pengumpulan data denga cara mengadakan wawancara langsung terhadap objek penelitian seperti operator atau karyawan pada area produksi. Dari metode ini akan didapatkan data berupa permintaan produk, faktor *defect*, kuesioner VALSAT, WAM, dan FMEA.
3. Studi Literatur

   Metode studi literatur dilakukan dengan cara memabaca dan mempelajari referensi yang berupa literatur, laporan ilmiah, dan tulisan-tulisan ilmiah lainnya. Hal ini dimaksud agar dapat memahami dan mengatahui konsep dan dasar teori yang diangkat sehingga dapat digunakan sebagai landasan yang kuat dlama permasalahan penelitian.

3.5 Alur Penelitian

Alur penelitian dari awal hingga akhir dapat dijelaskan melalui sebuah diagram alir. Gambar berikut merupakan diagram alir yang digunakan pada penelitian ini:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Berikut ini merupakan penjelasan dari langkah-langkah penelitian yang dilakukan.

1. Mulai
2. Identifikasi Masalah

   Identifikasi permasalahan dilakukan untuk mengetahui masalah yang ada di perusahaan. Hal ini dilakukan dengan observasi langsung pada proses produksi *pulley* CV. Mitra Karya Utama.
3. Perumusan Masalah

   Perumusan masalah berisi pertanyaan-pertanyaan mengenai permasalahan pada topik penelitian yang akan diperbaiki dalam hal ini terkait *defect* produk *pulley* CV. Mitra Karya Utama.
4. Penentuan Tujuan

   Penentuan tujuan untuk mencapai target dalam penyelesaian uraian rumusan masalah dalam penelitian ini.
5. Pembatasan Masalah

   Pembatasan masalah dilakukan untuk membatasi pokok permasalahan yang akan dibahas atau membatasi ruang lingkup masalah yang terlalu lebar supaya penelitian lebih fokus untuk dilakukan sesuai uraian rumusan masalah.
6. Kajian liteartur

   Pada kajian literatur berisi referansi referensi penelitian sebelumnya dan teori atau landasan penelitian yang berkaitan pada penelitian ini. Kajian literatur terbagi menjadi dua yaitu kajian induktif dan kajian deduktif. Berikut merupakan penjelasan terkait dua hal tersebut:

   a. Kajian induktif

      Kajian induktif berisikan terkait penelitian-penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

   b. Kajian deduktif

      Kajian deduktif berisikan terkait teori-teori atau landasan yang digunakan dalam penelitian.
7. Pengumpulan data

   Data yang digunakan meliputi:

   a. Profil perusahaan mengenai produk, mesin/alat yang digunakan, visi dan misi serta *layout* area produksi perusahaan.

b. Alur produksi mengenai tahapan produksi *pulley* dari bahan baku sampai pengiriman kepada konsumen.
c. Permintaan produk *pulley* pada periode September 2022 – Januari 2023.
d. Data *defect* terkait jumlah *defect* dalam pengambilan *sample* serta faktor *defect* pada produksi *pulley*.
e. Data hasil kuesioner yang digunakan pada tahapan metode VALSAT, pembobotan *waste* menggunakan *Waste Assessment Model* (WAM) dan analisis risiko menggunakan *Failure Mode Analysis* (FMEA).
f. Data hasil wawancara mencakup kesalahan teknis dalam kegiatan produksi yang mempengaruhi *defect* produk *pulley*.

8. *Define*

   Pengolahan data pertama dilakukan tahapan untuk identifikasi dan pendefinisan masalah. Hal ini diawali dengan identifikasi kebutuhan *Value Stream Mapping* (VSM), *Process Acivity Mapping* (PAM) dan pembuatan *current* VSM. Berdasarkan hal tersebut didapati analisa *7 waste* yang terjadi pada area produksi *pulley*. Hal tersebut dilanjutkan dengan pembobotan *waste* menggunakan *Waste Assessment Model* (WAM) untuk menentukan *waste* kritis atau dominan sebagai hasil identifikasi permasalahan utama pada produksi *pulley*.

9. *Measure*

   Tahapan kedua dilakukan tahapan *measure* untuk mengukur *waste defect* pada produk *pulley* secara objektif yang akan ditetapkan sebagai *baseline* kinerja pada awal proyek *Six sigma*. Terkait hal tersebut dilakukan penentuan *Critical to Quality* kemudian perhitungan *Defect per Million Opportunities* (DPMO) untuk menentukan *level sigma* sebagai urgensi penyelesaian *waste defect* dan perhitungan peta kendali *p-chart.*

10. *Analyze*

    Selanjutnya dilakukan analisa terkait *waste defect* untuk mengetahui sebab terjadinya *defect* dan rekomendasi perbaikan pada produk *pulley*. Untuk menganalisa penyebab terjadinya *defect pulley* dilakukan analisa dengan beberapa *tools* dan metode yaitu diagram pareto, diagram *fishbone 4M-1E* dan *failure tree analysis (FTA)* untuk menentukan akar permalasahan penyebab

defect. Faktor penyebab *defect* selanjutnya dianalisa risiko kegagalan untuk memberikan rekomendasi perbaikan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hal ini menghasilkan *risk priority number* (RPN) sebagai urgensi perbaikan yang rencana perbaikan secara sistematis diuraikan menggunakan *tools* 5W+1H.

11. *Improve*

    Faktor penyebab *defect* dan rekomendasi perbakan selanjutnya dijadikan langkah strategis untuk membuat rencana perbaikan dengan implementasi *standard operatingl procedure* (SOP). Perencanaan SOP dilakukan dengan analisa potensi kecelakaan kerja dengan metode *Job Safety Analysis* (JSA). Hasil rekomendasi tersebut menjadi *input standard operatingl procedure* (SOP) yang harus dipatuhi operator selama proses produksi.

12. *Control*

    Tahapan ini dilakukan untuk memberikan rekomendasi perbaikan berdasarkan analisa sebelumnya kemudian dilakukan *controlling* untuk dapat diimplementasikan terus-menerus sebagai tindakan peningkatan kualitas hasil produksi *pulley*. Tahapan *controlling* menjadi tanggung jawab daripada *supervisor* area produksi dengan *tracking* berdasarkan hasil *checksheet supervisor* pada area pengecoran.

13. Analisis dan pembahasan

    Pada analisa dan pembahasan dilakukan analisis berdasarkan pengolahan dan perhitungan data sebelumnya. Hal ini bertujuan untuk memahami permasalahan dan keterkaitan penyebabnya untuk dapat menemukan solusi sebagai rekomendasi perbaikan *defect* produk *pulley*.

14. Kesimpulan dan saran

    Pada kesimpulan dan saran dilakuukan penarikan kesimpulan berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan. Terkait hal tersebut dilakukan pemberian saran terkait penelitian ini, saran diberikan kepada pihak perusahaan untuk dipertimbangkan sebagai penerapan kedepannya.

15. Selesai.

BAB IV
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan di PT. Sport Glove Indonesia, yang terletak di Krandon, Pandowoharjo, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Data yang diambil diantaranya adalah data hasil dari penyebaran kuesioner, observasi dan wawancara kepada *expert*, yaitu pemilik perusahaan dan supervisor area produksi.

4.1.1 Profil Perusahaan

Mitra Karya Utama (MKU) merupakan perusahaan swasta yang didirikan dan dikelola oleh Bapak Ir. H. Djoko Widodo, perusahaan ini bergerak dalam bidang pengecoran logam berupa *Ferro Casting* (FC), *Ferro Casting Ductile* (FCD) dan *Steel* serta permesinan yang menghasilkan produk berupa *pulley*, sparepart alat-alat pertanian, sparepart mobil (*cylinder liner* dan *break drum*), kebutuhan infrastruktur/jalan raya (*manhole* dan *deckdrain*). Sistem produksi yang diterapkan dengan *Make to Order* (MTO) dimana produksi berdasarkan pesananan dan permintaan konsumen. Mitra Karya Utama (MKU) memiliki visi dan misi perusahaan sebagai berikut.

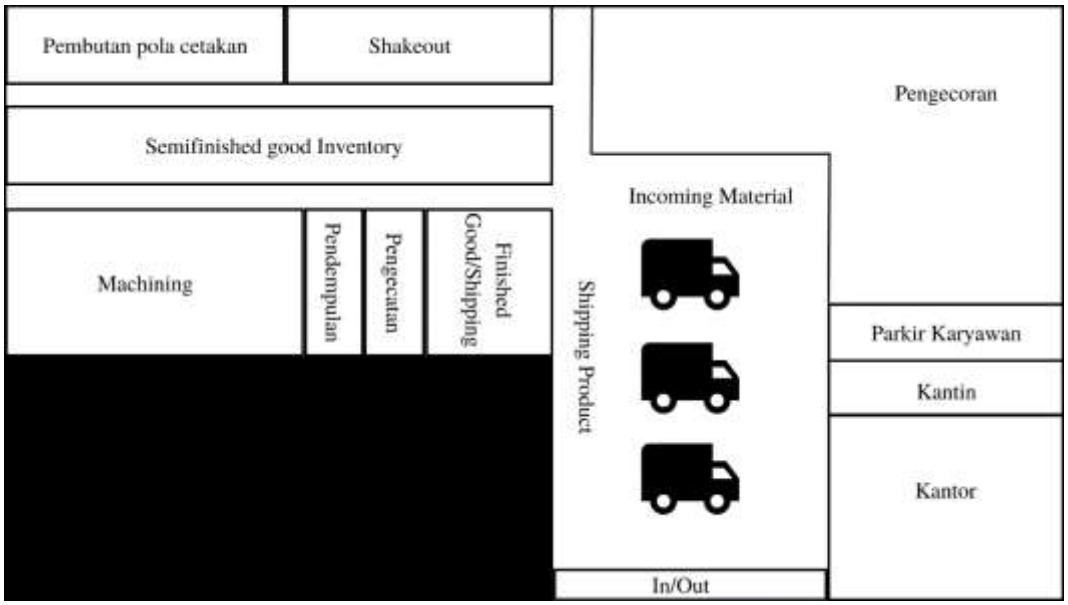
1. Visi Perusahaan

   Menjadi perusahaan unggul dalam menghasilkan produk pengecoran logam yang berkualitas demi memenuhi kepuasan pelanggan serta mampu bersaing dengan perusahaan global.

2. Misi Perusahaan
   a. Memproduksi produk yang unggul dan bersaing.
   b. Menjaga kualitas produk sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.
   c. Membantu memenuhi kebutuhan pelanggan dengan produk yang bermutu dan berkualitas.

Mitra Karya Utama (MKU) bergerak dalam bidang pengecoran logam berupa *Ferro Casting* (FC), *Ferro Casting Ductile* (FCD) dan *Steel* serta permesinan yang menghasilkan produk berupa *pully*, sparepart alat-alat pertanian, sparepart mobil

seperti *cylinder liner* dan *break drum*, kebutuhan infrastruktur/jalan raya seperti *manhole* dan *deckdrain*. Untuk menghasilkan produk tersebut MKU memiliki peralatan dan fasilitas produksi seperti mesin bubut manual 20 buah, mesin CNC 2 buah, mesin press/cetak/*molding* 4 buah, mesin *cat powder* 1 set dan mesin *induction furnance* kapasitas 500 kg sebanyak 2 set. Untuk menunjang proses produksi terdapat beberapa area produksi yaitu, kedatangan bahan baku, pengecoran, *shakeout*, *semifinshed good inventory*, *machining*, pendempulan, pengecatan, sampai pengiriman. Berikut merupakan *layout* produksi CV. Mitra Karya Utama (MKU).



Gambar 4. 1 *Layout* Produksi

4.1.2 Proses Produksi

Proses produksi merupakan sebuah sistem sebuah produk manufaktur yang akan berjalan sesuai dengan harapan dari perusahaan. Dalam tahapan produksi, Mitra Karya Utama (MKU) memproduksi dilakukan beberapa tahapan dimulai pada peleburan bahan baku, pengecoran, *shakeout*, *semifinished* good, permesinan, pendempulan, pengecatan dan *finishedgood*. Salah satu produk yang diproduksi pada Mitra Karya Utama (MKU) adalah *pulley*. *Pulley* tersebut meruapakan salah satu elemen permesianan yang memiliki fungsi sebagai komponen atau

penghubung putaran. Berikut merupakan penjelasan proses produksi pada pembuatan produk *pulley*:



Gambar 4. 2 Alur Produksi

Berdasarkan gambar alur proses produksi *pulley* diatas, berikut merupakan penjelasan secara detail terkait alur produksi *pulley*:

1. Area pengecoran
   a. Persiapan cetakan

      Pemasangan cetakan dilakukan dengan menempatkan kotak coran dan pola cetakan pada pasir untuk memproyeksikan bentuk coran pada hasil cetakan. Pada hal ini diawali dengan menggali pasir, pasir yang sudah tergali kemudian diproyeksikan pada pola cetakan dan jalur pipa. Setelah itu pola cetakan dan pipa dilepas serta memadatkan seluruh permukaan pasir hasil proyeksi cetakan. Mengapilakasikan sedikit air dan menabur *parting powder* dan terkahir kotak cetak coran dilepas.



Gambar 4. 3 Persiapan Cetakan



Gambar 4. 4 Alur Proses Persiapan Cetakan

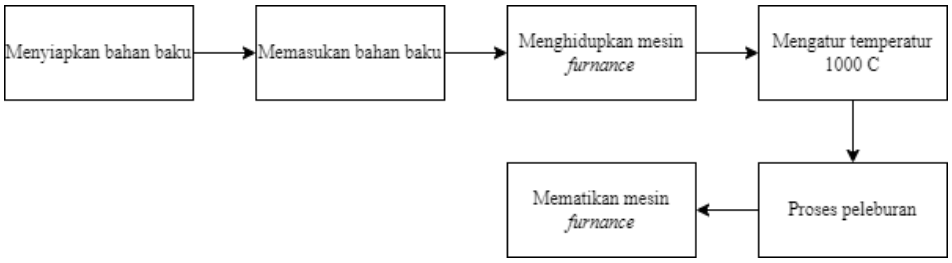
   b. Peleburan

      Peleburan dilakukan untuk menghasilkan cairan metal bahan pembuatan *casting*. Artinya terjadi perubahan bentuk logam, sehingga berubah dari zat padat menjadi zat cair. Tanur atau wadah yang digunpakan disebut

furnace. Hal ini menggunakan *induction furnance* kapasitas 500 kg dengan temperature 1000 C dengan waktu sekali peleburan 90 menit.



Gambar 4. 5 Peleburan



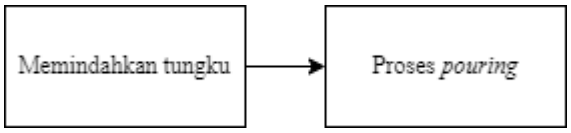
Gambar 4. 6 Alur Proses Peleburan

c. *Pouring*

Proses *pouring* merupakan penuangan cairan metal kedalam cetakan yang sudah disiapkan sebelumnya. Hal ini dengan memindahkan tanur *furnance* dengan *crane* ke area tengah pengecoran kemudian dilakukan *pouring* oleh operator.



Gambar 4. 7 *Pouring*



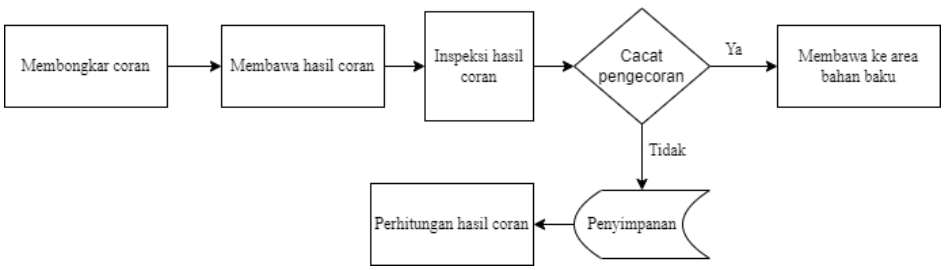
Gambar 4. 8 Alur Proses *Pouring*

d. Pembongkaran

Pada tahapan ini dilakukan pembongkaran hasil pengecoran yang telah didiamkan selama satu hari kerja. Pembongkaran hasil pengecoran dilakukan dengan alat bantu cangkul dan *trolley* sebagai *material handling* untuk memindahkan hasil *pulley* yang sudah dicor sebelumnya. Hasil pengecoran *pulley* dilakukan perhitungan hasil produksi bersamaan dengan inspeksi hasil pengecoran. Apabila terdapat *defect* pada *pulley* maka akan dipisahkan sebagai produk *reject* dan masuk pada bahan baku yang akan kembali dileburkan.



Gambar 4. 9 Pembongkaran



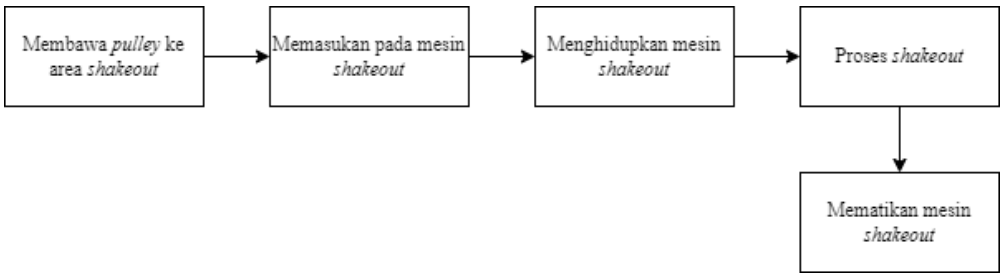
Gambar 4. 10 Alur Proses Pembongkaran

2. Area *shakeout*

   Tahapan *shakeout* merupakan proses perontokan pasir dan sisa hasil pengecoran. Pada hal ini menggunakan mesin *shakeout.* Hal ini dilakukan dengan memasukan *pulley* pada mesin *shakeout* sampai pasir hasil pengecoran rontok.



Gambar 4. 11 *Shakeout*



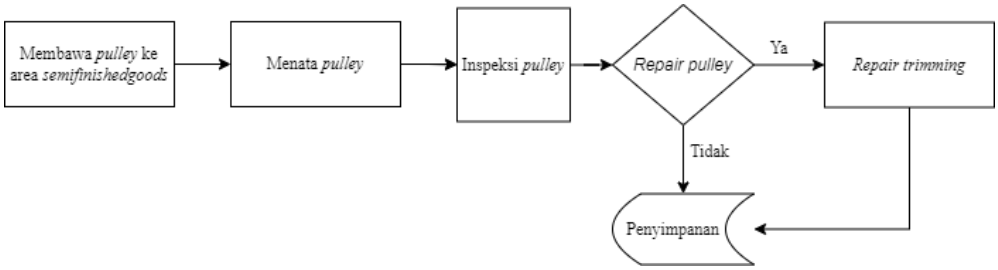
Gambar 4. 12 Alur Proses *Shakeout*

3. Area *semifinished good inventory*

   Sebelum masuk pada tahapan permesinan, produk *pulley* disimpan pada area *semifinished good*. Hal ini bertujuan untuk memisahkan jenis *pulley* sesuai tahapan permesinan sekaligus inspeksi produk *pulley* yang perlu di *trimming* menggunakan mesin gerinda apabila ditemukan sisa pengecoran untuk diperbaiki. Tahapan ini dipastikan seluruh produk *pulley* telah layak dan masuk pada tahapan permesinan.



Gambar 4. 13 *Semifinishedgood*



Gambar 4. 14 Alur Proses *Semifinishedgood*

4. Area *Machining*

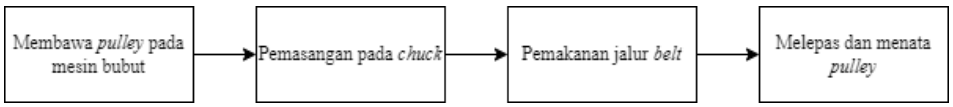
   Pada area *machining* dilakukan tahapan permesinan menggunakan mesin bubut untuk produk *pulley* yang sudah dilakukan pengecoran sebelumnya. Tahapan *machining* ini untuk melakukan pemakanan sesuai dengan ukuran dan variasi produk berdasarkan pesanan konsumen.

   a. Pemakanan jalur *belt*

      Pada tahapan permesinan ini dilakukan proses pemakanan jalur *belt* menggunakan mesin bubut. Hal ini dilakukan dengan tahapan diawali dengan memawa *pulley* ke mesin bubut, pemasangan pada *chuck*, pemakanan jalur *belt* dan melepas *pulley* untuk diproses pada tahapan selanjutnya.



Gambar 4. 15 Pemakanan Jalur *Belt*



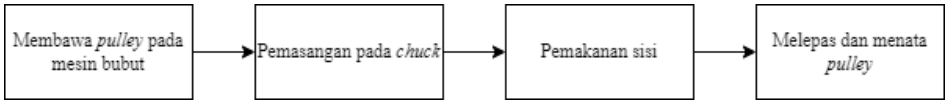
Gambar 4. 16 Alur Proses Pemakanan Jalur *Belt*

b. Pemakanan sisi

Pada tahapan permesinan ini dilakukan proses pemakanan sisi menggunakan mesin bubut. Pemakanan ini untuk menghaluskan/meratakan sisi alur terluar lingkarang dari produk *pulley*. Hal ini dilakukan dengan tahapan diawali dengan memawa *pulley* ke mesin bubut, pemasangan pada *chuck*, pemakanan sisi dan melepas *pulley* untuk diproses pada tahapan selanjutnya.



Gambar 4. 17 Pemakanan Sisi



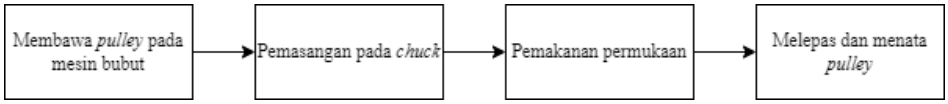
Gambar 4. 18 Alur Proses Pemakanan Sisi

c. Pemakanan permukaan

Pada tahapan permesinan ini dilakukan proses pemakanan muka menggunakan mesin bubut. Pemakanan ini untuk menghaluskan/meratakan permukaan tengah pada produk *pulley*. Hal ini dilakukan dengan tahapan diawali dengan memawa *pulley* ke mesin bubut, pemasangan pada *chuck*, pemakanan permukaan dan melepas *pulley* untuk diproses pada tahapan selanjutnya.



Gambar 4. 19 Pemakanan Permukaan



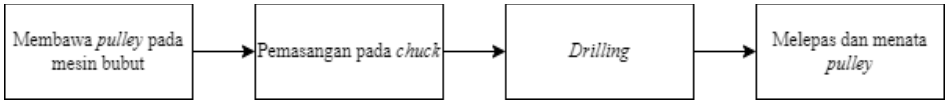
Gambar 4. 20 Alur Proses Pemakanan Permukaan

d. *Drilling*

Pada tahapan permesinan ini dilakukan proses pelubangan menggunakan mesin bubut. Pemakanan ini untuk melubangi sekaligus menghaluskan sesuai dengan ukuran pada bagian tengah *pulley*. Hal ini dilakukan dengan tahapan diawali dengan memawa *pulley* ke mesin bubut, pemasangan pada *chuck*, *drilling* dan melepas *pulley* untuk diproses pada tahapan selanjutnya.



Gambar 4. 21 *Drilling*



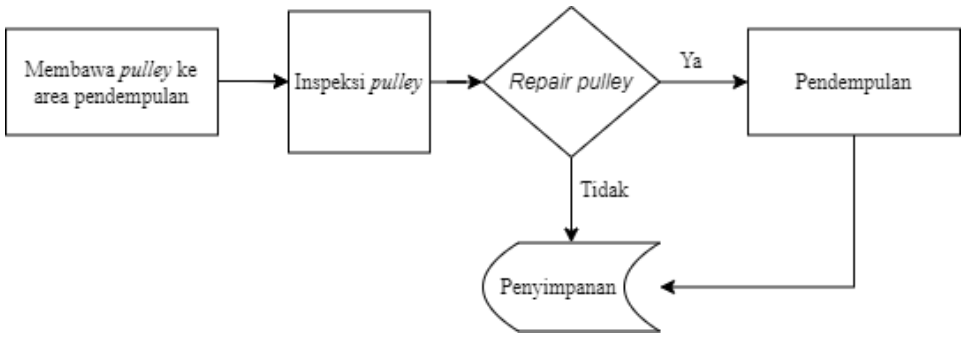
Gambar 4. 22 Alur Proses *Drilling*

5. Area pendempulan

   Pada hasil permesinan, *pulley* diinspeksi oleh pekerja secara manual. Apabila terdapat retak atau goresan dilakukan pendempulan.



Gambar 4. 23 Pendempulan



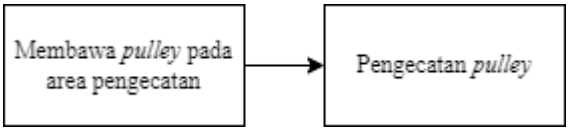
Gambar 4. 24 Alur Proses Pendempulan

6. Area pengecatan

   Hasil akhir produk *pulley* dilakukan pengecatan menggunakan mesin *cat powder coating* sesuai pesanan warna konsumen.



Gambar 4. 25 Pengecatan



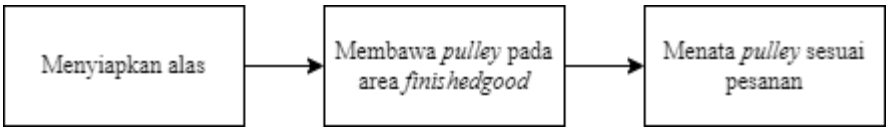
Gambar 4. 26 Alur Proses Pengecatan

7. *Finishedgood Inventory*

   Sebelum dilakukan pengiriman, hasil produksi *pulley* ditata pada area *finishedgood* sesuai pesanan.



Gambar 4. 27 *Finishedgood*



Gambar 4. 28 Alur Proses *Finishedgood*

4.1.3 Data Produksi

Dalam pemenuhan pesanan konsumen, Mitra Karya Utama (MKU) menerapkan *make to order* (MTO) dimana rencana produksi berdasarkan jumlah aktual pesanan dari konsumen. Produksi *pulley* sendiri merupakan jumlah produksi terbanyak terutama pada periode produksi bulan September 2022 – Januari 2023. Berikut merupakan tabel permintaan produksi produk *pulley* Mitra Karya Utama (MKU):

Tabel 4. 1 Pesanan *Pulley*

Pesanan Periode September 2022 - Januari 2023	
Pemesan	Total
Bpk Edi Suwanto Jakarta	300
Bahtera Surabaya	520
CV. SKBL Diesel Medan	575
Toko Ismail Banjarmasin	4660
Total	**6055**

Berdasarkan tabel diatas terdapat 4 konsumen *pulley* Mitra Karya Utama (MKU) yaitu Bpk Edi Suwanto Jakarta, Bahtera Surabaya, CV. SKBL Diesel Medan, dan Toko Ismail Banjarmasin. Terdapat total 6055 pesanan *pulley* untuk periode September 2022 – Januari 2023.

4.1.4 Data *Defect*

Produk *defect* adalah produk yang tidak memenuhi standar produksi, hal dini karena produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan. Pada proses produksi *pulley* terdapat beberapa *defect* yang dihasilkan berdasarkan pengambilan *sample* pada rentang waktu September 2022 – Januari 2023. Berikut merupakan data *sample defect* yang diperoleh pada proses produksi *pulley* Mitra Karya Utama (MKU).

Tabel 4. 2 Data *Defect Pulley*

Penga-matan	**Jumlah *Sample***	**Misrun**	***Gas Hole***	***Shrinkage***	**Permukaan Kasar**	**Total *Defect***	**Proporsi *Defect***
1	38	3	1	1	1	6	0,158
2	41	4	1	1	2	8	0,195
3	38	2	1	1	1	5	0,132
4	41	9	1	2	4	16	0,390
5	38	1	1	1	1	4	0,105
6	38	1	1	2	1	5	0,132
7	40	4	1	3	2	10	0,250
8	41	2	1	2	2	7	0,171
Total	315	26	8	13	14	61	

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini adalah dengan menggunakan tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze*, *Improve,* dan *Control*).

4.2.1 *Define*

Define merupakan tahap pendefinisian dan menentukan pokok permasalahan pada proses produksi *pulley* Mitra Karya Utama (MKU). Hal ini dilakukan penggambaran proses produksi kemudian dilakukan identifikasi *waste* yang terjadi. Tahapan ini diawali dengan penggambaran *Value Stream Mapping*, Analisa *waste* dan pembobotan *waste* menggunakan *Waste Assessment Model* (WAM) yang berikut nya akan dianalisa guna menentukan rekomendasi perbaikan.

4.2.1.1 *Value Stream Mapping* (VSM)

VSM merupakan metode untuk melakuka *mapping*/pemetaan yang berkaitan dengan aliran produk dan informasi produksi dalam satu gambar meliputi semua proses. Tujuan dalam VSM ini untuk mendapatkan gambaran yang berkaitan seperti waktu proses, sehingga dapat diketahui *value adding* dan *non value adding activity*. Pada VSM kali ini dibutuhkan informasi area produksi, aktivitas, mesin/alat, jumlah operator, waktu *cycle time* dan waktu *lead time*. Berikut merupakan *input* pada VSM:

Tabel 4. 3 *Input Value Stream Mapping* (VSM)

No	Area	Aktivitas	Mesin/Alat	Jumlah Operator	Waktu (Detik)	Waktu Tunggu (Detik)	Lead Time (Detik)
1	Pengecoran	Menggali pasir untuk mengubur kotak coran	Cangkul	9	90	0	90
2		Memasang pola cetakan pada kotak coran atas dan bawah	Penumbuk, Cetakan Coran dan Kotak Coran		85	0	85
3		Memasang cetakan pipa jalur masuk cairan logam	Penumbuk dan Pipa		10	0	10
4		Melepas pola cetakan dan pipa	Cetakan Coran		5	0	5
5		Memadatkan pasir	Penumbuk		5	0	5
6		Menaburkan *parting powder*	*Parting Powder*		5	0	5
7		Membongkar kotak coran	Kotak Coran		20	0	20
8		Menyiapkan bahan baku	Timbangan, T*rolley* dan Karung		240	90	330
9		Memasukan bahan baku	Karung		60	0	60
10		Menghidupkan mesin *furnacne*	Mesin *Furnance*		3	0	3
11		Mengatur temperatur sampai 1000 C	Mesin *Furnance*		3	0	3

No	Area	Aktivitas	Mesin/Alat	Jumlah Operator	Waktu (Detik)	Waktu Tunggu (Detik)	Lead Time (Detik)
12		Proses peleburan	Mesin *Furnance*		54	0	54
13		Mematikan mesin *furnacne*	Mesin *Furnance*		3	0	3
14		Membawa tungku ke tengah area pengecoran	Crane		900	300	1200
15		Penuangan cairan metal	*Laddle*		240	0	240
16		Membongkar hasil pengecoran	Cangkul		30	0	30
17		Membawa hasil pengecoran	*Trolley*		15	0	15
18		Inspeksi pengecoran	-		10	0	10
19		Menghitung hasil pengecoran	Alat tulis		30	0	30
20	*Shakeout*	Membawa *pulley* pada area *shakeout*	*Trolley*	4	40	180	220
21		Memasukan *pulley* pada mesin *shakeout*	Mesin *Shakeout*		180	0	180
22		Menyalakan mesin *shakeout*	Mesin *Shakeout*		3	0	3
23		Proses *shakeout*	Mesin *Shakeout*		10	0	10
24		Mematikan mesin *shakeout*	Mesin *Shakeout*		3	0	3

No	Area	Aktivitas	Mesin/Alat	Jumlah Operator	Waktu (Detik)	Waktu Tunggu (Detik)	Lead Time (Detik)
25	*Semifinished Goods*	Membawa *pulley* hasil *shakeout* pada *semifinished goods*	*Trolley*	2	15	240	255
26		Mengkelompokan jenis *pulley*	*Trolley*		20	0	20
27		Inspeksi *trimming*	Mesin Gerinda		120	0	120
28	*Machining*	Membawa *pulley* pada mesin bubut 4,5,6,7	*Trolley*	6	50	120	170
29		Memasang *pulley* pada *chuck*	Mesin Bubut		60	0	60
30		Pemakanan jalu *belt*	Mesin Bubut dan Batas Penanda		300	0	300
31		Melepas hasil pemakanan jalur *belt*	Mesin Bubut		60	0	60
32		Membawa *pulley* pada mesin bubut 1	*Trolley*		30	0	30
33		Memasang *pulley* pada *chuck*	Mesin Bubut		60	0	60
34		Pemakanan sisi	Mesin Bubut		240	0	240
35		Melepas hasil pemakanan sisi	Mesin Bubut		60	0	60
36		Membawa *pulley* pada mesin bubut 3	*Trolley*		30	0	30
37		Memasang *pulley* pada *chuck*	Mesin Bubut		60	0	60

No	Area	Aktivitas	Mesin/Alat	Jumlah Operator	Waktu (Detik)	Waktu Tunggu (Detik)	Lead Time (Detik)
38		Pemakanan permukaan	Mesin Bubut		120	0	120
39		Melepas hasil pemakanan permukaan	Mesin Bubut		60	0	60
40		Membawa *pulley* pada mesin bubut 3	*Trolley*		30	0	30
41		Memasang *pulley* pada *chuck*	Mesin Bubut		60	0	60
42		*Drilling*untuk ass *pulley*	Mesin Bubut		60	0	60
43		Melepas hasil *drilling*	Mesin Bubut		60	0	60
44	Pendempulan	Membawa *pulley* hasil *machining*	*Trolley*	2	20	0	20
45		Inspeksi *pulley* hasil *machining*	-		10	0	10
46		Pendempulan *Pulley*	Dempul dan Batang Pengaduk		50	0	50
47	Pengecatan	Memindahkan *pulley* pada area pengecatan	*Trolley*		20	240	260
48		Pengecatan *pulley*	Mesin *Cat Powder Coating*		120	0	120
49	*Finished Goods*	Menyiapkan alas produk akhir *pulley*	Alas	2	10	0	10
50		Membawa produk akhir *pulley*pada bagian *finished goods*	*Trolley*		20	0	20

No	Area	Aktivitas	Mesin/Alat	Jumlah Operator	Waktu (Detik)	Waktu Tunggu (Detik)	Lead Time (Detik)
51		Menata *finished goos pulley* sesuai jenis/pesanan	*Trolley*		20	0	20

Tabel 4. 4 Rekapitulasi *Lead Time* dan *Cycle Time*

No	Keterangan	Jumlah Waktu (Detik)
1	*Lead Time*	4979
2	*Cycle Time*	3809

Pada proses produksi *pulley* CV. Mitra Karya Utama (MKU) terdapat 7 *waste* atau pemborosan yang terjadi. Berikut meruapakan uraian analisa 7 *waste* yang terjadi:

1. *Overprodcution*

   Pemborosan *overproduction* terjadi karena fluktuasi permintaan yang bersifat *make to order* dan tidak sesuai dengan penyediaan bahan baku untuk dilakukan pengecoran. Konsumen memesan produk *pulley* dengan ukuran dan variasi yang berbeda, hasil peleburan cairan logam yang dihasilkan melebihi jumlah pesanan, hal tersebut kemudian dituang pada cetakan yang secara *history* memiliki pesanan yang banyak sebagai produksi berlebih.

2. *Inventory*

   Pemborosan *inventory* terjadi untuk bahan baku maupun *semifinished good*. Pada bahan baku yang didapatkan oleh pengepul biasa selalu ditampung dan tidak dikalkulasi mendetail dalam kebutuhan bahan baku untuk pengecoran. Untuk *semifished good* terjadi pada area *semifinished good* dimana kapasitas hasil pengecoran jauh lebih banyak dengan kapasitas proses *machining,* hal tersebut membuat banyak WIP yang terjadi dan disimpan berhari-hari untuk dilakukan *machining* sesuai pesanan yang paling cepat untuk dikirim.



Gambar 4. 29 *Waste Inventory*

3. *Defect*

   Pemborosan *defect* merupakan hasil produksi cacat yang tidak layak untuk dikirimkan oleh konsumen. Hal tersebut mengakibatkan kerugian material waktu produksi bertambah untuk dilakukan *rework* atau dilebur ulang.

Beberapa jenis *defect* yang terjadi pada produk *pulley* diuriakan pada tabel berikut.

Tabel 4. 5 *Waste Defect*

No	Jenis *Defect*	Lampiran
1	*Misrun*	 Gambar 4. 30 *Defect Misrun*
2	Permukaan Kasar	 Gambar 4. 31 *Defect* Permukaan Kasar
3	*Shrinkage*	 Gambar 4. 32 *Defect Shrinkage*
4	*Gas Hole*	 Gambar 4. 33 *Defect Gas Hole*

4. *Motion*

   Pemborosan *motion* terjadi pada saat proses *machining*, WIP yang diterima tidak tersusun sesuai dengan jenis *pulley*. Hal tersebut membuat Gerakan tambahan untuk operator mesin bubut harus mencari dan mengelompokan jenis *pulley* yang akan diproses sesuai dengan setingan mesin yang sudah dilakukan sebelumnya.



Gambar 4. 34 *Waste Motion*

5. *Transportation*

   Material handling produksi *pulley* secara garis besar dilakukan untuk menunjang pada perpindahan 7 area produksi. Hal tersebut mulai dari pengecoran, *shakeout, semifinished good, machining, pengecatan,* dan *finished good*. Pemborosan *transportation* terjadi *material handling* antara *semifinshed good* ke area *machining*, hal ini karena alat yang digunakan hanya menggunakan *trolley* sederhana dan biasa dioperasikan oleh dua operator. Kapasitas *trolley* yang kecil membuat produk *pulley* harus bolak balik untuk dikelompokan, ditata pada *trolley* kemudian dipindahkan ke satu mesin yang sama. Selain itu tidak ada alat bantu *pallet* yang digunakan untuk memudahkan pemindahan material dalam jumlah yang banyak, hal itu membuat pemindahan *semifinshed good* harus dilakukan berkali kali.



Gambar 4. 35 *Waste Transportation*

6. *Excessprocessing*

   Pemborosan *excessprocessing* pada produksi *pulley* ada pada beberapa aktivitas yang bersifat *non value added*. Aktvitas tersebut berupa menata produk atau menyiapkan bahan baku, aktivitas inspeksi secara berulang yang dirasa tidak perlu. Terkait hal tersebut dari 100% *cycle time* waktu proes terdapat 9% waktu proses yang bersifat *non value added* sebesar 340 detik.

7. *Waiting*

   Pemborosan *waiting* merupakan proses menunggu, pada produksi *pulley* pemborosan *waiting* biasa ditemukan pada proses *shakeout* yang harus menunggu hasil pembongkaran pengecoran secara bertahap. Selain itu terdapat mesin bubut yang berfungsi dalam pemakanan jalur *belt* yang mengalami *breakdown* yang membuat operator menunggu proses produksi.

Berdasarkan informasi VSM dan 7 *waste* yang terjadi pada proses produksi *pulley* selanjutnya dilakukan *Value Stream Mapping Analysis Tool* (VALSAT). VALSAT merupakan tool untuk mempermudah pemahaman terhadap VSM dan mempermudah untuk membuat perbaikan sesuai dengan *waste* yang terjadi pada proses produksi *pulley*. VALSAT merupakan pendekatan dengan memberikan pembobotan *waste* berdasarkan kuesioner kemudian dilakukan pemilihan *tool* dengan matrik. Informasi data VALSAT ini didapati berdasarkan hasil kuesioner dan wawancara oleh *supervisor* area produksi CV. Mitra Karya Utama. Berikut merupakan tabel kuesioner VALSAT dan hasil pembobotan pada *Value Stream Mapping Analysis Tool* (VALSAT).

Tabel 4. 6 Kuesioner VALSAT

No	*Waste*	Keterangan	Poin (1-5)
1	(*Overproduction*) Apakah dalam proses produksi *pulley*terjadi jumlah produksi melebihi pesanan dan menambah *inventory* serta kebutuhan bahan baku?	1 = tidak terjadi *over production* 2 = *over production* memakan tempat (*space utilization*) tapi belum mengganggu *flow proces* 3 = *over production* mulai menimbulkan *inventory* yang memakan tempat yang mengganggu *flow process* dan meningkatkan *inventory cos* 4 = *over production* memakan terlalu banyajk bahan baku yang mengakibatkan terganggunya *flow process* produksi berikutnya 5 = *over production* menimbulkan kerusakan barang akibat barang terlalu lama di gudang penyimpanan	2
2	(*Defect*) Adakah kesalahan proses produksi *pulley* yang menghasilkan kecacatan produk?	0 = tidak terjadi *defect* 1 = *defect* terjadi di *own process step* yang mengakibatkan *minor rework* 2 = *defect* terjadi di *next process step* yang mengakibatkan *minor delay* 3 = *defect* terjadi di *later process step* yang membutuhkan *rework* atau berpotensi menimbulkan *reschedule* 4 = *defect* terjadi saat sebelum sampai ke *custumer* atau *defect* yang membutuhkan *significant rework*, mengakibatkan keterlambatan pengiriman dan membutuhkan *additional inspection*	5

No	*Waste*	Keterangan	Poin (1-5)
		5 = *defect* ditemukan oleh *custumer*. Menimbulkan *warranty cost*, admin *cost* dan berkurangnya reputasi	
3	(*Waiting*) Seberapa sering dalam proses produksi *pulley* tertunda yang mengakibatkan keterlambatan proses berikutnya?	0 = tidak terjadi *waiting* selama proses produksi 1 = terjadi *waiting* namum belum mengganggu proses produksi 2 = *waiting* yang terjadi mulai menyebabkan potensi bertambahnya *lead time* produksi 3 = waiting menyebabkan potensi *poor workflow continuity* yang memperpanjang lead time produksi 4 = waiting yang terjadi menyebabkan *poor workflow* dan *material flow* pada proses produksi dan berpotensi timbulnya keterlambatan pengiriman 5 = waiting menyebabkan keterlambatan pengiriman produk	3
4	(*Unnecessary Motion*) Apakah ada kondisi/tata letak area produksi menghambat waktu proses produksi *pulley*?	0 = tidak terjadi *motion* 1 = terdapat pergerakan yang tidak perlu namun belum mengganggu proses produksi 2 = terdapat pergerakan – pergerakan yang menyela *production flow* 3 = terdapat pergerakan – pergerakan yang menyela *production flow* dan berpotensi memperpanjang *leadtime* produksi 4 = *motion* memperpanjang leadtime dan mengurangi produktivitas pekerja	3

No	*Waste*	Keterangan	Poin (1-5)
		5 = berpotensi menimbulkan cedera pada manusia	
5	(*Innapropriate Processing*) Apakah dalam proses produksi *pulley* terdapat proses yang sebenarnya tidak dibutuhkan, dan menambah lama waktu produksi?	0 = tidak terjadi *over processing* 1 = pengerjaan yang dilakukan berada dibawah atau diatas spesifikasi yang dibutuhkan namun efeknya tidak *significant* pada hasil *processing* 2 = pengerjaan yang dilakukan berada dibawah atau diatas spesifikasi yang dibutuhkan dan menimbulkan efek yang *significant* pada hasil *processing*. 3 = *it consumes resources* – mengakibatkan konsumsi bahan baku yang lebih banyak 4 = *it increases production time* – mengakibatkan bertambahnya waktu produksi sehingga memperpanjang *lead time* 5= *over processing* menimbulkan *defect* atau menimbulkan kerusakan pada mesin produksi dan berpotensi menimbulkan bahaya pada manusia	4
6	(*Excessive Transportation*) Apakah proses produksi *pulley* pengiriman pada setiap tahapan mempengaruhi	0 = tidak terjadi transpotasi berlebih 1 = terjadi transportasi berlebih namun belum mengganggu proses produksi 2 = transportasi berlebih mengakibatkan kualitas komunikasi yang buruk (*poor communication*) antar bagian 3 = transportasi berlebih mengakibatkan konsumsi *floor space* yang lebih banyak	4

No	*Waste*	Keterangan	Poin (1-5)
	lamanya proses pengadaan?	4 = meningkatkan waktu *work in progress* yang mengakibatkan bertambahnya *lead time* produksi 5 = menimbulkan potensi kerusakan pada produk	
7	(*Unnecessary Inventory*) Apakah proses produksi terdapat penyimpanan berlebih sehingga menambah biaya perawatan dan penggunaan area produksi?	0 = tidak terjadi *inventory* 1 = terdapat *inventory* yang tidak perlu namun belum mengganggu proses produksi dan tidak membutuhkan *extra inventory cost* 2 = menimbulkan *extra resource to manage* 3 = *inventory* yang tidak perlu mulai mengganggu proses produksi 4 = membutuhkan *extra storage space* dan menimbulkan potensi kerusakan barang 5 = membutuhkan *extra storage space* dan menimbulkan kerusakan barang yang tidak diketahui karena banyaknya *inventory*	2

Berdasarkan *input* kuesioner diatas selanjutnya dilakukan matriks pembobotan VALSAT untuk menentukan *tools* analisa yang tepat dalam *Value Stream Mapping* (VSM). Pehritungan bobot matriks tersebut berdasarkan tabel pembobotan sebagai berikut:

Tabel 4. 7 Matriks Pembobotan VALSAT

Waste	PAM	SCRM	PVF	QFM	DAM	DPA	PS
Overproduction	L	M		L	M	M	
Waiting	H	H	M		M	M	

Waste	PAM	SCRM	PVF	QFM	DAM	DPA	PS
Transportation	H						L
Inappropiate Processing	H		M	L		L	
Un-necessary Inventory	M	H	M		H	M	L
Un-necessary Motion	H	L					
Defect	L			H			

Keterangan

High correlation and usefulness (H) = 9

Medium correlation and usefulness (M) = 3

Low correlation and usefulness (L) = 1

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Bobot VALSAT

Waste	**PAM**	**SCRM**	**PVF**	**QFM**	**DAM**	**DPA**	**PS**
Overproduction	2	6		2	6	6	
Waiting	27	27	9		9	9	
Transportation	36						4
Inappropiate Processing	36		12	4		4	
Un-necessary Inventory	6	18	6		18	6	2
Un-necessary Motion	27	3					
Defect	3			27			
Total	137	54	27	33	33	25	6
Ranking	1	2	5	3	4	6	7

Berdasarkan hasil perhitungan dan rekapitulasi pada VALSAT didapati nilai-nilai skor *tool*, skor paling tinggi berdasarkan rekapitulasi *ranking tool* adalah

Process Activity Mapping (PAM) dengan nilai total 137. Sehingga dalam menganalisa pemborosan lebih lanjut menggunakna PAM. Selanjutnya dilakukan perhitungan lebih lanjut menggunakan PAM. *Process Activity Mapping* (PAM) adalah *tool* yang digunakan untuk mengidentifikasi nilai tambah dan tidak memberikan nilai tambah pada aktivitas yang dilakukan pada proses produksi *pulley*. Berikut merupakan hasil perhitungan *Process Activity Mapping* (PAM).

Tabel 4. 9 *Process Activity Mapping* (PAM)

No	Area	Aktivitas	VA/NVA/NNVA	Waktu (Detik)	Mesin/Alat	Jarak (m)	Total Waktu Proses (Detik)	Aktivitas				
								O	T	I	D	S
1	Pengecoran	Menggali pasir untuk mengubur kotak coran	VA	90	Cangkul	0	1808	x				
2		Memasang pola cetakan pada kotak coran atas dan bawah	VA	85	Penumbuk, Cetakan Coran dan Kotak Coran	0		x				
3		Memasang cetakan pipa jalur masuk cairan logam	VA	10	Penumbuk dan Pipa	0		x				
4		Melepas pola cetakan dan pipa	VA	5	Cetakan Coran	0		x				

No	Area	Aktivitas	VA/NVA/NNVA	Waktu (Detik)	Mesin/Alat	Jarak (m)	Total Waktu Proses (Detik)	Aktivitas				
								O	T	I	D	S
5		Memadatkan pasir	VA	5	Penumbuk	0		x				
6		Menaburkan *parting powder*	VA	5	*Parting Powder*	0		x				
7		Membongkar kotak coran	VA	20	Kotak Coran	0		x				
8		Menyiapkan bahan baku	NVA	240	Timbangan, T*rolley* dan Karung	10					x	
9		Memasukan bahan baku	NNVA	60	Karung	3		x				
10		Menghidupkan mesin *furnacne*	VA	3	Mesin *Furnance*	5		x				

No	Area	Aktivitas	VA/NVA/NNVA	Waktu (Detik)	Mesin/Alat	Jarak (m)	Total Waktu Proses (Detik)	Aktivitas				
								O	T	I	D	S
11		Mengatur temperatur sampai 1000 C	VA	3	Mesin *Furnance*	0		x				
12		Proses peleburan	VA	54	Mesin *Furnance*	0		x				
13		Mematikan mesin *furnacne*	VA	3	Mesin *Furnance*	5		x				
14		Membawa tungku ke tengah area pengecoran	NNVA	900	*Crane*	15			x			
15		Penuangan cairan metal	VA	240	*Laddle*	5		x				
16		Membongkar hasil pengecoran	VA	30	Cangkul	0		x				

No	Area	Aktivitas	VA/NVA/NNVA	Waktu (Detik)	Mesin/Alat	Jarak (m)	Total Waktu Proses (Detik)	Aktivitas				
								O	T	I	D	S
17		Membawa hasil pengecoran	NNVA	15	*Trolley*	7			x			
18		Inspeksi pengecoran	NVA	10	-	0				x		
19		Menghitung hasil pengecoran	NVA	30	Alat tulis	0						x
20	*Shakeout*	Membawa *pulley* pada area *shakeout*	NNVA	40	*Trolley*	12	236		x			
21		Memasukan *pulley* pada mesin *shakeout*	VA	180	Mesin *Shakeout*	0		x				
22		Menyalakan mesin *shakeout*	VA	3	Mesin *Shakeout*	0,5		x				

No	Area	Aktivitas	VA/NVA/NNVA	Waktu (Detik)	Mesin/Alat	Jarak (m)	Total Waktu Proses (Detik)	Aktivitas				
								O	T	I	D	S
23		Proses *shakeout*	VA	10	Mesin *Shakeout*	0		x				
24		Mematikan mesin *shakeout*	VA	3	Mesin *Shakeout*	0,5		x				
25	*Semifinished Goods*	Membawa *pulley* hasil *shakeout* pada *semifinished goods*	NNVA	15	*Trolley*	3	155		x			
26		Mengkelompokan jenis *pulley*	NVA	20	*Trolley*	0						x
27		Inspeksi *trimming*	NNVA	120	Mesin Gerinda	2				x		
28	*Machining*	Membawa *pulley* pada mesin bubut 4,5,6,7	NNVA	50	*Trolley*	8	1340		x			

No	Area	Aktivitas	VA/NVA/NNVA	Waktu (Detik)	Mesin/Alat	Jarak (m)	Total Waktu Proses (Detik)	Aktivitas				
								O	T	I	D	S
29		Memasang *pulley* pada *chuck*	VA	60	Mesin Bubut	0		x				
30		Pemakanan jalur *belt*	VA	300	Mesin Bubut dan Batas Penanda	0		x				
31		Melepas hasil pemakanan jalur *belt*	VA	60	Mesin Bubut	0		x				
32		Membawa *pulley* pada mesin bubut 1	NNVA	30	*Trolley*	2			x			
33		Memasang *pulley* pada *chuck*	VA	60	Mesin Bubut	0		x				
34		Pemakanan sisi	VA	240	Mesin Bubut	0		x				

No	Area	Aktivitas	VA/NVA/NNVA	Waktu (Detik)	Mesin/Alat	Jarak (m)	Total Waktu Proses (Detik)	Aktivitas				
								O	T	I	D	S
35		Melepas hasil pemakanan sisi	VA	60	Mesin Bubut	0		x				
36		Membawa *pulley* pada mesin bubut 3	NNVA	30	*Trolley*	2			x			
37		Memasang *pulley* pada *chuck*	VA	60	Mesin Bubut	0		x				
38		Pemakanan permukaan	VA	120	Mesin Bubut	0		x				
39		Melepas hasil pemakanan permukaan	VA	60	Mesin Bubut	0		x				
40		Membawa *pulley* pada mesin bubut 3	NNVA	30	*Trolley*	2			x			

No	Area	Aktivitas	VA/NVA/NNVA	Waktu (Detik)	Mesin/Alat	Jarak (m)	Total Waktu Proses (Detik)	Aktivitas				
								O	T	I	D	S
41		Memasang *pulley* pada *chuck*	VA	60	Mesin Bubut	0		x				
42		*Drilling*untuk ass *pulley*	VA	60	Mesin Bubut	0		x				
43		Melepas hasil *drilling*	VA	60	Mesin Bubut	0		x				
44		Membawa *pulley* hasil *machining*	NNVA	20	*Trolley*	4			x			
45	Pendempulan	Inspeksi *pulley* hasil *machining*	NVA	10	-	0	80			x		
46		Pendempulan *Pulley*	NNVA	50	Dempul dan Batang Pengaduk	0		x				

No	Area	Aktivitas	VA/NVA/NNVA	Waktu (Detik)	Mesin/Alat	Jarak (m)	Total Waktu Proses (Detik)	Aktivitas				
								O	T	I	D	S
47	Pengecatan	Memindahkan *pulley* pada area pengecatan	NNVA	20	*Trolley*	5	140		x			
48		Pengecatan *pulley*	VA	120	Mesin *Cat Powder Coating*	0		x				
49	*Finished Goods*	Menyiapkan alas produk akhir *pulley*	NVA	10	Alas	3	50				x	
50		Membawa produk akhir *pulley*pada bagian *finished goods*	NNVA	20	*Trolley*	3			x			

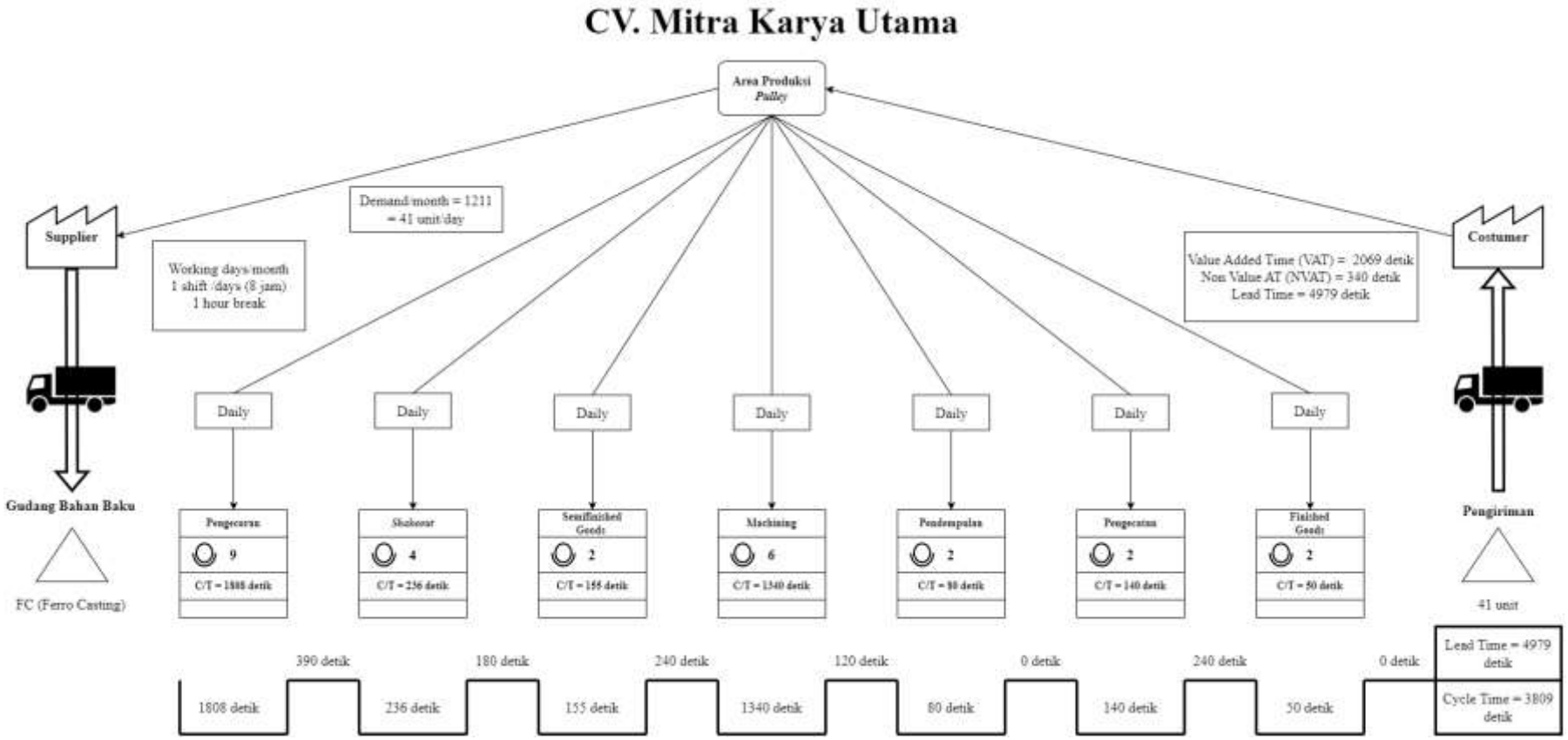
No	Area	Aktivitas	VA/NVA/NNVA	Waktu (Detik)	Mesin/Alat	Jarak (m)	Total Waktu Proses (Detik)	Aktivitas				
								O	T	I	D	S
51		Menata *finished goos pulley* sesuai jenis/pesanan	NVA	20	*Trolley*	0						x

Tabel 4. 10 Rekapitulasi *Process Activity Mapping*

Symbol	**Aktivitas**	**Jumlah**	**Waktu (Detik)**	**%**	**Total %**
O	*Operation*	32	2179	57%	100%
T	*Transportation*	11	1170	31%	
I	*Inspection*	3	140	4%	
D	*Delay*	2	250	7%	
S	*Storage*	3	70	2%	
VA	*Vlaue Added*	30	2069	54%	100%
NVA	*NonValue Added*	7	340	9%	
NNVA	*Necessary NonValue Added*	14	1400	37%	
	Total Aktivitas (detik)		3809		

Berdasarkan perhitungan *Process Activity Mapping* (PAM) dengan total waktu 3809 detik dan hasil rekapitulasi waktu, didapat bahwa jumlah terbanyak untuk operasi dengan jumlah 32, persentase 57% dan waktu 2179 detik. Selanjutnya klasifikasi VA, NNVA, dan NVA terbanyak untuk *value added* dengan jumlah 30, persentase 54% dan total waktu 2069 detik.

Berdasarkan hasil klasifikasi aktivitas pada proses produksi produk *pulley* dilakukan pembuatan *Value Stream Mapping* (VSM). Berikut merupakan VSM produk *pulley* CV. Mitra Karya Utama.



Gambar 4. 36 *Value Stream Mappin* Produksi *Pulley*

4.2.1.2 *Waste Assessment Model* (WAM)

Pada tahapan *Waste Assessment Model* (WAM) dilakukan untuk mengetahui *waste* paling dominan dari 7 *waste* yang terjadi untuk dilakukan perbaikan. Informasi data *Waste Assessment Model* (WAM) ini didapati berdasarkan hasil kuesioner dan wawancara oleh Pemiliki CV. Mitra Karya Utama. Berikut merupakan tahapan WAM.

1. *Seven Waste Relationship* (SWR)

   Pada perhitungan SWR dilakukan pengolahan data dengan penjumlahan seluruh pertanyaan pada kuesioner keterkaitan antar *waste*. *Seven Waste Relationship* (SWR) berfungsi untuk menilai keterkaitan antara satu pemborosan dengan pembrosan lainnya. Hal ini untuk mengetahui keterkaitan seberapa kuat hubungan setiap *waste* dalam mempengaruhi *waste* yang lainnya. Terdapat 6 jenis pertanyaan untuk setiap keterkaitan antar pemborosan. Selanjutnya setiap jenis pertanyaan tersebut dijumlahkan dan dilakukan konversi menjadi bentuk huruf yang menggabarkan hubungan kedekatan antar *waste*. Berikut merupakan hasil rekapitulasi kuesioner *Seven Waste Relationship* dari hasil penyebaran kuesioner.

Tabel 4. 11 Kuesioner SWR

No	Pertanyaan	1	2	3	4	5	6	Total	Hubungan
1	*Overproduction_Defect*	0	2	4	2	2	0	10	I
2	*Overproduction_Waiting*	4	1	4	2	1	4	16	E
3	*Overproduction_Transportation*	4	2	4	2	2	4	18	A
4	*Overproduction_Inventory*	4	2	4	2	4	4	20	A
5	*Overproduction_Motion*	2	1	2	1	2	2	10	I
6	*Inventory_Defect*	2	0	2	2	4	4	14	E
7	*Inventory_Overproduction*	0	1	0	2	2	4	9	I
8	*Inventory_Transportation*	0	2	4	2	2	2	12	I
9	*Inventory_Motion*	0	0	4	2	2	2	10	I
10	*Defect_Overproduction*	4	1	4	2	4	4	19	A
11	*Defect_Waiting*	4	2	2	2	4	4	18	A
12	*Defect_Transportation*	4	2	2	2	2	4	16	E
13	*Defect_Inventory*	4	0	0	2	4	4	14	E

No	Pertanyaan	1	2	3	4	5	6	Total	Hubungan
14	*Defect_Motion*	2	2	2	2	4	4	16	E
15	*Motion_Defect*	2	1	2	2	4	2	13	E
16	*Motion_Waiting*	4	2	2	2	2	2	14	E
17	*Motion_Inventory*	0	0	0	2	2	0	4	U
18	*Motion_Excessprocessing*	0	0	4	2	4	4	14	E
19	*Transportation_Defect*	0	0	0	2	4	4	10	I
20	*Transportation_Overproduction*	0	1	0	1	2	2	6	O
21	*Transportation_Waiting*	2	2	4	1	2	4	15	E
22	*Transportation_Inventory*	0	0	2	1	1	2	6	O
23	*Transportation_Motion*	4	2	4	2	1	4	17	A
24	*Excessprocessing_Overproduction*	0	0	2	2	2	2	8	O
25	*Excessprocessing_Waiting*	2	1	4	1	2	2	12	I
26	*Excessprocessing_Inventory*	2	0	4	2	2	0	10	I
27	*Excessprocessing_Motion*	4	2	2	2	2	2	14	E
28	*Excessprocessing_Defect*	2	2	2	2	2	2	12	I
29	*Waiting_Defect*	2	1	4	1	4	2	14	E
30	*Waiting_Overproduction*	0	1	0	1	2	0	4	U
31	*Waiting_Inventory*	2	1	4	1	2	2	12	I

Keterangan 6 pertanyaan *Seven Waste Relationship* (SWR):

Pertanyaan 1: Apakah *waste 1* menghasilkan *waste 2*?

- (4) Selalu
- (2) Kadang-Kadang
- (0) Jarang

Pertanyan 2: Bagaimana jenis hubungan antara *waste 1* dan *waste 2*?

- (2) Jika *waste 1* naik maka *waste 2* naik
- (1) Jika *waste 1* naik maka *waste 2* tetap
- (0) Tidak tentu, tergantung keadaan

Pertanyaan 3: Bagaimana dampak terhadap *waste 1* karena *waste 2*?

- (4) Tampak secara langsung & jelas
- (2) Butuh waktu untuk muncul
- (0) Tidak sering muncul

Pertanyaan 4: Bagaimana cara yang dapat dicapai untuk menghilangkan dampak *waste 1* terhadap *waste 2*?

- (2) Metode *engineering*
- (1) Sederhana & langsung
- (0) Solusi untuk intruksional

Pertanyaan 5: Apa dampak utama yang dipengaruhi oleh *waste 1* terhadap *waste 2*?

- (1) Kualitas produk/Produktivitas sumber daya/ *Lead time*
- (2) Kualitas & Produktivitas/ Kualitas & *lead time*/ Produktifitas & *lead time*
- (4) Kualitas, produktivitas & *lead time*

Pertanyaan 6: Sebesar apa dampak *waste 1* terhadap *waste 2* akan meningkatkan *leadtime*?

- (4) Sangat tinggi
- (2) Sedang
- (0) Rendah

Berdasarkan rekapitulasi kuesioner *Seven Waste Relationship* (SWR) diatas terdapat 1 keterkaitan *waste* yang memiliki total skor 20 yaitu *Overproduction_Inventory*. Hasil tersebut didapati berdasarkan akumulai skor 6 jenis pertanyaan. Contohnya untuk jenis pertanyaan pertama "apakah *waste overproduction* menghasilkan *waste inventory*?" menghasilkan jawaban selalu dengan skor 4. Selanjutnya untuk pertanyaan kedua "bagaimana jenis hubungan antara *waste overproduction* dan *waste inventory*?" menghasilkan jawaban jika *waste overproduction* naik maka *waste inventory* naik dengan skor 2. Selanjutnya untuk pertanyaan ketiga "bagaimana dampak terhadap *waste overproduction* karena *waste inventory*?" menghasilkan jawaban tampak secara langsung & jelas dengan skor 4. Selanjutnya untuk pertanyaan keempat "bagaimana cara yang dapat dicapai untuk menghilangkan dampak *waste overproduction* terhadap *inventory*?" menghasilkan jawaban metode *engineering* dengan skor 2. Selanjutnya untuk pertanyaan kelima "apa dampak utama yang dipengaruhi oleh *waste overproduction* terhadap *waste inventory*?"

menghasilkan jawaban kualitas, produktivitas & *lead time* dengan skor 4. Terakhir untuk pertanyaan keenam "sebesar apa dampak *waste overproduction* terhadap *waste inventory* akan meningkatkan *leadtime*?" menghasilkan jawaban sangat tinggi dengan skor 4. Berdasarkan akumulasi skor 6 jenis pertanyaan tersebut didapat bahwa *Overproduction_Inventory* memiliki total skor 20 dengan kategori *absolutely necessary* atau sangat diperlukan. Selanjutnya dilakukan rekapitulasi hasil akhir skor untuk setiap hubungan antar *waste* serta mengkategorikan jenis hubungan berdasarkan total skor seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 12 Symbol Hubngan SWR

Range	**Jenis Hubungan**	**Simbol**
17-20	*Absolutely Necessary*	A
13-16	*Especially Important*	E
9-12	*Important*	I
5-8	*Ordinary Closeness*	O
1-4	*Unimportant*	U
0	*No Relation*	X

Tabel 4. 13 Rekapitulasi Symbol Hubungan SWR

No	**Pertanyaan**	**Total**	**Hubungan**
1	*Overproduction_Defect*	10	I
2	*Overproduction_Waiting*	16	E
3	*Overproduction_Transportation*	18	A
4	*Overproduction_Inventory*	20	A
5	*Overproduction_Motion*	10	I
6	*Inventory_Defect*	14	E
7	*Inventory_Overproduction*	9	I
8	*Inventory_Transportation*	12	I
9	*Inventory_Motion*	10	I
10	*Defect_Overproduction*	19	A
11	*Defect_Waiting*	18	A

No	Pertanyaan	Total	Hubungan
12	*Defect_Transportation*	16	E
13	*Defect_Inventory*	14	E
14	*Defect_Motion*	16	E
15	*Motion_Defect*	13	E
16	*Motion_Waiting*	14	E
17	*Motion_Inventory*	4	U
18	*Motion_Excessprocessing*	14	E
19	*Transportation_Defect*	10	I
20	*Transportation_Overproduction*	6	O
21	*Transportation_Waiting*	15	E
22	*Transportation_Inventory*	6	O
23	*Transportation_Motion*	17	A
24	*Excessprocessing_Overproduction*	8	O
25	*Excessprocessing_Waiting*	12	I
26	*Excessprocessing_Inventory*	10	I
27	*Excessprocessing_Motion*	14	E
28	*Excessprocessing_Defect*	12	I
29	*Waiting_Defect*	14	E
30	*Waiting_Overproduction*	4	U
31	*Waiting_Inventory*	12	I

2. *Waste Relationship Matrix* (WRM)

Berdasarkan perhitungan pada *Seven Waste Relationship* (SWR) untuk hasil keterkaitan antar *waste,* selanjutnya dilakukan tahapan *Waste Relationship Matrix* (WRM) dengan mengkonversi hasil SWR menjadi matriks hubungan pada tabel WRM. Berikut merupakan tabel *Waste Relationship Matrix* (WRM).

Tabel 4. 14 Matriks WRM

From/To	**O**	**I**	**D**	**M**	**T**	**E**	**W**
O	A	A	I	I	A	X	E
I	I	A	E	I	I	X	X

From/To	O	I	D	M	T	E	W
D	A	E	A	E	E	X	A
M	X	U	E	A	X	E	E
T	O	O	I	A	A	X	E
E	O	I	I	E	X	A	I
W	U	I	E	X	X	X	A

Didapati pada tabel diatas untuk contoh hubungan *waste Overproduction_Inventory* memiliki total skor 20 dengan jenis hubungan "A" maka pada pembacaan baris *form overproduction* pada baris pertama dengan kolom *to inventory* pada kolom kedua mengahasilkan jenis hubungan "A". Hal yang sama untuk seluruh hasil jenis hubungan *Waste Relationship Matrix* (SWR) dimasukan pada matriks *Waste Relationship Matrix* (WRM). Hasil angka tersebut kemudian dijumlahkan untuk mengetahui pengaruh dalam hasil persentase. Berikut merupakan tabel konfersi dan hasil perhitungan keterkaitan pada *Waste Relationship Matrix* (SWR).

Tabel 4. 15 Nilai Symbol SWR

Simbol Matriks	Nilai Angka
A	10
E	8
I	6
O	4
U	2
X	0

Tabel 4. 16 Rekapitulasi Nilai WRM

From/To	O	I	D	M	T	E	W	Score	%
O	10	10	6	6	10	0	8	50	17,61%
I	6	10	8	6	6	0	0	36	12,68%
D	10	8	10	8	8	0	10	54	19,01%
M	0	2	8	10	0	8	8	36	12,68%
T	4	4	6	10	10	0	8	42	14,79%

From/To	O	I	D	M	T	E	W	Score	%
E	4	6	6	8	0	10	6	40	14,08%
W	2	6	8	0	0	0	10	26	9,15%
Score	36	46	52	48	34	18	50	284	
%	12,68%	16,20%	18,31%	16,90%	11,97%	6,34%	17,61%		

Berdasarkan hasil *Waste Relationship Matrix* (SWR) untuk notasi *from* untuk persentase *defect* memiliki nilai tersbesar yaitu 18,31%, kemudian disusul 6 *waste* yang lainnya. Hal tersebut menunjukan pada *waste defect* memiliki pengaruh terjadinya *waste* yang lain. Sedangkan pada notasi *To defect* juga memiliki persentase tertinggi senilai 19,01%, dimana hal ini menunjukan bahwa *defect* besar dipengaruhi oleh *waste* yang lain.

3. *Waste Assessment Questionnare* (WAQ)

Waste Assessment Quistionnaire (WAQ) dikembangkan untuk mengalokasikan *waste* yang terjadi di lantai dan lini produksi. Kuisioner ini merepresentasikan aktivitas, kondisi, maupun sifat yang menyebabkan *waste* tertentu. Terdapat 68 pertanyaan yang berbeda yang dibagi menjadi 4 kelompok pertanyaan, yaitu *man, material, machine,* dan *method*. Terdapat dua jenis pertanyaan yaitu "*from*", dimana jenis *waste* tersebut dapat memicu jenis *waste* lainnya berdasarkan *Waste Relationship Matrix*. Sedangkan "*to*", dimana jenis *waste* yang ada dipengaruhi oleh jenis *waste* lainnya.

Apabila kategori pertanyaan adalah A dan jawaban "Tidak" artinya diindikasikan tidak terjadi pemborosan dengan bobot 0. Apabila jawabannya adalah "Kadang-kadang" maka menandakan sedang ada pemborosan dengan skala yang kecil dengan pemberian bobot 0,5.

Sedangkan apabila kategori pertanyaan B dan jawabannya "Tidak" maka dapat disimpulkan berdampak terhadap pemborosan dengan bobot 1, dan Apabila jawabannya adalah "Kadang-kadang" maka menandakan sedang ada pemborosan dengan skala yang kecil dengan pemberian bobot 0,5.Berikut adalah pengelompokkan jenis pertanyaan dari hasil rekapitulasi *Waste Assessment Quistionnaire* (WAQ).

Tabel 4. 17 Kuesioner WAQ

No	Jenis Pertanyaan	Hubungan Pemborosan	Pertanyaan	Jawaban	Total
			MAN		
1	*To Motion*	B	Apakah pihak manajemen sering melakukan pemindahan operator untuk semua pekerjaan (mesin) sehingga suatu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh semua operator?	Kadang-kadang	0,5
2	*From Motion*	B	Apakah dilakukan penetapan standar untuk jumlah waktu dan kualitas produk yang ditargetkan dalam produksi?	Tidak	1
3	*From Defect*	B	Apakah pengawasan untuk pekerja dalam proses produksi sudah cukup?	Kadang-kadang	0,5
4	*From Motion*	B	Apakah ada langkah positif untuk meningkatkan semangat kerja dalam proses produksi?	Kadang-kadang	0,5
5	*From Motion*	B	Apakah ada pelatihan baru untuk pegawai baru?	Ya	0
6	*From Defect*	B	Apakah pekerja memiliki rasa tanggung jawab terhadap pekerjaannya?	Tidak	1
7	*From Process*	B	Apakah perlindungan keselamatan kerja sudah dimanfaatkan di area kerja?	Kadang-kadang	0,5
			MATERIAL		
8	*To Waiting*	B	Apakah telah dilakukan pengecekan jadwal untuk ketersediaan bahan baku sebelum melakukan proses produksi?	Kadang-kadang	0,5
9	*From Waiting*	B	Apakah telah dilakukan pengecekan jadwal untuk ketersediaan bahan bakusebelum melakukan proses produksi?	Tidak	1
10	*From Transportation*	B	Apakah part diterima dalam satu muatan?	Ya	0

No	Jenis Pertanyaan	Hubungan Pemborosan	Pertanyaan	Jawaban	Total
11	*From Inventory*	B	Apakah perencanaan produksi memberikan informasi yang cukup kepada tenaga kerja Part Control (PC) mengenai aktivitas penyimpanan barang?	Kadang-kadang	0,5
12	*From Inventory*	B	Apakah tenaga kerja Part Control (PC) diingatkan sebelum dilakukan perubahan penyimpanan (*inventory*) yang direncanakan?	Ya	0
13	*From Defect*	A	Apakah terdapat akumulasi material berlebihan yang menunggu dikerjakan ulang?	Tidak	0
14	*From Inventory*	A	Apakah terdapat material yang tidak penting disekitar tumpukan material bahan baku?	Kadang-kadang	0,5
15	*From Waiting*	A	Apakah tenaga kerja produksi berdiri disekitar area produksi menunggu kedatangan bahan baku/material?	Ya	1
16	*To Defect*	A	Apakah bahan/material dipandahkan lebih sering daripada yang dibutuhkan?	Tidak	0
17	*From Defect*	A	Apakah bahan baku sering rusak saat aktivitas transportasi?	Tidak	0
18	*From Transportation*	A	Apakah Work In Process (WIP) area dikacaukan dengan part dan material yang digunakan atau dipindahkan untuk proses berikutnya?	Tidak	0
19	*To Motion*	A	Apakah material yang dibongkar muat secara mekanik harus ditangani secara manual?	Ya	1
20	*From Waiting*	B	Apakah terdapat wadah yang digunakan sebelum pengemasan untuk mempermudah	Ya	0

No	Jenis Pertanyaan	Hubungan Pemborosan	Pertanyaan	Jawaban	Total
			perhitungan jumlah dan penanganan bahan (material handling)?		
21	*From Motion*	B	Apakah bahan baku/material yang identik disimpan pada satu lokasi untuk meminimasi waktu pencarian dalam penanganan persediaan?	Tidak	1
22	*From Transportation*	B	Apakah tersedia wadah besar yang mudah dibawa untuk menghindari perulangan penanganan (handling) dengan wadah kecil?	Ya	0
23	*From Defect*	B	Apakah bahan baku diuji untuk mengetahui kesesuaian terhadap spesifikasi ketika diterima?	Ya	0
24	*From Motion*	B	Apakah bahan baku/ material dengan tepat diidentifikasi melalui nomor part?	Ya	0
25	*From Inventory*	A	Apakah dilakukan penyimpanan barang yang masih dalam proses Work In Process (WIP) untuk diproses kemudian?	Ya	1
26	*From Inventory*	A	Apakah dilakukan pemesanan dan penyimpanan rawmaterial untuk persediaan, meskipun tidak dibutuhkan dengan segera?	Ya	1
27	*To Waiting*	B	Apakah dilakukan kelonggaran rute aliran Work In Process (WIP)?	Tidak	1
28	*From Defect*	A	Apakah dilakukan pengerjaan ulang untuk produk yang tidak sesuai?	Ya	1
29	*From Waiting*	B	Apakah bahan baku tiba tepat waktu disaat dibutuhkan?	Kadang-kadang	0,5

No	Jenis Pertanyaan	Hubungan Pemborosan	Pertanyaan	Jawaban	Total
30	*From Overproduction*	A	Apakah terdapat tumpukan barang di gudang yang tidak memiliki customer yang dijadwalkan?	Ya	1
31	*To Motion*	B	Apakah bahan/material disimpan dengan baik?	Tidak	1
			MACHINE		
32	*From Process*	B	Apakah pengujian terhadap efisiensi mesin dan pengujian standar spesifikasi produk sudah dilakukan secara periodik?	Kadang-kadang	0,5
33	*To Waiting*	B	Apakah beban kerja untuk tiap mesin dapat diprediksi dengan jelas?	Ya	0
34	*From Process*	B	Apakah dilakukan pemeriksaan terhadap mesin yang telah dipasang dengan melihat kesesuaian kinerja dengan spesifikasinya?	Kadang-kadang	0,5
35	*From Transportation*	B	Apakah kapasitas peralatan penanganan bahan (material handling) cukup untuk menampung beban yang paling berat?	Tidak	1
36	*To Motion*	B	Jika peralatan material handling digunakan, apakah jumlah bahan yang dibawa sudah cukup?	Tidak	1
37	*From Overproduction*	A	Apakah terdapat kebijakan produksi untuk memproduksi produk yang berlebih dalam rangka mencapai pemanfaatan mesin?	Tidak	0
38	*From Waiting*	A	Apakah mesin sering berhenti karena kerusakan mesin?	Tidak	0

No	Jenis Pertanyaan	Hubungan Pemborosan	Pertanyaan	Jawaban	Total
39	*From Waiting*	B	Apakah peralatan yang dibutuhkan sudah tersedia dan cukup untuk setiap proses?	Tidak	1
40	*To Defect*	A	Apakah peralatan penanganan bahan (material handling) membahayakan terhadap part yang dibawa?	Tidak	0
41	*From Waiting*	A	Apakah pada proses produksi berlangsung waktu setup lama dan menyebabkan penundaan terhadap aliran proses?	Tidak	0
42	*To Motion*	A	Apakah terdapat perkakas yang tidak terpakai/rusak namun masih tersedia ditempat kerja?	Kadang-kadang	0,5
43	*From Process*	B	Apakah dilakukan pertimbangan untuk meminimasi frekuensi dari set up dengan penyesuaian penjadwalan dan desain?	Kadang-kadang	0,5
			METHOD		
44	*To Transportation*	B	Apakah area stok tersedia untuk menghindari kemacetan lalu lintas produksi?	Kadang-kadang	0,5
45	*From Motion*	B	Apakah ada sistem penomoran pada pengambilan material yang memudahkan dalam pencarian dan penyimpanan?	Kadang-kadang	0,5
46	*From Waiting*	B	Apakah ruang penyimpanan digunakan secara efektif untuk penyimpanan dengan bantuan forklift dan rak?	Kadang-kadang	0,5
47	*To Motion*	B	Apakah gudang dibagi menjadi dua area, area aktif untuk order yang paling sering dan stok cadangan untuk orderan lainnya?	Ya	0

No	Jenis Pertanyaan	Hubungan Pemborosan	Pertanyaan	Jawaban	Total
48	*From Defect*	B	Apakah ada penerapan quality control di dalam proses produksi yang selalu diterapkan?	Tidak	1
49	*To Defect*	B	Apakah jadwal produksi dikomunikasikan antar departemen, sehingga jadwal dipahami secara luas?	Kadang-kadang	0,5
50	*From Motion*	B	Apakah telah dilakukan standar produksi untuk memudahkan loading mesin?	Kadang-kadang	0,5
51	*From Defect*	B	Apakah ada penerapan quality control di dalam proses produksi yang selalu diterapkan?	Tidak	1
52	*From Motion*	B	Apakah pekerjaan dan operasi memiliki waktu standar yang dihitung sesuai ilmu keteknikan?	Kadang-kadang	0,5
53	*To Waiting*	B	Jika suatu penundaan (*delay*) ditentukan, apakah penundaan tersebut dikomunikasikan ke semua departemen produksi?	Kadang-kadang	0,5
54	*From Process*	B	Apakah kebutuhan untuk part yang umum dijadwalakan sehingga tidak ada pengulangan setup yang tidak semestinya untuk produksi item yang sama?	Kadang-kadang	0,5
55	*From Process*	B	Apakah ada suatu kemungkinan mengkombinasikan langkah tertentu untuk membentuk suatu langkah tunggal?	Tidak	1
56	*To Defect*	B	Apakah ada prosedur untuk inspeksi produk yang dihasilkan?	Kadang-kadang	0,5
57	*From Inventory*	B	Apakah arsip *inventory* digunakan untuk perhitungan pembelian material dan menjadwalkan produksi?	Tidak	1

No	Jenis Pertanyaan	Hubungan Pemborosan	Pertanyaan	Jawaban	Total
58	*To Transportation*	B	Apakah lorong lorong ruang produksi selalu dibersihkan dan dirapikan dengan baik?	Kadang-kadang	0,5
59	*To Motion*	B	Apakah area penyimpanan diberi tanda pada bagian-bagian tertentu?	Kadang-kadang	0,5
60	*To Transportation*	B	Apakah luas lorong produksi cukup untuk pergerakan bebas peralatan?	Tidak	1
61	*To Motion*	A	Apakah area gudang digunakan untuk menyimpan material yang seharusnya tidak disimpan?	Tidak	0
62	*To Motion*	B	Apakah ada jadwal tetap untuk membersihkan pabrik?	Ya	0
63	*From Motion*	B	Apakah aliran produksi dilakukan dengan satu arah?	Kadang-kadang	0,5
64	*From Motion*	B	Apakah ada suatu kelompok yang berhubungan dengan desain, konstruksi komponen, drafting, dan bentuk lain dari standarisasi?	Ya	0
65	*From Motion*	B	Apakah standar kerja mempunyai tujuan yang jelas dan spesifik?	Kadang-kadang	0,5
66	*From Overproduction*	B	Apakah ketidakseimbangan kerja dapat diprediksi?	Ya	0
67	*From Process*	B	Apakah prosedur kerja yang sudah ada mampu menghilangkan pekerjaan yang tidak perlu atau berlebihan?	Ya	0
68	*From Defect*	B	Apakah hasil quality control, uji produk, dan evaluasi dilakukan dengan ilmu keteknikan?	Kadang-kadang	0,5

Waste Assessment Questionnaire (WAQ) berfungsi sebagai tahapan untuk mengidentifikasi dan mengalokasikan *waste* yang terjadi pada area

produksi. Nilai *waste* yang didapati pada tahapan *Waste Relationship Matrix* (WRM) digunakan sebagai penilaian pada *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ) berdasarkan jenis pertanyaannya. Hal ini terdiri dari 68 jenis pertanyaan yang sebelumnya sudah dikelompokan berdasarkan kategori *waste* yang terjadi. Hal ini diawali dengan pengelompokan dan menghitung jumlah pertanyaan (Ni) sesuai jenis pertanyaan serta memasukan bobot pada *Waste Relationship Matrix*. Berikut adalah hasil pengelompokan pertanyaan dan *Waste Relationship Matrix* yang sudah dimasukan pembobotan.

Tabel 4. 18 Pengelompokan Pertanyaan WRM

Jenis Pertanyaan	Jumlah Pertanyaan
From Motion	11
From Defect	9
From Overproduction	3
From Inventory	6
From Waiting	8
From Transportation	4
From Process	7
To Motion	9
To Defect	4
To Waiting	4
To Transportation	3
Total	68

Tabel 4. 19 Pembobotan Awal *7 Waste*

No	**Jenis Pertanyaan**	**Hubungan Pemborosan**	**Bobot Awal Tiap Jenis *Waste***						
			O	**I**	**D**	**M**	**T**	**E**	**W**
			Man						
1	*To Motion*	B	6	6	8	10	10	8	0
2	*From Motion*	B	0	2	8	10	0	8	8
3	*From Defect*	B	10	8	10	8	8	0	10

No	Jenis Pertanyaan	Hubungan Pemborosan	Bobot Awal Tiap Jenis *Waste*						
			O	**I**	**D**	**M**	**T**	**E**	**W**
4	*From Motion*	B	0	2	8	10	0	8	8
5	*From Motion*	B	0	2	8	10	0	8	8
6	*From Defect*	B	10	8	10	8	8	0	10
7	*From Process*	B	4	6	6	8	0	10	6
			Material						
8	*To Waiting*	B	8	0	10	8	8	6	26
9	*From Waiting*	B	2	6	8	0	0	0	10
10	*From Transportation*	B	4	4	6	10	10	0	8
11	*From Inventory*	B	6	10	8	6	6	0	0
12	*From Inventory*	B	6	10	8	6	6	0	0
13	*From Defect*	A	10	8	10	8	8	0	10
14	*From Inventory*	A	6	10	8	6	6	0	0
15	*From Waiting*	A	2	6	8	0	0	0	10
16	*To Defect*	A	6	8	10	8	6	6	8
17	*From Defect*	A	10	8	10	8	8	0	10
18	*From Transportation*	A	4	4	6	10	10	0	8
19	*To Motion*	A	6	6	8	10	10	8	0
20	*From Waiting*	B	2	6	8	0	0	0	10
21	*From Motion*	B	0	2	8	10	0	8	8
22	*From Transportation*	B	4	4	6	10	10	0	8
23	*From Defect*	B	10	8	10	8	8	0	10
24	*From Motion*	B	0	2	8	10	0	8	8
25	*From Inventory*	A	6	10	8	6	6	0	0
26	*From Inventory*	A	6	10	8	6	6	0	0
27	*To Waiting*	B	8	0	10	8	8	6	10
28	*From Defect*	A	10	8	10	8	8	0	10

No	Jenis Pertanyaan	Hubungan Pemborosan	Bobot Awal Tiap Jenis *Waste*						
			O	**I**	**D**	**M**	**T**	**E**	**W**
29	*From Waiting*	B	2	6	8	0	0	0	10
30	*From Overproduction*	A	10	10	6	6	10	0	8
31	*To Motion*	B	6	6	8	10	10	8	0
			Machine						
32	*From Process*	B	4	6	6	8	0	10	6
33	*To Waiting*	B	8	0	10	8	8	6	10
34	*From Process*	B	4	6	6	8	0	10	6
35	*From Transportation*	B	4	4	6	10	10	0	8
36	*To Motion*	B	6	6	8	10	10	8	0
37	*From Overproduction*	A	10	10	6	6	10	0	8
38	*From Waiting*	A	2	6	8	0	0	0	10
39	*From Waiting*	B	2	6	8	0	0	0	10
40	*To Defect*	A	6	8	10	8	6	6	8
41	*From Waiting*	A	2	6	8	0	0	0	10
42	*To Motion*	A	6	6	8	10	10	8	0
43	*From Process*	B	4	6	6	8	0	10	6
			Method						
44	*To Transportation*	B	10	6	8	0	10	0	0
45	*From Motion*	B	0	2	8	10	0	8	8
46	*From Waiting*	B	2	6	8	0	0	0	10
47	*To Motion*	B	6	6	8	10	10	8	0
48	*From Defect*	B	10	8	10	8	8	0	10
49	*To Defect*	B	6	8	10	8	6	6	8
50	*From Motion*	B	0	2	8	10	0	8	8
51	*From Defect*	B	10	8	10	8	8	0	10

No	Jenis Pertanyaan	Hubungan Pemborosan	Bobot Awal Tiap Jenis *Waste*						
			O	**I**	**D**	**M**	**T**	**E**	**W**
52	*From Motion*	B	0	2	8	10	0	8	8
53	*To Waiting*	B	8	0	10	8	8	6	10
54	*From Process*	B	4	6	6	8	0	10	6
55	*From Process*	B	4	6	6	8	0	10	6
56	*To Defect*	B	6	8	10	8	6	6	8
57	*From Inventory*	B	6	10	8	6	6	0	0
58	*To Transportation*	B	10	6	8	0	10	0	0
59	*To Motion*	B	6	6	8	10	10	8	0
60	*To Transportation*	B	10	6	8	0	10	0	0
61	*To Motion*	A	6	6	8	10	10	8	0
62	*To Motion*	B	6	6	8	10	10	8	0
63	*From Motion*	B	0	2	8	10	0	8	8
64	*From Motion*	B	0	2	8	10	0	8	8
65	*From Motion*	B	0	2	8	10	0	8	8
66	*From Overproduction*	B	10	10	6	6	10	0	8
67	*From Process*	B	4	6	6	8	0	10	6
68	*From Defect*	B	10	8	10	8	8	0	10

Selanjutnya, setelah bobot masuk pada *Waste Relationship Matrix* dilakukan perhitungan skor (Sj) dan frekuensi (Fj) untuk setiap *waste*. Hal tersebut berdasarkan hasil bobot awal tiap jenis *waste* (Na) pada tabel sebelumnya kemudian dibagi dengan jumlah pertanyaan sesuai jenis pertanyaan (Ni) untuk menghilangkan efek variasi dari setiap pertanyaan. Berikut merupakan hasil pengolahan data untuk menghasilkan nilai jumlah skor (Sj) dan frekuensi (Fj) untuk setiap *waste*.

Tabel 4. 20 Perhitungan *Skor (Sj) dan Frekuensi (Fj)*

No	Jenis Pertanyaan	Hubungan Pemborosan	Skor Kuesioner (Sk)	Bobot Awal Tiap Jenis *Waste*						
				O	I	D	M	T	E	W
				Man						
1	*To Motion*	B	0,5	0,333	0,333	0,444	0,556	0,556	0,444	0,000
2	*From Motion*	B	1	0,000	0,182	0,727	0,909	0,000	0,727	0,727
3	*From Defect*	B	0,5	0,556	0,444	0,556	0,444	0,444	0,000	0,556
4	*From Motion*	B	0,5	0,000	0,091	0,364	0,455	0,000	0,364	0,364
5	*From Motion*	B	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	*From Defect*	B	1	1,111	0,889	1,111	0,889	0,889	0,000	1,111
7	*From Process*	B	0,5	0,286	0,429	0,429	0,571	0,000	0,714	0,429
				Material						
8	*To Waiting*	B	0,5	1,000	0,000	1,250	1,000	1,000	0,750	3,250
9	*From Waiting*	B	1	0,250	0,750	1,000	0,000	0,000	0,000	1,250
10	*From Transportation*	B	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	*From Inventory*	B	0,5	0,500	0,833	0,667	0,500	0,500	0,000	0,000
12	*From Inventory*	B	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13	*From Defect*	A	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	*From Inventory*	A	0,5	0,500	0,833	0,667	0,500	0,500	0,000	0,000
15	*From Waiting*	A	1	0,250	0,750	1,000	0,000	0,000	0,000	1,250
16	*To Defect*	A	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
17	*From Defect*	A	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
18	*From Transportation*	A	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19	*To Motion*	A	1	0,667	0,667	0,889	1,111	1,111	0,889	0,000
20	*From Waiting*	B	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
21	*From Motion*	B	1	0,000	0,182	0,727	0,909	0,000	0,727	0,727
22	*From Transportation*	B	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
23	*From Defect*	B	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24	*From Motion*	B	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
25	*From Inventory*	A	1	1,000	1,667	1,333	1,000	1,000	0,000	0,000
26	*From Inventory*	A	1	1,000	1,667	1,333	1,000	1,000	0,000	0,000

No	Jenis Pertanyaan	Hubungan Pemborosan	Skor Kuesioner (Sk)	Bobot Awal Tiap Jenis *Waste*						
				O	I	D	M	T	E	W
27	*To Waiting*	B	1	2,000	0,000	2,500	2,000	2,000	1,500	2,500
28	*From Defect*	A	1	1,111	0,889	1,111	0,889	0,889	0,000	1,111
29	*From Waiting*	B	0,5	0,125	0,375	0,500	0,000	0,000	0,000	0,625
30	*From Overproduction*	A	1	3,333	3,333	2,000	2,000	3,333	0,000	2,667
31	*To Motion*	B	1	0,667	0,667	0,889	1,111	1,111	0,889	0,000
				Machine						
32	*From Process*	B	0,5	0,286	0,429	0,429	0,571	0,000	0,714	0,429
33	*To Waiting*	B	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
34	*From Process*	B	0,5	0,286	0,429	0,429	0,571	0,000	0,714	0,429
35	*From Transportation*	B	1	1,000	1,000	1,500	2,500	2,500	0,000	2,000
36	*To Motion*	B	1	0,667	0,667	0,889	1,111	1,111	0,889	0,000
37	*From Overproduction*	A	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
38	*From Waiting*	A	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
39	*From Waiting*	B	1	0,250	0,750	1,000	0,000	0,000	0,000	1,250
40	*To Defect*	A	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
41	*From Waiting*	A	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
42	*To Motion*	A	0,5	0,333	0,333	0,444	0,556	0,556	0,444	0,000
43	*From Process*	B	0,5	0,286	0,429	0,429	0,571	0,000	0,714	0,429
				Method						
44	*To Transportation*	B	0,5	1,667	1,000	1,333	0,000	1,667	0,000	0,000
45	*From Motion*	B	0,5	0,000	0,091	0,364	0,455	0,000	0,364	0,364
46	*From Waiting*	B	0,5	0,125	0,375	0,500	0,000	0,000	0,000	0,625
47	*To Motion*	B	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
48	*From Defect*	B	1	1,111	0,889	1,111	0,889	0,889	0,000	1,111
49	*To Defect*	B	0,5	0,750	1,000	1,250	1,000	0,750	0,750	1,000
50	*From Motion*	B	0,5	0,000	0,091	0,364	0,455	0,000	0,364	0,364
51	*From Defect*	B	1	1,111	0,889	1,111	0,889	0,889	0,000	1,111
52	*From Motion*	B	0,5	0,000	0,091	0,364	0,455	0,000	0,364	0,364
53	*To Waiting*	B	0,5	1,000	0,000	1,250	1,000	1,000	0,750	1,250
54	*From Process*	B	0,5	0,286	0,429	0,429	0,571	0,000	0,714	0,429
55	*From Process*	B	1	0,571	0,857	0,857	1,143	0,000	1,429	0,857

No	Jenis Pertanyaan	Hubungan Pemborosan	Skor Kuesioner (Sk)	Bobot Awal Tiap Jenis *Waste*						
				O	I	D	M	T	E	W
56	*To Defect*	B	0,5	0,750	1,000	1,250	1,000	0,750	0,750	1,000
57	*From Inventory*	B	1	1,000	1,667	1,333	1,000	1,000	0,000	0,000
58	*To Transportation*	B	0,5	1,667	1,000	1,333	0,000	1,667	0,000	0,000
59	*To Motion*	B	0,5	0,333	0,333	0,444	0,556	0,556	0,444	0,000
60	*To Transportation*	B	1	3,333	2,000	2,667	0,000	3,333	0,000	0,000
61	*To Motion*	A	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
62	*To Motion*	B	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
63	*From Motion*	B	0,5	0,000	0,091	0,364	0,455	0,000	0,364	0,364
64	*From Motion*	B	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
65	*From Motion*	B	0,5	0,000	0,091	0,364	0,455	0,000	0,364	0,364
66	*From Overproduction*	B	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
67	*From Process*	B	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
68	*From Defect*	B	0,5	0,556	0,444	0,556	0,444	0,444	0,000	0,556
sj (Total)				**32**	**31**	**42**	**32**	**31**	**17**	**31**
fj				38	43	46	38	27	25	32

Selanjutnya menghitung indikator awal tiap *waste* (Yj), nilai *final waste factor* (Yj Final), memasukkan probabilitas pengaruh *antar waste* (Pj) untuk kemudian diketahui peringkat dari tiap *waste*. Berikut merupakan rekapitulasi penilaian pertanyaan *Waste Assessment Quistionnaire*.

Tabel 4. 21 Persentase 7 *Waste*

Waste	**O**	**I**	**D**	**M**	**T**	**E**	**W**	**Total**
Skor (Yj)	0,32	0,32	0,32	0,29	0,30	0,32	0,27	
Pj *Factor Final*	12,68	16,20	18,31	16,90	11,97	6,34	17,61	
Result (Yj Final)	4,10	5,17	5,89	4,95	3,56	2,04	4,83	30,54
Presentase	**13,44%**	**16,93%**	**19,29%**	**16,20%**	**11,65%**	**6,68%**	**15,81%**	**100,00%**

Keterangan:

O = *Overproduction*

I = *Inventory*

D = *Defect*

M = *Motion*

T = *Transportation*

E = *Excessprocessing*

W = *Waiting*

Berdasarkan tabel diatas, pemborosan *defect* merupakan *waste* yang paling kritis dan dominan pada proses produksi *pulley* dengan nilai persentase terbesar yaitu 19,29%. Hasil tersebut menunjukan *waste defect* menjadi permasalahan atau pemborosan utama yang akan dianalisa lebih lanjut untuk meminimaasi *waste defect*.

4.2.2 *Measure*

Pada tahap ini dilakukan pengukuran terkait *defect* yang terjadi pada produk *pulley* sebagai *baseline* untuk dilakukan perbaikan *defect*. Hal ini dilakukan pengukuran *Critical to Quality* (CTQ), nilai *Defect per Million Opportunity* (DPMO) dan peta kendali *p chart*.

4.2.2.1 Penentuan *Critical to Quality* (CTQ)

*Critical to Quali*ty (CTQ) merupakan kriteria standar pada kualitas suatu produk yang harus dicapai atau dapat dikatakan minimal standar spesifikasi dan harus dijaga dari sebuah produk. *Defect* tersebut didefinisikan berdasarkan temuan hasil produksi, hal ini untuk mempermudah dalam mengkategorikan suatu produk sebagai produk *defect*. Dilakukan 8 kali pengamatan dengan jumlah variasi iyang berbeda. Didapati terdapat 4 kategori *defect*, berikut merupakan penjelasan dari 4 kategori *defect* tersebut.

1. *Misrun*

Defect misrun diakibatkan logam cair tidak cukup mengisi rongga pada cetakan, hal ini terjadi akibat pembekuan logam yang prematur sebelum cetakan terisi penuh.



Gambar 4. 37 CTQ *Misrun*

2. *Gas hole*

Defect gas hole diakibatkan kandungan gas yang terjebak pada logam cair kemudian mengeras. Hal tersebut menghasilkan lubang-lubang pada permukaan coran baik dalam jumlah yang kecil dan sedikit atau dalam jumlah yang banyak.



Gambar 4. 38 CTQ *Gas Hole*

3. *Shrinkage*

Defect shrinkage diakibatkan penyusutan valome logam cair pada saat proses pembekuan. Hal ini mengakibatkan *defect* berbentuk cekungan baik dalam dimensi yang besar atau kecil pada permukaan coran.



Gambar 4. 39 CTQ *Shrinkage*

4. Permukaan kasar

   Defect permukaan kasar diakibatkan oleh beberapa faktor seperti cetakan rontok, penetrasi logam dan sebagainya. Hal ini mengakibatkan permukaan hasil coran menjadi kasar dan tidak rata.



Gambar 4. 40 CTQ Permukaan Kasar

4.2.2.2 Penentuan Nilai *Defect per Million Opportunity* (DPMO)

DPMO merupakan metode pengukuran performansi dari suatu proses. Hal ini untuk mengukur peluang *defect* per satu juta kesempatan. Hasil DPMO tersebut akan menjadi parameter penentuan nilai *sigma* berdasarkan tabel *level sigma*. Perhitungan nilai *level sigma* terebut dengan bantuan *software Microsoft Excel Sigma XL*.

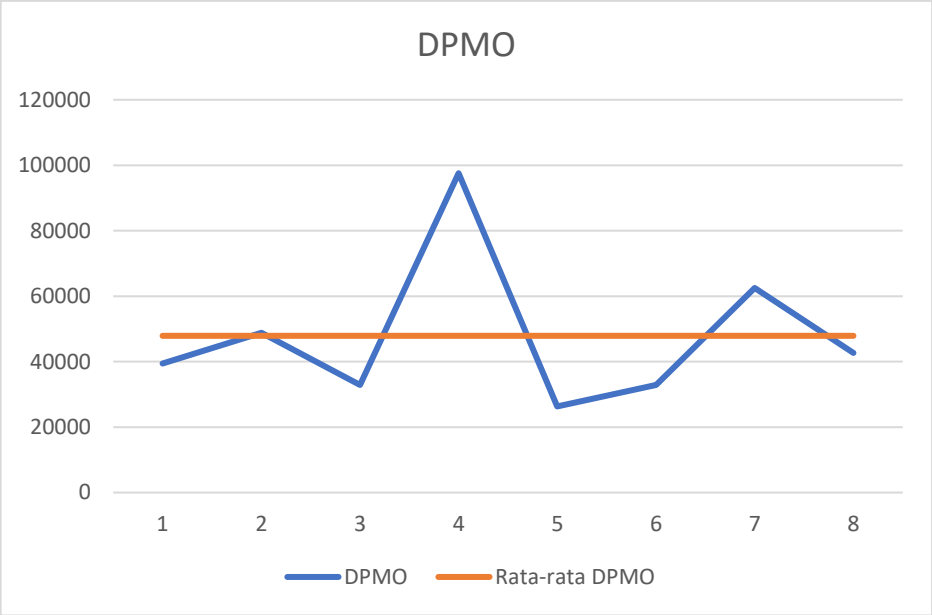
$$DPM = \frac{Banyaknya\ Kegagalan}{Jumlah\ yang\ diperiksa\ x\ Banyaknya\ CTQ}$$

$$DPMO = \frac{Banyaknya\ Kegagalan}{Jumlah\ yang\ diperiksa\ x\ Banyaknya\ CTQ}\ x\ 1.000.000$$

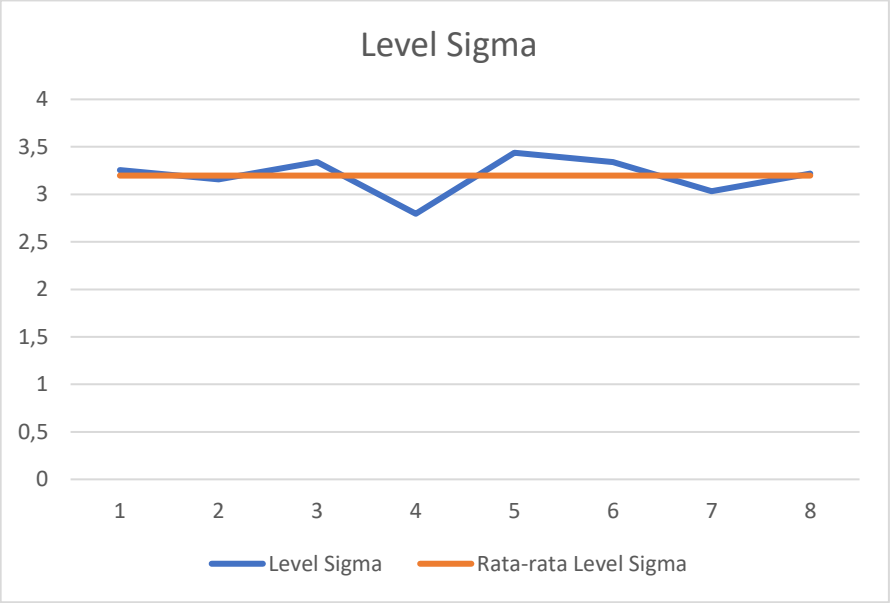
$$Sigma\ (\sigma) = Normsinv\left(\frac{1.0000.000\ - DPMO}{1.000.000}\right) + 1{,}5$$

Tabel 4. 22 Perhitungan DPMO dan *Level Sigma*

Observasi	**Jumlah *Sample***	**Jumlah *Defect***	**CTQ**	**DPM**	**DPMO**	***Level sigma***
1	38	6	4	0,039474	39473,68421	3,257
2	41	8	4	0,04878	48780,4878	3,157
3	38	5	4	0,032895	32894,73684	3,34
4	41	16	4	0,097561	97560,97561	2,796
5	38	4	4	0,026316	26315,78947	3,438
6	38	5	4	0,032895	32894,73684	3,34
7	40	10	4	0,0625	62500	3,034
8	41	7	4	0,042683	42682,92683	3,22
Total	315	61	4			
Rata-rata	39,375	7,625	4	0,047888	47887,9172	3,198



Gambar 4. 41 Grafik DPMO



Gambar 4. 42 Grafik *Level Sigma*

Berdasarkan tabel diatas nilai DPMO tertinggi dan terendah pada pengambilan *sample* ke-4 yaitu sebesar 97560,97561 dan pengambilan *sample* ke-5 yaitu sebesar 26315,78947. Untuk rata-rata DPMO dalam 8 kali pengambilan *sample* yautu sebesar 47887,9172. Untuk hasil nilai *level sigma* dihitung untuk setiap pengambilan *sample*. Didapati nilai rata-rata nilai *sigma* senilai 3,198.

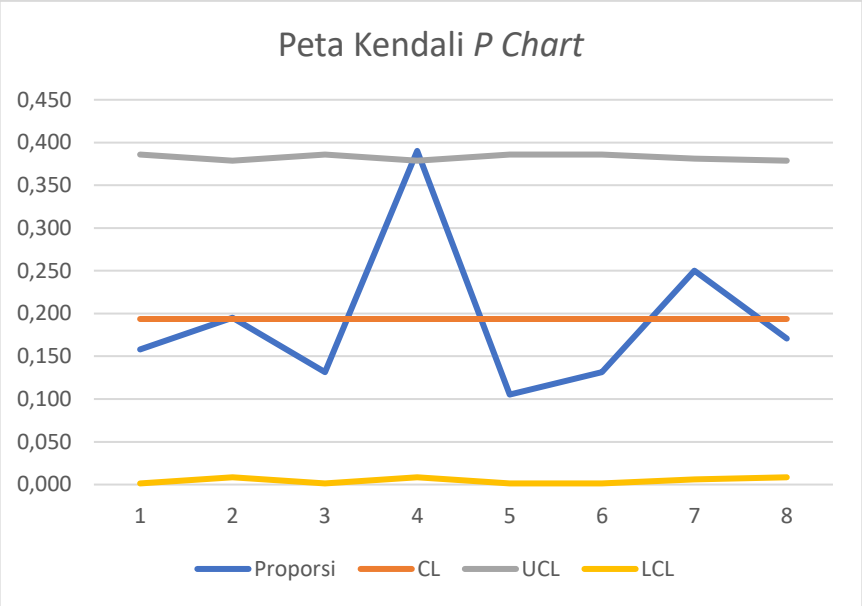
Sebaran DPMO dan *level sigma* belum konsisten dengan adanya variasi kenaikan dan penurunan jumlah *defect* yang dihasilkan. Hal ini menunjukaan proses masih perlu diperbaiki dan ditingkatkan secara terus meneurs agar dapat memperoleh nilai DPMO yang lebih rendah serta nilai *level sigma* yang lebih tinggi.

4.2.2.3 *Control P Chart*

Control p chart bertujuan untuk melihat apakah pengendalian kualitas sudah terkendali atau belum. Peta Kendali p digunakan untuk pengendalian kualitas bersifat atribut dengan jumlah pengujian yang tidak seragam. Hal ini akan menunjukan perbuhan data dari waktu ke waktu pada batas UCL dan LCL sebagai batas daerah pengendalian.

Tabel 4. 23 Peta Kendali *P-Chart*

Observasi	**Jumlah *Sample***	***Defect***	**Proporsi**	**CL**	**UCL**	**LCL**
1	38	6	0,158	0,194	0,386	0,001
2	41	8	0,195	0,194	0,379	0,009
3	38	5	0,132	0,194	0,386	0,001
4	41	16	0,390	0,194	0,379	0,009
5	38	4	0,105	0,194	0,386	0,001
6	38	5	0,132	0,194	0,386	0,001
7	40	10	0,250	0,194	0,381	0,006
8	41	7	0,171	0,194	0,379	0,009



Gambar 4. 43 Grafik Peta Kendali *P Chart*

Berdasarkan perhitungan peta kendali *p-chart* didapati 8 kali pengambilan *sample*, didapati hasil garfik masih naik turun dan belum terkendali. Terdapat satu periode *sample* yang masih melewati batas UCL yaitu pada *sample* ke-4 dengan hasil proporsi 0.390 yang man lebih tinggi dari nilai UCL pada *sample* tersebut dengan nilai 0,379, hal tersebut menunjukan bahwa grafik peta kendali *p chart* belum terkendali. Berdasarkan hal tersebut maka *defect* yang terjadi pada produk *pulley* perlu dianalisa lebih lanjut guna meminimalisir *defect* produk *pulley*.

4.2.3 *Analyze*

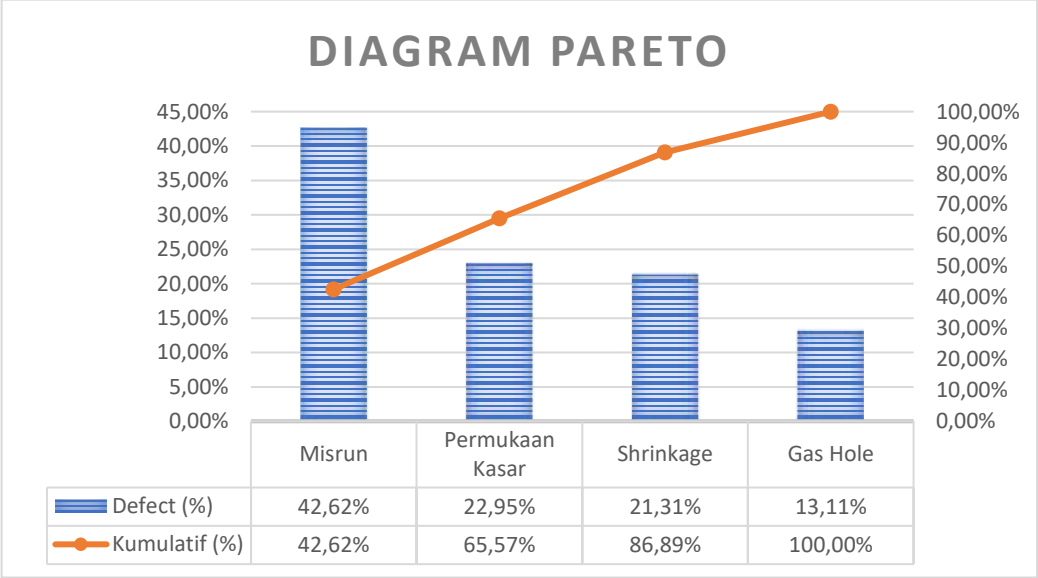
Pada tahapan ini dilakukan analisa terkait terjadinya *waste defect* bertujuan untuk memahami dan menentukan akar permasalahan yang mengakibatkan kecacatan produk. Hal ini diawali identifikasi *defect* dominan menggunakan diagram pareto, analisis diagram sebab akibat dengan mempertimbangkan lima aspek yaitu 4M – 1E (*man, machine, methode, material* dan *environment*), analisa tahapan terjadinya kegagalan *defect* untuk menentukan faktor utama menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA), serta menentukan rencana perbaikan dengan metode *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) dan 5W+1H.

4.2.3.1 Diagram Pareto

Pada produksi *pulley* terjadi empat jenis kecacatan atau *Critical to Quality (CTQ)*, hal tersebut merupakan *misrun*, permukaan kasar, *shrinkage* dan *gas hole*. Berdasarkan hasil pengambilan sampel berikut merupakan perhitungan diagram pareto.

Tabel 4. 24 Diagram Pareto

No	Jenis *Defect*	Jumlah *Defect*(unit)	*Defect* (%)	Kumulatif (%)
1	*Misrun*	26	42,62%	42,62%
2	Permukaan Kasar	14	22,95%	65,57%
3	*Shrinkage*	13	21,31%	86,89%
4	*Gas Hole*	8	13,11%	100,00%
	Total	61	100%	



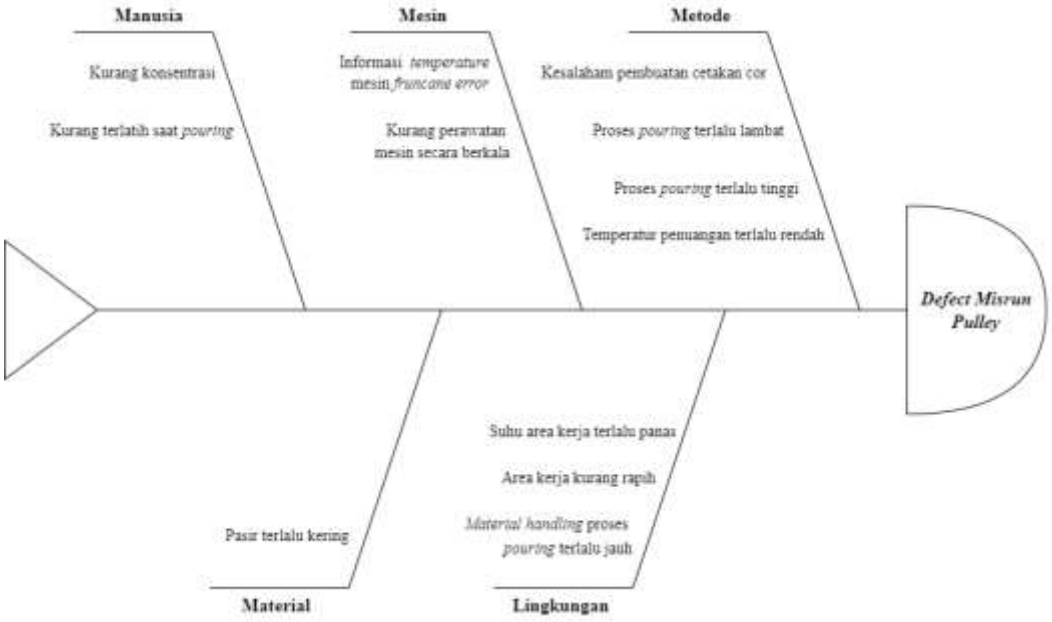
Gambar 4. 44 Grafik Diagram Pareto

Berdasarkan hasil diagram pareto *defect pulley* diatas didapati bahwa penyebab *defect* paling dominan yaitu *misrun* dengan jumlah *defect* sebanyak 26 dengan proporsi *defect* sebesar 42,62%. Terkait hal itu maka pada penyebab kecacatan paling dominan yaitu *misrun* akan dilanjutkan tahapan analisis untuk mengkaji terkait faktor apa saja yang membuat *misrun* itu dapat terjadi. Hal ini sesuai dengan prinsip diagram pareto dimana 80% konsekueni berasal dari 20%

penyebab. *Misrun* sendiri merupakan pembekuan secara *premature* atau cetakan tidak terisi penuh yang membuat cairan membeku sebelum logam cari mengisi penuh dalam cetak coran, dengan kata lain penyebab *defect misrun* hanya terjadi pada saat pengecoran pada area pengecoran, terkait hal itu analisa *defect misrun* produk *pulley* dilakukan pada area pengecoran baik dengan observasi saat proses pengecoran dan wawancara/pemberian kuesiner kepada pihak terakit yaitu operator pengecoran dan *supervisor* area produksi.

4.2.3.2 Diagram *Fishbone*

Berdasarkan hasil diagram pareto diperoleh sebab utama atau faktor dominan terjadinya produk *defect* yaitu *misrun*. Terkait hal itu maka dilanjutkan dengan tahapan analisis menggunakan diagram *fishbone* atau sebab akibat. Informasi faktor penyebab Diagram *Fishbone* ini didapati berdasarkan wawancara oleh *supervisor* area produksi dan operator pengecoran CV. Mitra Karya Utama. Berikut merupakan hasil dan pembahasan dengan diagram *fishbone*:



Gambar 4. 45 Diagram *Fishbone Defect Misrun*

Faktor penyebab masalah yang terjadi pada gambar di atas dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Faktor Manusia (*Man*)

   Manusia atau pekerja sangat berperan dalam proses produksi, hal ini karena manusia sebagai operator yang mengoprasikan jalannya produksi. Kemampuan atau keterampilan operator akan sangat mempenaruhi hasil pembuatan produk. Faktor ini dapat dipengaruhi oleh beberapa sebab yaitu:

   a) Kurang konsentrasi

      Proses *pouring* diperlukan konsentrasi oleh operator, *human error* terkait metode *pouring* yang terjadi akan mempengaruhi hasil cor.

   b) Kurang terlatih saat *pouring*

      Proses *pouring* sangat membutuhkan ketekunan dan keterampilan, apabila dilakukan secara tidak benar seperti terlalu tinggi, terlalu lambat atau tidak kontinyu hal tersebut akan mengalami kegagalan hasil cor *misrun*. Terkait hal itu operator harus dibekali teknik yang baik pada saat pengecoran.

2. Faktor Mesin (*Machine*)

   Pengaruhh mesin, peralatan, proses instalasi akan mempermudah kegiatan produksi. Hal ini apabila terdapat permasalahan mesin akan menyebabkan kesalahan pada proses produksi. Faktor ini dapat dipengaruhi oleh beberapa sebab yaitu:

   a) Informasi *temperature* mesin *fruncane error*.

      Dalam proses peleburan harus dilakukan sesuai *setting* prosedur, ketidaktepatan *temperature* dapat berdampak pada suhu logam cair yang digunakan dan berpengaruh dalam kegagalan hasil cor *misrun*. Pada saat peleburan suhu dijaga sekitar 1480-1500 derajat celcius sehingga suhu pada saat proses *pouring* terjaga pada *range* standar yaitu 1350-1450 derajat celcius, hal ini karena pada saat proses *tapping* atau perpindahan logam cair ke *ladle* akan mengalami penurunan *temperature*.

   b) Kurang perawatan mesin secara berkala

      Kurangnya pemeliharaan mesin dapat membuat ketidaktepatan mesin untuk memberikan informasi *temperature* saat peleburan, hal ini dapat membuat suhu logam cair tidak terkontrol, selain itu mesin yang tidak dirawat dengan teratur sesuai dengan SOP akan mengakibatkan kerusakan dan menghambat proses produksi.

3. Faktor Metode (*Method*)

   Pada faktor metode akan memberikan pedoman dalam berkerja. Hal ini berhubungan dengan cara kerja apakah proses produksi sudah memadi sesuai standard kegiatan dan lain sebagainya agar proses produksi tidak menyimpang. Faktor ini dapat dipengaruhi oleh beberapa sebab yaitu:

   a) Kesalahan pembuatan cetakan cor

      Kesalahan pembuatan cetakan cor mengakibatkan permukaan yang tidak rata, hal ini perlu diperhatikan pada saat penumbukan dan memastikan pasir tidak terlalu lembab dan kering. Permukaan yang tidak rata akan membuat pembekuan tidak seragam dan akan berpotensi mengalami kegagalan cor *misrun*.

   b) Proses *pouring* terlalu lambat

      Proses *pouring* harus dilakukan dengan tenang dengan teknik yang tepat dan tidak boleh terlalu lambat. Hal ini akan menyebabkan fluiditas yang buruk. Ketika terlalu lambat makan suhu akan semakin menurun yang kemudian akan terjadi pembekuan secara prematur dan gagal dalam memenuhi cetakan yang mengakibatkan kegagalan cor *misrun*.

   c) Proses *pouring* terlalu tinggi

      Proses *pouring* yang terlalu tinggi akan mengakibatkan pasir cetak akan mengalami erosi karena tingginya proses *pouring* akan memberikan tekanan yang lebih tinggi pada dinding cor. Erosi pasir coran tersebut akan membuat permukaan pasir cor menjadi tidak rata dan membuat kegagalan cor *misrun*.

   d) Temperatur penuangan terlalu rendah

      Suhu yang tepat pada saat *pouring* yaitu 1250°–1450° C, hal ini karena proses pembukan coran dimulai dari bagian cairan logam yang bersentuhan dengan cetakan sampai terjadi titik beku pada cairan logam tersebut, apabila suhu terlalu rendah maka titik beku akan terjadi lebih cepat dan mengakibatkan kegagalan cor *misrun* karena cairan logam gagal mengisi seluruh pasir cetak.

4. Faktor Material

Bahan baku yang digunakan haruslah sesuai dengan standard baik kualitas dan komposisi yang digunakan. Kualitas bahan baku akan sangat mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan. Pasir cetak merupakan aspek penting dalam pengecoran logam. Kondisi pasir yang digunakan harus sesuai dengan standar, kondisi pasir yang terlalu kering akan mengakibatkan udara mudah melakukan sirkulasi, hal ini akan mengakibatkan penurunan suhu pada cairan logam. Penurunan suhu tersebut akan berpotensi untuk mengalami kegagalan pengecoran *misrun*.

5. Faktor Lingkungan (*Enviroment*)

   Lingkungan merupakan faktor eksternal yang mempengaruhi proses produksi. Dengan tata letak kerja yang baik serta suhu, kebisingan dan lain sebagainya sesuai dengan standarisasi akan mempengaruhi kegiatan produksi. Faktor ini dapat dipengaruhi oleh beberapa sebab yaitu:

   a) *Material handling* proses *pouring* terlalu jauh

      Pada alur produksi pembuatan *pulley*, proses *puouring* dilakukan setelah peleberuan. Tungku dipindahkan menggunakan *crane* menuju tengah area *pouring*, terkait hal itu terdapat posisi cetakan cor yang berjarak cukup jauh dari tungku logam cair. Hal ini membutuhkan waktu yang lebih lama pada saat *material handling* yang akan mengakibatkan kegagalan coran *misrun*.

   b) Area kerja kurang rapi

      Area kerja yang tidak rapi membuat proses *pouring* menjadi terhambat, penuangan seharus nya dilakukan secara cepat dapat menjadi terhambat dengan area kerja yang tidak rapi, hal ini akan menyebabkan kegagalan cor *misrun*.

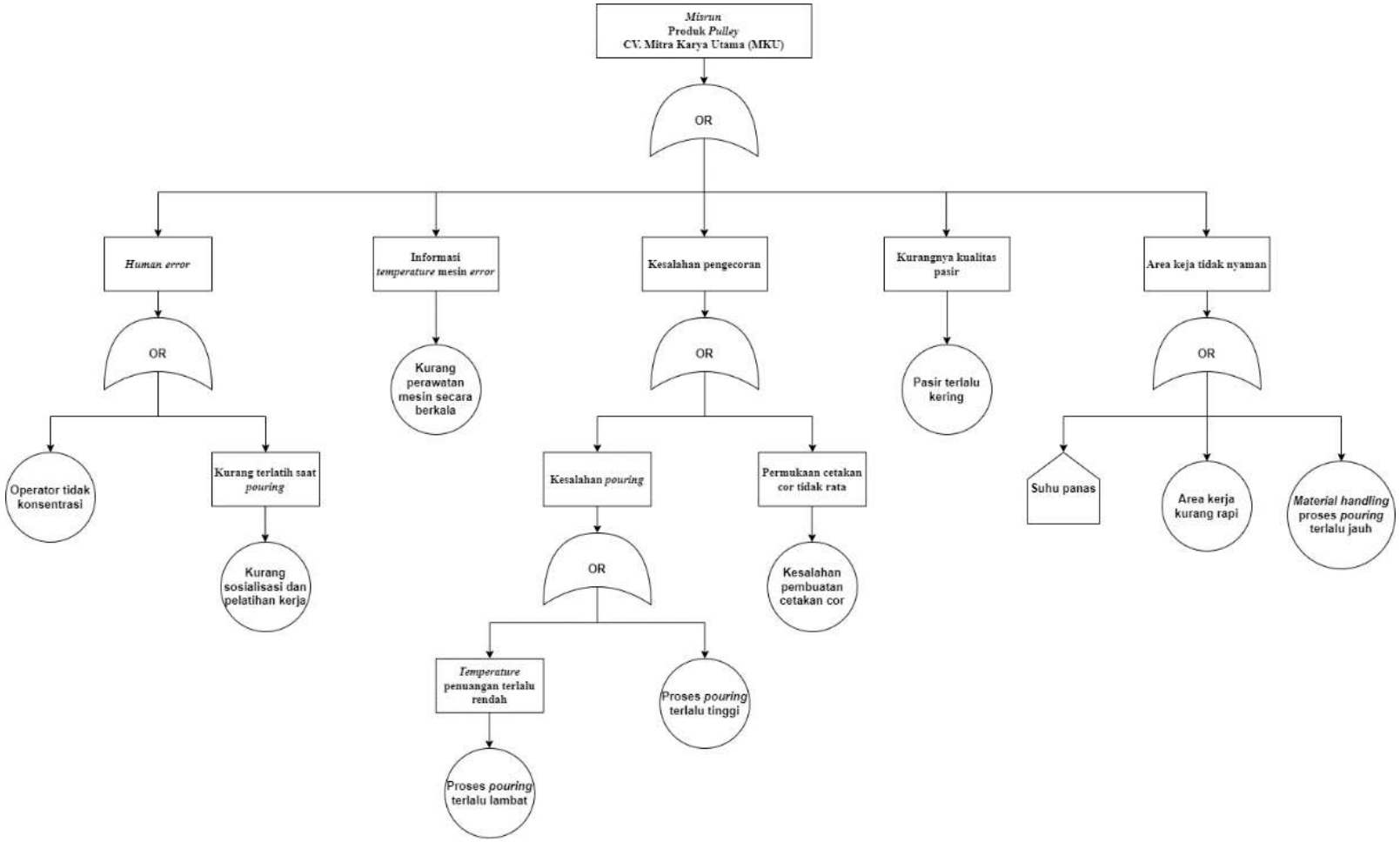
   c) Suhu area kerja terlalu panas

      Suhu yang panas akan mengakibatkan konsentarsi operator menurun dan membuat kegagalan produksi.

4.2.3.3 *Fault Tree Analysis*

Berdasarkan identifikasi faktor penyebab kegagalan *defect* pada diagram *fishbone* selanjutnya dikaji menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) dengan menentukan

tahapan terjadinya kegagalan untuk mencari faktor utama terjadinya kegagalan. Hal ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan dari kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*). Informasi faktor penyebab dan uraian urutan terjadi kegagalan *Fault Tree Analysis* ini didapati berdasarkan wawancara oleh *supervisor* area produksi dan operator pengecoran CV. Mitra Karya Utama. Berikut merupakan hasil dari pembuatan FTA.



Gambar 4. 46 *Fault Tree Analysis Defect Misrun*

Berdasarkan hasil diagram FTA diatas menghasilkan uraian faktor terjadinya kecacatan pada *misrun* produk *pulley*. Uraian faktor tersebut menghasilkan *top event, event* sampai dengan *root cause*. Berdasarkan hasil tersebut akan menjadi informasi ataupun *input* pada tahapan *improve* menggunakan metode FMEA. Berikut merupakan uraian *top event, event* dan *root cause* produk *pulley*:

Tabel 4. 25 *Fault Tree Analysis* (FTA) *Defect Misrun*

Top Event	*Event*	Penyebab/*Basic Event*	Keterangan
Misrun Produk *Pulley* CV. Mitra Karya Utama	*Human error*	Operator tidak konsentrasi	Operator yang tidak konsentrasi membuat prosedur tahapan peleburan dan *pouring* menjadi tidak sesuai, sehingga mengakibatkan kesalahan kerja yang mengakibatkan *defect misrun* produk *pulley*
		Kurang sosialisasi dan pelatihan kerja	Kurangnya sosialisai dan pelatihan kerja membuat operator tidak dapat mengimplementasikan prosedur kerja secara optimal, hal ini membuat operator menjadi tidak terlatih saat proses *pouring* dan mengakibatkan kegagalan atau kesalahan kerja tersebut yang membuat *defect misrun* produk *pulley*
	Informasi *temperature* mesin *furnance error*	Kurang perawatan mesin secara berkala	Kurangnya perawatan mesin secara berkala sesuai SOP mengakibatkan mesin *furnance* menjadi *error* pada akurasi informasi *temperature*, hal ini akan mengakibatkan *defect misrun* dimana suhu optimal pada proses *pouring* berada pada 1350-1450 derajat celcius

Top Event	*Event*	Penyebab/*Basic Event*	Keterangan
	Kesalahan pengecoran	Proses *pouring* terlalu lambat	Proses *pouring* yang terlalu lambat mengakibatkan penurunan suhu pada saat proses *pouring*, suhu yang terlalu rendah membuat logam cair akan lebih mudah membeku sebelum cetak coran terisi, hal tersebut akan mengakibatkan kesalahan tahapan *pouring* dan membuat kesalahan pengcoran yang berdampak pada *defect misrun* produk *pulley*
		Proses pouring terlalu tinggi	Proses *pouring* terlalu tinggi akan mengakibatkan logam cair yang dituang akan memberi tekanan berlebih pada dinding pasir cor, hal tersebut akan membuat dinding pasir cor menjadi erosi dimana pasir akan tercampur pada cairan logam dan mengakibatkan kesalahan tahapan *pouring* dan membuat kesalahan pengecoran dimana mengakibatkan terjadinya *defect misrun* produk *pulley*.
		Kesalahan pembuatan cetakan cor	Kesalahan pembuatan cetakan cor mengakibatkan permukaan pasir cetak coran tidak rata, hal ini membuat logam cair yang dituang membeku tidak merata yang mengakibatkan kesalahan pengecoran dan terjadinya *defect misrun* produk *pulley*

Top Event	*Event*	Penyebab/*Basic Event*	Keterangan
	Pasir cor terlalu kering	Kurangnya kualitas pasir cor	Kurangnya kualitas pasir cor mengakibatkan pasir menjadi terlalu kering, hal ini mengakibatkan udara mudah sirkulasi yang membuat suhu logam cair menjadi menurun, hal ini mengakibatkan kegagalan *defect misrun* pada produk *pulley*
	Area kerja tidak nyaman	Suhu panas	Suhu area kerja yang panas membuat operaotor menjadi tidak nyaman, hal tersebut berpengaruh pada ketelitian dan konsentasi operator yang mengakibatkan *defect misrun* pada produk *pulley*
		Area kerja tidak rapi	Area kerja yang tidak rapi membuat operator tidak nyaman, hal tersebut berpengaruh pada sulitnya pencarian kebutuhan alat seperti *powder* atau penumbuk yang mengakibatkan *defect pouring* produk *pulley*
		Material handling proses *pouring* terlalu jauh	*Material handling* saat proses *pouring* yang terlalu jauh membuat operator menjadi tidak nyaman, hal tersebut membuat operator harus membawa logam cair pada *ladle* dengan jarak yang lebih jauh dimana mempengaruhi kenyamanan dan penurunan suhu logam cair yang akan mengakibatkan *defect misrun* produk *pulley*

4.2.3.4 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

FMEA merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi serta menganalisa suatu kegagalan untuk mencari penyebab dan menghindari kegagalan tersebut. Dalam penerpan metode FMEA dapat menilai *risk priority number* (RPN). Nilai RPN tersebut didapati dari hasil perkalian antara *severity, ocurance,* dan *detection* yang diberikan berupa penilaian yang berbentuk skala. Berdasarkan hasil nilai RPN semakin besar nilai makan semakin dominan dan dijadikan prioritas penyelesaian kegagalan. Informasi penilaian *rating* S, O, dan D pada *Failure Mode and Effect Analysis* didapati berdasarkan kuesioner oleh *supervisor* area produksi CV. Mitra Karya Utama. Berikut merupakan tabel perhitungan RPN:

Tabel 4. 26 *Risk Priority Number* (RPN)

Risk Priority Number (RPN)	Kategori	Perlakuan
192 - 1000	Tinggi	Lakukan perbaikan saat ini
65 - 191	Sedang	Upaya untuk melakukan perbaikan
0 – 64	Rendah	Resiko dapat diabaikan

Tabel 4. 27 *Failure Mode and Effects Analysis Defect Misrun*

Effect of Failure	***Potential Failure Mode***	***Cause of Failure***	***Current Control***	***Rating***			
				S	**O**	**D**	**RPN**
Produk *pulley defect misrun*	*Human error*	Operator tidak konsentrasi	Menambah SDM supervisor untuk pengawasan area produksi	7	5	4	140
		Kurang sosialisasi dan pelatihan kerja	Memberikan sosialisasi atau pelatihan pada pekerja untuk setiap variasi (cetakan cor) pesanan baru sesuai dengan SOP	7	3	4	84
	Informasi *temperature* mesin *furnance error*	Kurang perawatan mesin secara berkala	Melakukan perawatan rutin secara terjadwal	5	2	4	40
	Kesalahan pengecoran	Proses *pouring* terlalu lambat	Memberikan SOP *pouring* yang benar dan pengawasan pada saat proses *pouring* untuk lebih cepat dan konstan	7	7	6	294
		Proses *pouring* terlalu tinggi	Memberikan SOP *pouring* yang benar dan pengawasan pada saat proses *pouring* untuk sedekat mungkin serta penambahan alat *pouring basing*	7	5	6	210

Effect of Failure	*Potential Failure Mode*	*Cause of Failure*	*Current Control*	*Rating*			
				S	**O**	**D**	**RPN**
		Kesalahan pembuatan cetakan cor	Memberikan SOP pembuatan cetakan coran yang benar dan pengawasan pada saat pembuatan cetakan coran untuk menumbuk seluruh permukaan sampai merata	7	5	6	210
	Pasir cor terlalu kering	Kurangnya kualitas pasir cor	Memastikan operator memberikan air yang cukup pada pasir cetak	7	2	7	98
	Area kerja tidak nyaman	Suhu panas	Menambah kipas angin	3	2	2	12
		Area kerja tidak rapi	Menerapkan 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*) pada area produksi	3	2	2	12
		Material handling proses *pouring* terlalu jauh	Memperpanjang jalur *crane*	6	4	2	48

Hasil FMEA telah dilakukan verifikasi pada *supervisor* area produksi dan pemilik perusahaan. Hal ini diapati terdapat tiga penyebab kegagalan yang memiliki nilai RPN dalam kategori tinggi dimana perlu dilakukan perbaikan saat ini atau dengan segara. Hal tersebut merupakan proses *pouring* terlalu lambat dengan nilai RPN 294, proses *pouring* terlalu tinggi dengan nilai RPN 210, dan kesalahan pembuatan cetakan cor dengan nilai RPN 210. Ketiga hal tersebut akan fokus kegagalan untuk dihilangkan guna meminimalisir terjadinya *defect misrun* produk *pulley*.

4.2.3.5 5W+1H

Pada tahapan sebelumnya dilakukan fokus pada *defect misrun* produk *pulley* berdasarkan jumlah jenis *defect* tertinggi. Kegagalan *defect misrun* disebabkan dari beberapa faktor kegagalan, terdapat tiga faktor kegagalan yang miliki nilai RPN tertinggi dan termasuk pada interval "tinggi" untuk segara dilakukan perbaikan. Hal tersebut merupakan proses *pouring* terlalu lambat, proses *pouring* terlalu tinggi, dan kesalahan pembuatan cetakan cor. Hal ini akan dilakukan metode 5W+1H untuk membuat rencana perbaikan agar kedepannya dapat lebih terkendali. Informasi perencanaan rekomendasi 5W+1H didapati berdasarkan wawancara oleh *supervisor* area produksi CV. Mitra Karya Utama. Berikut merupakan rencana tindakan perbaikan menggunakan 5W+1H.

Tabel 4. 28 5W+1H *Defect Misrun*

Jenis *Defect*	**Faktor Penyebab**	***What***	***Why***	***Where***	***When***	***Who***	***How***
Misrun pada produk *pulley*	Proses *pouring* terlalu lambat	Memperbaiki metode *pouring* karyawan agar lebih cepat dan kontinyu untuk mencegah penurunan suhu logam cair agar tidak terjadi *defect misrun*	Kurangnya keterampilan operator	Area pengecoran pada cetakan pasir cor	Secepatnya saat proses produksi *pulley* berlangsung	Operator *pouring*	Sosialisai dan implementasi SOP proses *pouring* yang benar
			Operator kurang konsentrasi			Operator *pouring*	Penambahan kipas angin dan pengawasan supervisor dalam implementasi SOP *pouring*
			Kurang pengawasan dan teguran oleh supervisor			Supervisor area produksi	Lakukan pengawasaan oleh supervisor selama proses *pouring* berlangsung
			Penempatan tanur terlalu jauh pada cetakan pasir cor			Supervisor area produksi dan operator	Relokasi penampatan *tanur* untuk lebih dekat pada area proses *pouring*

Jenis *Defect*	**Faktor Penyebab**	***What***	***Why***	***Where***	***When***	***Who***	***How***
	Proses *pouring* terlalu tinggi	Memperbaiki metode *pouring* karyawan agar sedekat mungkin dengan lubang cetakan cor untuk mencegah dinding pasir cetak erosi agar tidak terjadi *defect misrun*	Kurangnya keterampilan operator	Area pengecoran pada cetakan pasir cor	Secepatnya saat proses produksi *pulley* berlangsung	Operator *pouring*	Sosialisai dan implementasi SOP proses *pouring* yang benar
			Operator kurang konsentrasi			Operator *pouring*	Penambahan kipas angin dan pengawasan supervisor dalam implementasi SOP *pouring*
			Kurang pengawasan dan teguran oleh supervisor			Supervisor area produksi	Lakukan pengawasaan oleh supervisor selama proses *pouring* berlangsung
			Tidak menggunakan *pouring basing*			Supervisor	Penambahan alat *pouring basing* yang sesuai untuk produksi *pulley*

Jenis *Defect*	**Faktor Penyebab**	***What***	***Why***	***Where***	***When***	***Who***	***How***
	Kesalahan pembuatan cetakan cor	Menghasilkan permukaan cetakan cor padat dan rata untuk menghasilkan permukaan cetakan cor yang padat dan rata agar tidak terjadi *defect misrun*	Kurangnya keterampilan operator	Area pengecoran pada cetakan pasir cor	Secepatnya saat proses produksi *pulley* berlangsung	Operator *pouring*	Sosialisai dan implementasi SOP proses pembuatan cetakan cor yang benar
			Operator kurang konsentrasi			Operator *pouring*	Penambahan kipas angin dan pengawasan supervisor dalam implementasi SOP pembuatan cetakan cor
			Kurang pengawasan dan teguran oleh supervisor			Supervisor area produksi	Lakukan pengawasaan secara berkala untuk setiap area cetakan cor

4.2.4 *Improve*

Pada tahapan *improve* ditentukan rekomendasi tindakan untuk meminimasi *defect misrun* produk *pulley*. Berdasarkan analisa pada FMEA dan 5W+1H terkait rekomendasi perbaikan didapati faktor metode yang diterapkan operator belum sepenuhnya dapat dijalankan dengan baik. Hal ini berdasarkan hasil nilai RPN terbesar dimana pada proses produksi terjadi kurangnya pengawasan secara berkala dan *skill* operator yang belum baik dalam proses *pouring* sesuai *standard*. Terkait hal tersebut maka perlu diterapkan SOP serta penyeusaian penggunaan alat saat pengecoran. SOP merupakan dokumen proses penjelasan secara terperinci mengenai konsistensi kegiatan operasional. Hal ini berdasarkan rekomendasi analisa *defect misrun* pada penggunaan metode FMEA. Berikut merupakan rekomendasi *improve proses pouring* dan pembuatan cetakan cor produksi *pulley*.

1. Sosialisai, pengawasan, dan implementasi SOP proses *pouring* dan pembuatan cetakan cor yang benar oleh supervisor untuk meningkatkan keterampilan dan konsentrasi operator.
2. Penambahan kipas angin untuk meningkatkan konsentrasi operator.
3. Relokasi penampatan *tanur* untuk lebih dekat pada area proses *pouring* supaya *material handling* proses *pouring* lebih dekat dalam mencegah turun nya suhu logam cair.
4. Penambahan penggunaan alat *pouring basing* untuk menjaga tekanan logam cair pada saat proses *pouring*

Rekomendasi pelaksanaan SOP wajib dilaksanakan oleh operator bersamaan dilakukan pengawasan oleh *supervisor* area produksi. Selain itu aspek keselamatan kerja wajib diperhatikan pada saat pelaksaan SOP berlangsung, penerapan *Job Safety Analysisis* (JSA) digunakan untuk identifikasi bahaya sebelum terjadi sebuah insiden atau kecelakaan kerja. Pada hal ini SOP yang akan diterapkan sudah melwati analisa potensi bahaya kecelakaan kerja. Berikut merupakan *Job Safety Analysis* (JSA) dan *Standard Operating Procedure* (SOP) untuk area pengecoran.

Tabel 4. 29 JSA Area Pengecoran

Job Safety Analysis (JSA) Area Pengecoran					
No	Aktivitas Kegiatan	Potensi Bahaya	Risiko	Pengendalian	Peralatan
A. Persiapan Cetakan Cor					
1	Menggali pasir untuk mengubur kotak coran	Cangkul mengenai anggota tubuh	Cidera tertimpa cangkul	Melakukan *safety talk* Memperbaiki posisi kerja Menggunakan APD sepatu *safety*	Cangkul
		Postur kerja membungkuk atau tidak ergonomis	WMSD (pegal pada punggung dan bahu)	Melakukan *safety talk* Memperbaiki posisi kerja Menggunakan APD sepatu *safety*	
2	Memasang pola cetakan pada kotak coran atas dan bawah	Postur kerja membungkuk atau tidak ergonomis	WMSD (pegal pada punggung dan bahu)	Melakukan *safety talk* Memperbaiki posisi kerja Menggunakan APD sepatu *safety*	Penumbuk, Cetakan Coran dan Kotak Coran
3	Memasang cetakan pipa jalur masuk cairan logam	Postur kerja membungkuk atau tidak ergonomis	WMSD (pegal pada punggung dan bahu)	Melakukan *safety talk* Memperbaiki posisi kerja Menggunakan APD sepatu *safety*	Penumbuk dan Pipa
4	Melepas pola cetakan dan pipa	Postur kerja membungkuk atau tidak ergonomis	WMSD (pegal pada punggung dan bahu)	Melakukan *safety talk* Memperbaiki posisi kerja Menggunakan APD sepatu *safety*	Cetakan Coran
5	Memadatkan pasir	Postur kerja membungkuk atau tidak ergonomis	WMSD (pegal pada punggung dan bahu)	Melakukan *safety talk* Memperbaiki posisi kerja Menggunakan APD sepatu *safety*	Penumbuk
6	Menaburkan *parting powder*	Postur kerja membungkuk atau tidak ergonomis	WMSD (pegal pada	Melakukan *safety talk* Memperbaiki posisi kerja	*Parting Powder*

Job Safety Analysis (JSA) Area Pengecoran					
No	Aktivitas Kegiatan	Potensi Bahaya	Risiko	Pengendalian	Peralatan
			punggung dan bahu)	Menggunakan APD sepatu *safety*	
7	Membongkar kotak coran	Postur kerja membungkuk atau tidak ergonomis	WMSD (pegal pada punggung dan bahu)	Melakukan *safety talk*	Kotak Coran
				Memperbaiki posisi kerja	
				Menggunakan APD sepatu *safety*	
B. *Pouring*					
	Membawa tungku ke tengah area pengecoran	Tangan terkena hempasan percikan api	Luka bakar	Melakukan *safety talk*	*Tanur*dan *Crane*
1				Menggunakan sarung tangan, sepatu *safety*, dan helm.	
		Tertimpa *seling crane* yang putus	Patah tulang atau cidera serius pada tubuh atau bahkan meniggal dunia	Melakukan *safety talk*	
				Memperbaiki posisi kerja	
				Menggunakan sarung tangan, sepatu *safety*, dan helm.	
2	Penuangan cairan metal	Salah tuang	Mengalami luka bakar, cacat anggota tubuh	Melakukan *safety talk*	*Tanur, laddle*, dan *pouring basing*
				Memperbaiki posisi kerja	
				Menggunakan sarung tangan, sepatu *safety*, dan helm.	
		Hasil leburan tumpah	Mengalami luka bakar, cacat anggota tubuh	Melakukan *safety talk*	
				Memperbaiki posisi kerja	
				Menggunakan sarung tangan, sepatu *safety*, dan helm.	

Job Safety Analysis (JSA) Area Pengecoran					
No	Aktivitas Kegiatan	Potensi Bahaya	Risiko	Pengendalian	Peralatan
		Postur kerja membungkuk atau tidak ergonomis	WMSD (pegal pada punggung dan bahu)	Melakukan *safety talk*	
				Memperbaiki posisi kerja	
				Menggunakan sarung tangan, sepatu *safety*, dan helm.	

Tabel 4. 30 SOP Proses *Pouring*

<table>
<tr><td colspan="3">CV. Mitra Karya Utama
8MJP+6V5, Desa Tegal Rejo, Batur, Tegalrejo, Kec. Ceper, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah 57465</td></tr>
<tr><td colspan="3">STANDARD OPERATING PROCEDURE (SOP)
PROSES POURING</td></tr>
<tr><td>No. Dokumen</td><td colspan="2">:</td></tr>
<tr><td>Status Dokumen</td><td colspan="2">: Asli</td></tr>
<tr><td>Jumlah Halaman</td><td colspan="2">: 1</td></tr>
<tr><td>Tanggal Pembuatan</td><td colspan="2">: 23 Maret 2023</td></tr>
<tr><td>Dibuat oleh</td><td>Diperiksa oleh</td><td>Disetujui oleh</td></tr>
<tr><td>Muhammad Fachrezi M</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Tujuan</td><td colspan="2">: Meminimalisir defect misrun produk pulley pada proses pouring atau penuangan logam cair pada cetakan cor.</td></tr>
<tr><td>Tanggung Jawab</td><td colspan="2">: Operator Pouring dan Supervisor Produksi</td></tr>
<tr><td>Area</td><td colspan="2">: Area Pengecoran</td></tr>
<tr><td colspan="3">Deskripsi Kegiatan</td></tr>
<tr><td colspan="3">1. Pastikan operator menggunakan alat pelindung diri yaitu sarung tangan, sepatu safety, dan helm.
2. Pastikan ketersediaan jumlah alat kebutuhan pouring sebanyak 5 ladle dan 10 pouring basing.
3. Pastikan tanur diletakan sedekat mungkin pada tengah area pouring.
4. Pastikan tidak ada alat apapun yang mengganggu jalur material handling proses pouring.
5. Pastikan terdapat operator yang memasang pouring basing untuk setiap proses pouring diluar operator yang memegang ladle dalam proses pouring.
6. Pastikan operator secepat mungkin untuk pouring dari diambilnya logam cair pada tanur.
7. Pastikan operator proses pouring untuk sekali tuang dan tidak terputus.
8. Pastikan operator pouring sedekat mungkin dengan pouring basing.</td></tr>
</table>

Tabel 4. 31 SOP Proses Pembuatan Cetakan Cor

<table>
<tr><td colspan="3">CV. Mitra Karya Utama
8MJP+6V5, Desa Tegal Rejo, Batur, Tegalrejo, Kec. Ceper, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah 57465</td></tr>
<tr><td colspan="3">STANDARD OPERATING PROCEDURE (SOP)
PROSES PEMBUATAN CETAKAN COR</td></tr>
<tr><td>No. Dokumen</td><td colspan="2">:</td></tr>
<tr><td>Status Dokumen</td><td colspan="2">: Asli</td></tr>
<tr><td>Jumlah Halaman</td><td colspan="2">: 1</td></tr>
<tr><td>Tanggal Pembuatan</td><td colspan="2">: 23 Maret 2023</td></tr>
<tr><td>Dibuat oleh</td><td>Diperiksa oleh</td><td>Disetujui oleh</td></tr>
<tr><td>Muhammad Fachrezi M</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Tujuan</td><td colspan="2">: Meminimalisir defect misrun produk pulley pada proses pembentukan cetakan pasir coran.</td></tr>
<tr><td>Tanggung Jawab</td><td colspan="2">: Operator Cetakan Cor dan Supervisor Produksi</td></tr>
<tr><td>Unit Kerja Terkait</td><td colspan="2">: Area Pengecoran</td></tr>
<tr><td colspan="3">Deskripsi Kegiatan</td></tr>
<tr><td colspan="3">1. Pastikan operator menggunakan alat pelindung diri yaitu sepatu safety.
2. Pastikan alat bantu pembentukan cetakan operator yaitu cangkul, penumbuk, air, parting powder, kotak coran dan cetakan.
3. Pastikan operator dalam penggunaan air saat menggali pasir untuk menghasilkan cetakan pasir yang padat.
4. Pastikan operator dalam penggunaan parting powder pada permukaan cetakan pasir.
5. Pastikan permukaan pasir cetakan cor dipadatkan menggunakan penumbuk.
6. Pastikan operator membentuk pasir sepadat mungkin sesuai dengan cetakan cor.</td></tr>
</table>

4.2.5 *Control*

Tahapan terakhir pada DMAIC ini adalah tahapan *control*, pada hal ini memberikan rokemendasi berdasarkan tahapan sebelumnya dan melakukan *controlling* secara beratahap pada produksi *pulley*. Proses *controlling* berfokus pada kegiatan produksi area pengecoran untuk aktivitas pembuatan cetakan cor dan *pouring* kepada operator. Tahapan ini dilakukan secara terus menurus untuk mempertahankan apa yang sudah di *improve* sehingga dapat meminimalisir *defect* dalam proses produksi. Pelaksanaan rekomendasi ini dilakukan *tracking* dan pengawasan mengguanakan *checksheet* oleh *supervisor* area produksi. Berikut merupakan *checksheet supervisor* area produksi dalam pelaksanaan pengecoran.

Tabel 4. 32 *Checksheet Supervisor*

Checksheet Supervisor Pelaksanaan SOP Pengecoran				
No	Item	Pemenuhan		Catatan
		Ya	Tidak	
A	**Persiapan Cetakan Cor**			
1	Pemeriksaan peralatan pembuatan cetakan cor (kotak coran, cangkul, pipa, air, dan *parting powder*)			
2	Pemeriksaan kualitas dan persediaan pasir cor			
3	Memastikan kipas angin menyala			
4	Pengwasan *supervisor* pada pelaksanaan SOP pembuatan cetak cor			
5	Menghitung hasil cetakan coran			
B	***Pouring***			
1	Pemeriksaan peralatan *pouring* (APD, *ladle, pouring basing*)			
2	Penempatan *tanur*			
3	Memastikan kipas angin menyala			
4	Pengwasan *supervisor* pada pelaksanaan SOP *pouring*			

Checksheet Supervisor Pelaksanaan SOP Pengecoran				
No	Item	Pemenuhan		Catatan
		Ya	Tidak	
5	*Report* hasil pengecoran			

BAB V
PEMBAHASAN

5.1 *Define*

Pada proses produksi CV. Mitra Karya Utama dilakukan tahapan *define* dalam pendifinisian permasalahan alur produksi *pulley*. Hal ini dilakukan analisa alur produksi menggunakan *Value Stream Mapping* (VSM) dan *Waste Assessment Model* (WAM) dimana permasalahan *defect* merupakan permasalahan utama yang dialami pada produksi *pulley* CV. Mitra Karya Utama.

5.1.1 Analisis *Value Stream Mapping* (VSM)

Value Stream Mapping (VSM) merupakan metode yang bertujuan untuk melakukan *mapping*/pemetaan terkait aliran produk dan informasi produksi dalam seluruh kegiatan produksi. Untuk menenetukan pemetaan tersebut didapati *input* VSM berupa informasi area produksi, aktivitas, mesin/alat, jumlah operator, waktu *cycle time* dan waktu *lead time*. Dihasilkan waktu *lead time* sebesar 4979 detik dan *cycle time* sebesar 3809 detik. Perbedaan waktu *lead time* dan *cycle time* tersebut dikaranekan terdapat waktu tunggu pada beberapa aktivitas pada proses produksi *pulley*. Waktu tunggu tersebut terjadi pada persiapan bahan baku, *material handling* tungku *furnance*, persiapan *pulley* untuk proses *shakeout*, *material handling pulley* hasil proses *shakeout*, *material handling* untuk proses permesianan, dan persiapan *pulley* untuk proses pengecatan.

Berdasarkan informasi proses produksi *pulley* dihasilkan analisa *7 waste* yang terjadi pada produksi *pulley*. Pemborosan *overproduction* terjadi karena fluktuasi permintaan yang bersifat *make to order* dan kurangnya kalkulasi penyediaan bahan baku yang tidak ramping dimana hasil peleburan untuk tahapan penuangan menghasilkan jumlah produksi berlebih. Pemborosan *inventory* terjadi untuk penyimapanan bahan baku dan *semifinished good*, hal tersebut membuat banyak WIP yang disimpan berhari-hari dan menunggu untuk diproses sampai pengiriman. Pada pemborosan *defect* terjadi kecacatan produk *pulley* yang membuat produk yang dihasilkan tidak layak dikirimkan kepada konsymen, hal ini mengakibatka kerugian material, waktu produksi bertambah untuk dilakukan

rework atau dilebur ulang. Pemborosan *motion* terjadi pada proses *machining* menggunakan mesin bubut, hal tersebut karena operator memerlukan gerkan tambahan untuk mencari dan mengelompokan jenis *pulley* yang akan diproses sesuai dengan setingan mesin yang sudah dilakukan sebelumnya. Pemborosan *transportation* terjadi penggunaan alat *material handling* yang digunakan hanya *trolly* sederhana yang tidak efektif untuk perpindahan WIP dalam jumlah yang banyak dan tidak dapat tersegmentasi dengan baik. Pemborosan *excessprocessing* terjadi karena terdapat beberapa aktivitas yang bersifat *non value added*, hal tersebut berupa menata produk atau menyiapkan bahan baku, aktivitas inspeksi secara berulang yang dirasa tidak perlu. Pemborosan *waiting* terjadi akibat proses menunggu yang terjadi pada *shakeout* yang harus menunggu hasil pembongkaran pengecoran secara bertahap, selain itu terdapat mesin bubut yang berfungsi dalam pemakanan jalur *belt* mengalami *breakdown* yang membuat operator menunggu proses produksi. Berdasarkan uraian tersebut disimpulkan bahwa pada proses produksi *pulley* terjadi pemborosan pada *7 waste*.

Value Stream Mapping analysis tool (VALSAT) dilakukan untuk pemilihan *tool* guna mempermudah pemahaman *Value Stream Mapping* berdasarkan informasi proses produksi dan *7 waste* yang terjadi. Berdasarkan *input* jawaban kuesioner teradapat 7 pertanyaan untuk setiap pemborosan dengan *range* penilaian *point* 0-5. Skor yang didapati secara berturut-turut adalah *overproduction* (2), *defect* (5), *waiting* (3), *motion* (3), *excessprocessing* (4), *transportation* (4) dan *inventory* (2). Hasil tersebut akan dikalikan dengan setiap bobot yang ada pada matriks pembobotan dimana *high correlation and usefulness* (H) dengan bobot 9, *medium correlation and usefulness* (M) dengan bobot 3, dan *low correlation and usefulness* (L) dengan bobot 1. Didapati *process acitivty mapping* (PAM) merupakan *tools* dengan skor terbesar berdasarkan *input* kuesioner dikali dengan pembobotan matriks VALSAT kemudian diakumulasi dengan skor total 137. Sehingga dalam menganalisa pemborosan lebih lanjut menggunakna PAM untuk mengidentifikasi nilai tambah dan tidak memberikan nilai tambah pada aktivitas yang dilakukan pada proses produksi *pulley*.

Berdasarkan hasil *process acitivty mapping* (PAM) didapati terdapat 51 aktivitas produksi *pulley*. Berdasarkan klasifikasi aktivitas terdapat 32 aktivitas

berjenis *operation* dengan total waktu 2179 detik, 11 aktivitas berjensi *transportation* dengan total waktu 1170 detik, 3 aktivitas *inspection* dengan total waktu 140 detik, 2 aktivitas *delay* dengan total waktu 250 detik, dan 3 aktivitas *storage* dengan total waktu 70 detik. Dari hasil tersebut menunjukan terdapat kegiatan *inspection*, *delay* dan *storage* dimana hasil analisa *aktvitas* hal itu termasuk dalam kegiatan yang tidak bernilai tambah atau masuk dalam kategori pemborosan. Berdasakran 100% *cycle time* pada proses produksi *pulley* diketahui bahwa 9% waktu bersifat *non value added* (NVA) dengan total waktu 340 detik, selain itu diketahui bahwa 37% waktu bersifat *necessary non value added* (NNVA) dengan total waktu 1400 detik. Berdasarkan hal itu adanya *non value added* (NVA) dan *necessary non value added* (NNVA) mengindikasikan adanya pemborosan pada proses produksi *pulley* CV. Mitra Karya Utama.

Berdasarkan hasil *Value Stream Mapping* (VSM) kegiatan terkait *non value added* (NVA) dan *necessary non value added* (NNVA) diakibatkan kegiatan seperti persiapan, pemindahan, inspeksi, perhitungan ulang, pengelompokan, dan *repair* pada *work in process* produksi *pulley*. Hal tersebut perlu dianalisa dan diminmalisir sehingga proporsi waktu NVA dan NNVA dapat dihilangkan, Hal ini apabila dihilangkan maka *cycle time* untuk membuat satu produk *pulley* akan lebih cepat dari sebelumnya dan akan meningkatkan produktivitas. Sehingga hal tersebut dapat meminimalisir kecilnya *actual output* perjamnya, supaya *target output* yang sudah direncanakan sebelumnya tercapai. Berdasarkan hasil perhitungan waktu aktivitas produksi diapati bahwa apabila semua aktivitas *non value added* (NVA) dihilangkan akan mengurangi waktu *cycle time* yang awalnya sebesar 3809 detik menjadi 3469 detik. Selanjutnya apabila dapat mengurangi waktu *necessary non value added* (NNVA), maka akan mengurangi waktu *cycle time* hingga 2069 detik untuk satu produk *pulley*.

5.1.2 Analisis *Waste Assessment Model* (WAM)

Pada hasil analisa proses produksi *pulley* didapati *7 waste* yang terjadi. Hal ini dilakukan identifikasi *waste* dominan sebagai *waste* paling mempengaruhi alur produksi *pulley* untuk dilakukan perbaikan. Identifikasi ini dilakukan dengan metode *Waste Assesment Model* (WAM). Pada metode WAM ini dilakukan tiga

tahapan yaitu *seven waste relationship* (SWR), *Waste Relationship Matrix* (WRM) dan *waste assessment questionnaire* (WAQ). Kuesioner *Waste Assessment Model* (WAM) diberikan kepada pemilik CV. Mitra Karya Utama karena diperlukan responden yang melakukan *control* kesuluruhan alur produksi dan memiliki pemahaman terkait *7 waste*. Berdasarkan hasil pengolahan *Waste Assesment Model* (WAM) persentase tertinggi pada pemborosan *defect* dengan persentase sebesar 19.29%. Hasil tersebut didapati hasil bagi Yj final *waste defect* (5,89) dibagi dengan total Yj final *7 waste* (30,54). Yj final merupakan nilai faktor akhir dari setiap *waste*, nilai faktor tersebut dipengaruhi oleh hasil bagi nilai Yj *waste defect* (0,32) dengan Pj faktor *waste defect* (18,31). Hasil nilai Yj *waste defect* (0,32) didapati dari hasil bagi Sj total bobot hasil WAM (42) dengan bobot awal WAM (88) kemudian dikali dengan hasil bagi fj bobot hasil WAM (46) dibagi dengan fj bobot awal WAM (64). Parameter Sj sendiri merupakan total nilai bobot untuk setiap *waste*. Pada nili Sj sendiri *waste defect* menghasilkan nilai Sj terbesar untuk bobot awal maupun hasil WAM dibandingkan dengan 6 *waste* yang lainnya. Dengan kata lain *waste defect* memiliki akumulasi bobot terbesar dan disimpulkan *waste defect* merupakan faktor dominan terjadi nya *7 waste*. Selain itu parameter Fj merupakan frekuensi terjadinya *waste* dimana Fj awal WAM dan fj hasil WAM pada *waste defect* memiliki hasil terbesar dibanding 6 *waste* lainnya. Berdasarkan hal itu nilai persentase *waste defect* merupakan hasil terbesar senilai 19,29%. Selanjutnya terdapat *waste overproduction* sebesar 13,44%, *inventory* sebesar 16,93%, *motion* sebesar 16,20%, *transportation* sebesar 11,65%, *waiting* sebesar 15,81%, dan *excess processing* sebesar 6,68%. Dari hasil tersebut dilakukan penelitian lebih lanjut untuk *waste defect* sebagai *waste* dominan yang paling berpengaruh terhadap *7 waste.*

Pemborosan *defect* dianggap sangat merugikan bagi CV. Mitra Karya Utama, dimana pada alur produksi sendiri pemborosan *defect* ini mengakibatkan kerugian material waktu produksi bertambah untuk dilakukan *rework* atau dilebur ulang. Selain itu kualitas hasil produksi *pulley* sangat berpengaruh bagi perushaaan dimana CV. Mitra Karya Utama merupakan *supplier* yang harus menjamin mutu produksi, hal ini berpengaruh pada kepercayaan konsumen untuk mempertahankan hubungan bisnis dan meningkatkan keuntungan secara terus menerus. Dengan

meminimasi *waste defect,* alur produksi *pulley* akan menjadi efektif dan efisian sehingga dapat memenuhi target produksi yang telah direncanakan. Target produksi tercapai tepat waktu dan menjamin kualitas produksi akan meningkatkan kepuasa konsumen untuk meningkatkan keuntungan perusahaan.

5.2 *Measure*

Tahapan kedua pada DMAIC merupakan *measure* untuk menganalisa hasil pengkuruan terkait *defect* yang terjadi pada produk *pulley*. Tahapan ini menjadi *baseline* atau landasan dalam pengembangan kualitas hasil produk *pulley*. Hal ini dilakukan dengan penentuan *Critical to Quality* (CTQ), perhitungan nilai *Defect per Million Opportunity* (DPMO) dan *p – chart*.

5.2.1 Analisis *Critical to Quality* (CTQ)

Critical to Quality (CTQ) merupakan kriteria standar pada kualitas suatu produk yang harus dicapai atau dapat dikatakan minimal standar spesifikasi dan harus dijaga dari sebuah produk. Selain itu, kategori CTQ dijadikan penentu apakah produk tersebut dalam kategori *defect* atau sudah memenuhi standard. Penentuan CTQ ini berdasarkan kebutuhan *costumer* sebagai standariasi kualitas untuk produk *pulley,* dalam hal ini costumer produk *pulley* CV. Mitra Karya Utama adalah Bpk Edi Suwanto Jakarta, Bahtera Surabaya, CV. SKBL Diesel Medan, dan Toko Ismail Banjarmasin.

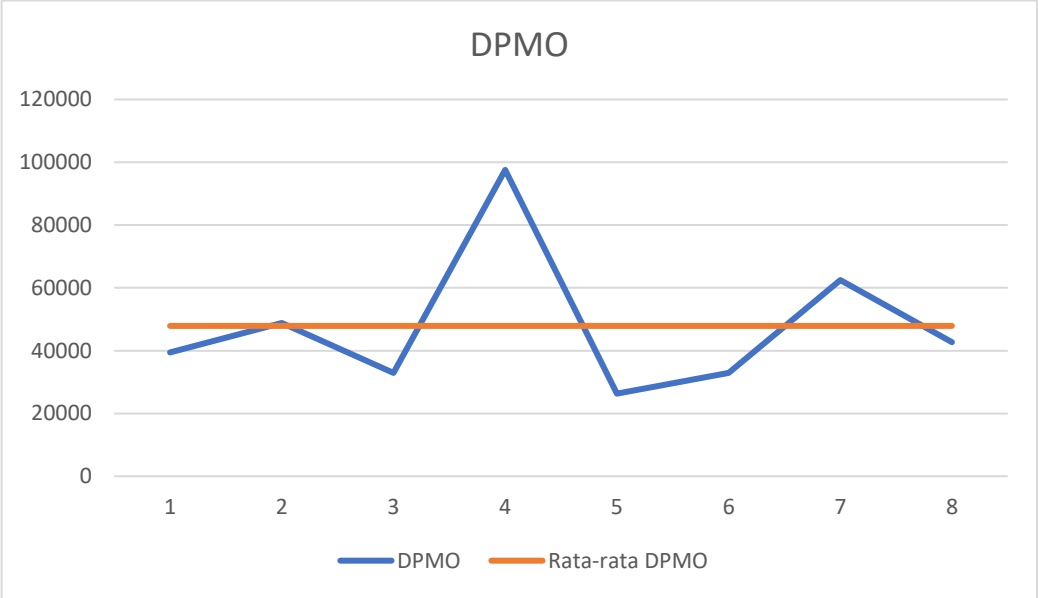
CTQ tersebut didefinisikan berdasarkan temuan hasil produksi dan standard kualitas produksi bagi *costumer*. Pengaruh kegagalan CTQ tersebut sangat mempengaruhi kualitas dalam hal ketahanan fungsi produk *pulley*, CTQ yang didefinisikan merupakan jenis *reject* yang tidak dapat dilakukan *repair*. Berdasarkan 8 kali pengamatan dengan jumlah setiap pengamatan berbeda, didapati terdapat 4 kategori *defect.*

Kategori CTQ pertama pada produk *pulley* merupakan *defect misrun*. Hal ini terjadi ketika logam cair tidak cukup mengisi rongga pada cetakan yang diakibatkan pembekuan logam yang prematur sebelum cetakan terisi penuh. Kategori CTQ yang kedua merupakan *defect gas hole.* Hal ini terjadi ketika kandungan gas yang terjebak pada logam cair kemudian mengera yang

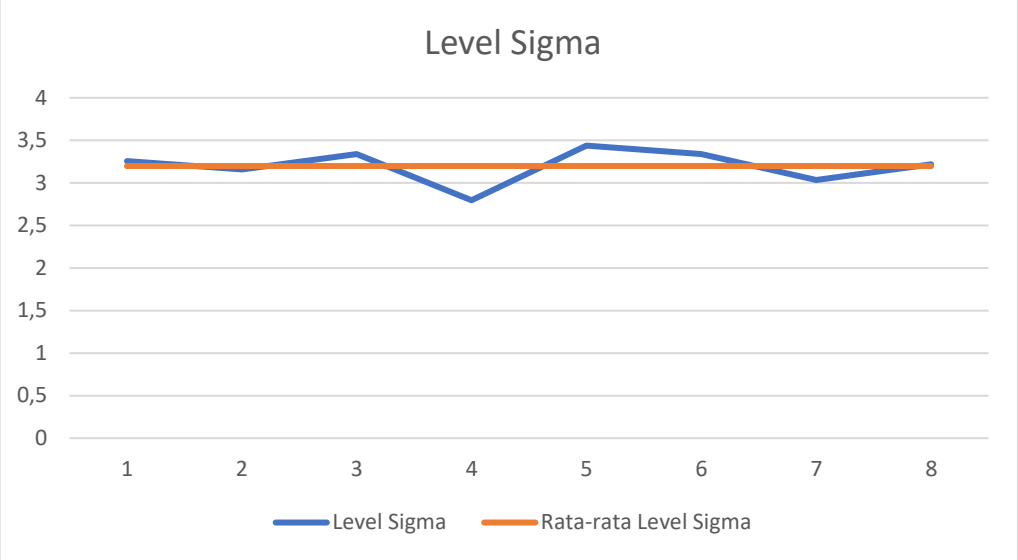
menyebabkan lubang-lubang pada permukaan coran baik dalam jumlah yang kecil dan sedikit atau dalam jumlah yang banyak. Kategori CTQ yang ketiga merupakan d*efect shrinkage*. Hal ini terjadi ketika penyusutan valome logam cair pada saat proses pembekua yang mengakibatkan *defect* berbentuk cekungan baik dalam dimensi yang besar atau kecil pada permukaan coran. Kategori CTQ yang keempat merupakan d*efect* permukaan kasar. Hal ini terjadi dari beberapa faktor seperti cetakan rontok, penetrasi logam dan sebagainya yang mengakibatkan permukaan hasil coran menjadi kasar dan tidak rata.

5.2.2 Analisis Nilai *Defect per Million Opportunity* (DPMO)

Perhitungan *Defect Per Million Opportunity* (DPMO) merupakan parameter hasil keberhasilan untuk mencapai target kualitas produksi *pulley* berdasarkan pengkuran terjadinya *defect* yang didapati dari pengambilan *sample*. Hal ini karena DPMO merupakan metode pengukuran performansi dari suatu proses untuk mengukur peluang *defect* per satu juta kesempatan. Perhitungan DPMO dilakukan menggunakan *software Microsoft Excel Sigma XL* yang kemudian dilakukan penentuan nilai *sigma* berdasarkan tabel *level sigma*.



Gambar 5. 1 Grafik DPMO



Gambar 5. 2 Grafik *Level Sigma*

Hasil perhitungan DPMO dan *level sigma* berdasarkan 8 kali pengambilan *sample defect* dengan 4 CTQ serta jumlah pengamatan yang berbeda secara berturut-turut yaitu 38, 41, 38, 41, 38, 38, 40, dan 41. Berdasarkan hal itu menghasilkan total *defect* senilai 61 dengan nilai *defect* berturut-turut yaitu 6, 8, 5, 16, 4, 5, 10, dan 7. Diketahui nilai DPMO tertinggi dan *level sigma* terendah pada pengambilan *sample* ke 4 dengan nilai DPMO 97560,97561 dan *level sigma* 2,796 berdasarkan 16 total *defect* dari 41 pengambilan *sample*. Pada urutan nilai DPMO tertinggi dan *level sigma* terendah kedua didapati pada pengambilan *sample* ke 7 dengan nilai DPMO 62500 dan *level sigma* 3,034 berdasarkan 10 total *defect* dari 40 pengambilan *sample*. Urutan DPMO tertinggi dan *level sigma* terendah selanjutnya pada pengambilan *sample* ke 2 dengan nilai DPMO 48780,4878 dan *level sigma* 3,157 berdasarkan 8 total *defect* dari 41 pengambilan *sample*. Urutan DPMO tertinggi dan *level sigma* terendah selanjutnya pada pengambilan *sample* ke 8 dengan nilai DPMO 42682,92683 dan *level sigma* 3,22 berdasarkan 7 total *defect* dari 41 pengambilan *sample*. Urutan DPMO tertinggi dan *level sigma* terendah selanjutnya pada pengambilan *sample* ke 1 dengan nilai DPMO 39473,68421 dan *level sigma* 3,257 berdasarkan 6 total *defect* dari 38 pengambilan *sample*. Urutan DPMO tertinggi dan *level sigma* terendah selanjutnya pada pengambilan *sample* ke 3 dan 6 dengan nilai DPMO 32894,73684 dan *level sigma* 3,34 berdasarkan 5 total

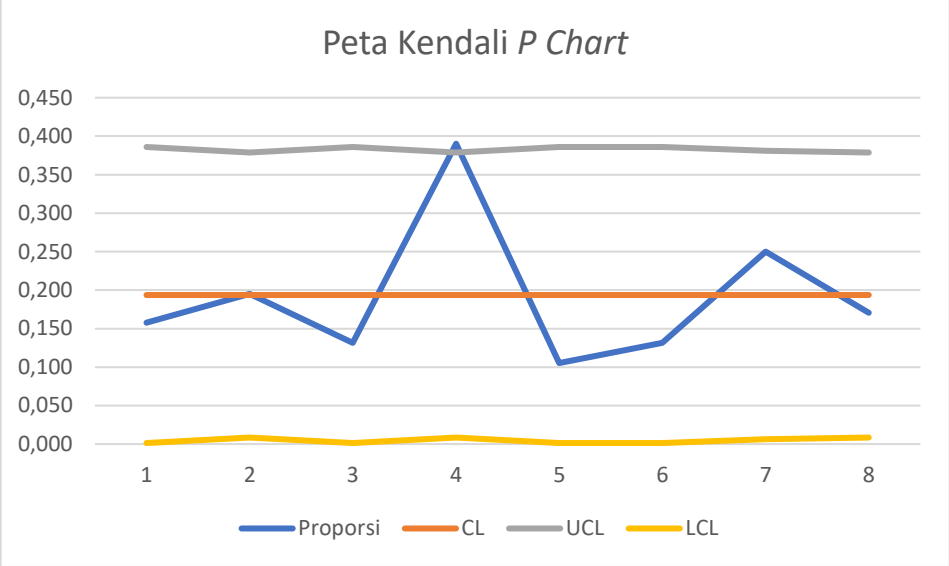
defect dari 38 pengambilan *sample*. Urutan DPMO dan *level sigma* terakhir pada pengambilan *sample* ke 5 dengan nilai DPMO 26315,78947 dan *level sigma* 3,438 berdasarkan 4 total *defect* dari 38 pengambilan *sample*. Berdasarkan nilai DPMO yang diperolah semakin besar proporsi *defect* maka akan semakin besar nilai DPMO dan semakin kecil nilai *level sigma*.

Semakin besar nilai DPMO menunjukan performansi probabilitas terjadinya *defect* semakin besar. Diperoleh nilai rata-rata DPMO produk *pulley* selama 8 kali pengambilan *sample* sebesar 47887,9172. Hal tersebut menunjukan dari satu juta kesempatan dalam produksi *pulley* maka terdapat kemungkinan 47887,9172unit produk *pulley* yang mengalami *defect*. Pada hasil rata-rata *level sigma* didapati sebesar 3,198 dimana masih lebih besar rata-rata *level sigma* pada industri di Indonesia senilai 2. Hal tersebut masih menjadi permasalahan rata-rata *level sigma* industri USA bahkan kelas dunia dengan target *level sigma* sebesar 6. Selain itu pada grafik terdapat kecenderungan fluktuasi nilai DPMO dan *level sigma* yang merugikan bagi perusahaan. Hal tersebut menjadi *baseline* CV. Mitra Karya Utama untuk terus melakukan perbaikan secara terus menerus sehingga dapat meningkatkan kepuasan konsumen sebagai perusahaan yang berperan sebagai *supplier*.

5.2.3 Analisis *Control P Chart*

Control p-chart bertujuan menganalisis proporsi kesalahan dalam banyaknya *sample* data untuk melihat apakah pengendalian kualitas sudah terkendali atau belum. Pada hal ini digunakan peta kendali atribut untuk membedakan jenis produk *pulley defect* dan *non-defect*. Peta kendali atribut terdiri dari peta kendali p, np, c dan u. Pada hal ini tidak digunakan peta kendali c dan u karena setiap hasil produksi *pulley*, kategori *defect* dihitung berdasarkan jumlah unit cacat bukan cacat per unit berdasarkan penyebab *defect* 4 jenis kategori CTQ. Selain itu tidak digunakan peta kendali np karena jumlah *sample* setiap observasi tidak konstan. Dengan hal ini digunakan peta kendali p untuk data jumlah produk cacat dan data bersifat atribut dengan pengujian yang tidak seragam. Data yang diolah berdasarkan 8 kali pengambilan *sample* data atribut dengan jumlah yang tidak seragam secara berturu-turut yaitu 38, 41, 38, 41, 38, 38, 40, dan 41. Hal ini akan menunjukan perbuhan

data dari 8 *sample* pada batas UCL dan LCL sebagai batas daerah pengendalian. Berdasarkan perhitungan peta kendali p produk *pulley* didapati nilai *center line* (CL) sebesar 0,194. Untuk *upper control limit* (UCL) dan *lower control limit* (UCL) dalam penggunaan peta kendali p memiliki nilai yang berbeda-beda karena data *sample* tidak seragam dimana hasil batas kendali atas dan bawah mengikuti *input* jumlah *sample* dan *defect* pada setiap pengambilan *sample*.



Gambar 5. 3 Peta Kendali *P Chart*

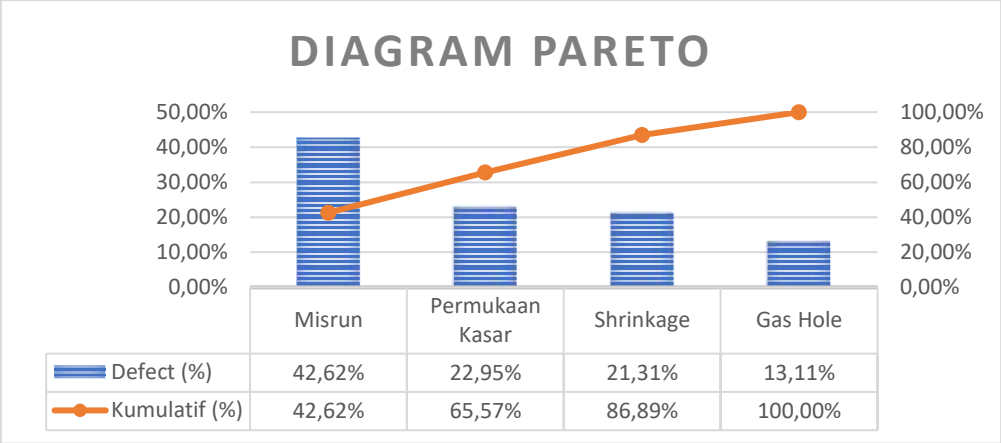
Berdasarkan gambar diatas, didapati bahwa terdapat satu observasi pengambilan *sample* yang melewati batas kendali yaitu pada observasi ke empat. Hal ini karena pada observasi ke-4 dengan 41 jumlah *sample* dan 16 total *defect* menghasilkan proporsi *defect* sebesar 0,390, serta untuk batas kendali UCL sebesar 0,379 dan LCL sebesar 0,009. Hal tersebut menunjukan bahwa proporsi *defect* observasi ke-4 melewati batas UCL sebesar 0,011. Berdasarkan hal tersebut maka masih terdapat kondisi tidak terkendali atau terdapat penyimpangan pada proses produksi *pulley*, oleh karena itu maka harus dilakukan analisa terjadinya *defect* guna meminimalisir terjadinya *defect* untuk membuat proporsi *defect* lebih rendah sehingga masuk dalam batas kendali UCL dan LCL.

5.3 *Analyze*

Tahapan ketiga pada DMAIC merupakan *analyze*, hal ini dilakukan analisa penyebab atau faktor terjadinya *waste defect* dan menentukan rekomendasi untuk meminimalisir *defect*. Analisa tersebut diawalai mengidentifikasi *defect* dominan menggunakan diagram pareto, analisis diagram sebab akibat dengan mempertimbangkan lima aspek yaitu 4M – 1E (*man, machine, methode, material* dan *environment*), analisa tahapan terjadinya kegagalan *defect* untuk menentukan faktor utama menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA), serta analisa faktor penyebab dan penentuan rekomendasi perbaikan dengan metode *Failure modes and effects analysis* (FMEA) dan 5W+1H.

5.3.1 Analisis Diagram Pareto

Diagram pareto bertujuan untuk mengetahui kegagalan atau jenis *defect* yang paling dominan atau berpengaruh dalam *defect* produk *pulley*. Diagram ini merepresentasikan mulai dari jenis *defect* yang paling sering ditemukan dari paling kiri kemudian semakin kanan pada jenis *defect* yang lebih sedikit ditemukan. Dengan diagram pareto akan diketahui jenis *defect* dominan sebagai prioritas jenis *defect* untuk diperbaiki. Jenis *defect* pada diagram pareto ini berdasarkan *Critical to Quality (CTQ)* yaitu *misrun*, permukaan kasar, *shrinkage* dan *gas hole*.



Gambar 5. 4 Diagram Pareto *Defect Pulley*

Berdasarkan hasil diagram pareto *defect pulley* diatas terdapat 4 penyebab *defect pulley*. Pada peringkat pertama terdapat kegagalan *misrun* dengan presentase

sebesar 42,62% dengan jumlah *defect* sebanyak 26 unit. Peringkat kedua terdapat kegagalan permukaan kasar dengan presentase sebesar 22,95% dengan jumlah *defect* sebanyak 24 unit. Selanjutnya pada peringkat ketiga terdapat kegagalan *shrinkag* dengan presentase sebesar 21,31% dengan jumlah *defect* sebanyak 13 unit. Terakhir terdapat kegagalan *gas hole* dengan presentase sebesar 13,11% dengan jumlah *defect* sebanyak 8 unit. Terkait hal itu diketahui bahwa jenis *defect* dengan jumlah presentase kumulatif yang paling besar berada pada jenis *defect misrun*. Hasil ini menunjukan bahwa prioritas analisa perbaikan *defect* dilakukan untuk jenis *defect misrun* bertujuan meminimalisir *defect* produk *pulley* secara menyeluruh. Adanya *defect misrun* sebagai faktor dominan membuat analisa penyebab *defect* dilakukan pada area pengecoran dimana *misrun* hanya dapat terjadi pada kegagalan pengecoran.

5.3.2 Analisis Diagram *Fishbone*

Diagram sebab akibat atau diagram *fishbone* bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan jenis *defect misrun*. Analisa *defect misrun* pada produk *pulley* ini berdasarkan penyebab *defect* dominan pada diagram pareto sebesar 42,62%. Pada analisa *defect misrun* produk *pulley* terdapat uraian faktor yaitu *man* (manusia), *method* (metode), *material*, *machine* (mesin) dan *environment* (lingkungan).

Pada faktor pertama yaitu manusia (*man*) berkaitan dengan operator yang menjalanankan proses produksi *pulley*. Keterampilan maupun kemampuan operator mempengaruhi kualitas hasil produksi. Pada faktor ini terdapat dua permasalahan, pertama operator pengecoran dianggap kurang konsentrasi, hal ini dinilai pada saat proses pembuatan cetakan yang tidak sesuai ketentuan dan kurangnya konsentrasi operator saat penuangan logam cair. Kurangnya konsentrasi tersebut mengakibatkan operator mengalami *human error* pada saat proses *pouring*. Faktor berikutnya adalah kemampuan operator yang kurang terlatih pada saat *pouring*. Hal ini mengakibatkan operator tidak konsisten untuk proses *pouring* dengan benar, kemampuan tersebut berpengaruh pada teknik penuangan yang terlalu tinggi, terlalu lambat atau tidak kontinyu/konstann. Faktor *man* tersebut mengakibatkan kegagalan pengecoran *misrun*.

Faktor kedua merupakan aspek fakto mesin (*machine*), dimana terdapat permasalahan mesin yang menyebabkan kesalahan pada proses produksi. Pada faktor ini terdapat dua permasalahan, pertama terkait akurasi infotmasi *temperature* mesin *furnacne* yang tidak tepat/*error*. Fungsi mesin *furnance* ini bertujuan untuk proses peleburan logam, hal ini diperulkan *setting* prosedur yang tepat. Indikasi ketidaktepatan *temperature* dapat berdampak pada suhu logam cair yang digunakan dan berpengaruh dalam kegagalan hasil cor *misrun*. Pada saat peleburan suhu dijaga sekitar 1480-1500 derajat celcius sehingga suhu pada saat proses *pouring* terjaga pada *range* standar yaitu 1350-1450 derajat celcius, hal ini karena pada saat proses *tapping* atau perpindahan logam cair ke *ladle* akan mengalami penurunan *temperature*. Faktor kedua adalah kurangnya perawatan mesin secara terjadwal dan berkala, kurangnya perawatan mesin menyebabkan indikasi ketidaktepatan mesin untuk memberikan informasi *temperature* saat peleburan, hal ini dapat membuat suhu logam cair tidak terkontrol, selain itu mesin yang tidak dirawat dengan teratur sesuai dengan SOP akan mengakibatkan kerusakan dan menghambat proses produksi. Terkait hal itu faktor mesin tersebut mengakibatkan kegagalan pengecoran *misrun*.

Pada faktor ketiga yaitu faktor metode (*method*) terkait pedoman dalam proses produksi. Hal ini berhubungan dengan cara kerja apakah proses produksi sudah memadi sesuai standard kegiatan dan lain sebagainya agar proses produksi tidak menyimpang. Pada faktor metode ini terdapat empat fakot yang mempengaruhi kegagalan *defect misrun* produk *pulley*. Faktor pertama terkait kesalahan metode pembuatan cetakan cor, hal ini mengakibatkan permukaan yang tidak rata, hal ini perlu diperhatikan pada saat penumbukan dan memastikan pasir tidak terlalu lembab dan kering. Permukaan yang tidak rata akan membuat pembekuan tidak seragam dan akan berpotensi mengalami kegagalan cor *misrun*. Fakroe kedua terkait kesalahan metode proses *pouring* terlalu lambat, hal ini menyebabkan fluiditas yang buruk, ketika terlalu lambat makan suhu akan semakin menurun yang kemudian akan terjadi pembekuan secara prematur dan gagal dalam memenuhi cetakan yang mengakibatkan kegagalan cor *misrun*. Faktor ketiga adalah kesalahan proses *pouring* terlalu tinggi, hal ini mengakibatkan pasir cetak akan mengalami erosi karena tingginya proses *pouring* akan memberikan tekanan yang

lebih tinggi pada dinding cor. Erosi pasir coran tersebut akan membuat permukaan pasir cor menjadi tidak rata dan membuat kegagalan cor *misrun*. Faktor metode terakhir terkait temperatur penuangan terlalu rendah. Suhu yang tepat pada saat *pouring* yaitu 1250°–1450° C, hal ini karena proses pembukan coran dimulai dari bagian cairan logam yang bersentuhan dengan cetakan sampai terjadi titik beku pada cairan logam tersebut, apabila suhu terlalu rendah maka titik beku akan terjadi lebih cepat dan mengakibatkan kegagalan cor *misrun* karena cairan logam gagal mengisi seluruh pasir cetak.

Pada faktor kempat yaitu *material* atau bahan baku, penggunaan bahan bakuharuslah sesuai dengan standard baik kualitas dan komposisi yang digunakan. Pasir cetak merupakan aspek penting dalam pengecoran logam, kondisi pasir yang digunakan harus sesuai dengan standar, kondisi pasir yang terlalu kering akan mengakibatkan udara mudah melakukan sirkulasi, hal ini akan mengakibatkan penurunan suhu pada cairan logam. Penurunan suhu tersebut akan berpotensi untuk mengalami kegagalan pengecoran *misrun*.

Faktor terakhir merupakan faktor lingkungan (*enviroment*), hal ini berkaitan dengan tata letak kerja yang baik serta suhu, kebisingan dan lain sebagainya sesuai dengan standarisasi yang mempengaruhi kegiatan produksi. Pada hal ini dipengaruhi tiga faktor, pada faktor pertama terkait tata letak kerja dimana membuat *material handling* proses *pouring* terlalu jauh. Pada alur produksi pembuatan *pulley*, proses *puouring* dilakukan setelah peleberuan. Tungku dipindahkan menggunakan *crane* menuju tengah area *pouring*, didapati penempatan posisi cetakan cor yang berjarak cukup jauh dari tungku logam cair. Hal ini membutuhkan waktu yang lebih lama pada saat *material handling* yang membuat penurunan suhu logam cair dan mengakibatkan kegagalan coran *misrun*. Selanjutnya pada area kerja kurang rapi yang membuat proses *pouring* menjadi terhambat, penuangan seharus nya dilakukan secara cepat dapat menjadi terhambat dengan area kerja yang tidak rapi, indikasi tidak rapi ini ditemukan alat pengecoran seringkali masih berada pada jalur pengecoran yang menyebabkan kegagalan cor *misrun*. Terakhir merupakan suhu area kerja yang panas dan tidak dilengkapi jumlah kipas angin yang memadai dimana mengakibatkan konsentarsi operator menurun dan membuat kegagalan *defect misrun*.

5.3.3 Analisis *Fault Tree Analysis* (FTA)

Analisa *Fault Tree Analysis* (FTA) bertujuan mengkaji uraian faktor kegagalan pada diagram *fishbone* untuk menentukan tahapan terjadinya kegagalan untuk mencari faktor utama terjadinya kegagalan. Uraian analisa FTA diawali dengan asumsi kegagalan dari kejadian puncak (*top event*) dalam hal ini *defect misrun* kemudian merinci sebab-sebab pada *event* dalam hal ini uraian aspek manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*).

Pada *top event* terkait *defect misrun* didipengaruhi *event* yaitu *human error,* informasi *temperature* mesin *furnance error,* kesalahan pengecoran, pasir cor terlalu kering dan area kerja tidak nyaman. Pada tahapan *event* menuju *top event* memiliki hubungan "*or*" dimana *defect misrun* dapat terjadi apabila salah satu atau keseluruhan faktor kegagalan *event* tersebut terjadi. Hal tersebut menunjukan tidak ada syarat terjadi ke empat faktor *event* terjadi untuk menghasilakan *defect misrun*.

Pada faktor *event human error* disebabkan oleh operator tidak konsentrasi atau kurang terlatih saat *pouring*, hal ini dihubungkan dengan logika "or". Faktor kurang terlatih saat *pouring* disebabkan oleh kurangnya sosialisasi dan pelatihan kerja bagi operator. Operator yang tidak konsentrasi membuat prosedur tahapan peleburan dan *pouring* menjadi tidak sesuai, sehingga mengakibatkan kesalahan kerja yang mengakibatkan *defect misrun* produk *pulley.* Kurangnya sosialisai dan pelatihan kerja membuat operator tidak dapat mengimplementasikan prosedur kerja secara optimal, hal ini membuat operator menjadi tidak terlatih saat proses *pouring* dan mengakibatkan kegagalan atau kesalahan kerja tersebut yang membuat *defect misrun* produk *pulley.*

Pada faktor *event* Informasi *temperature* mesin *furnance error* disebabkan kurangnya perawatan mesin secara berkala. Kurangnya perawatan mesin secara berkala sesuai SOP mengakibatkan mesin *furnance* menjadi *error* pada akurasi informasi *temperature,* hal ini akan mengakibatkan *defect misrun* dimana suhu optimal pada proses *pouring* berada pada 1350-1450 derajat celcius.

Pada faktor *event* kesalahan pengecoran disebabkan kesalahan *pouring* dan permukaan cetakan cor tidak rata dengan hubungan "or", dimana hal ini dapat

terjadi salah satu atau salah dua faktor *event* tersebut. Pada kesalahan *pouring* disebabkan *temperature pouring* terlalu rendah atau proses *pouring* terlalu tinggi, *temperature pouring* terlalu rendah disebabkan oleh proses *pouring* yang terlalu lambat yang mengakibatkan perubahan suhu. Faktor permukaan cetakan cor tidak rata diakibatkan kesalahan pembuatan cetakan cor oleh operator. Proses *pouring* yang terlalu lambat mengakibatkan penurunan suhu pada saat proses *pouring*, suhu yang terlalu rendah membuat logam cair akan lebih mudah membeku sebelum cetak coran terisi, hal tersebut akan mengakibatkan kesalahan tahapan *pouring* dan membuat kesalahan pengcoran yang berdampak pada *defect misrun* produk *pulley*. Proses *pouring* terlalu tinggi akan mengakibatkan logam cair yang dituang akan memberi tekanan berlebih pada dinding pasir cor, hal tersebut akan membuat dinding pasir cor menjadi erosi dimana pasir akan tercampur pada cairan logam dan mengakibatkan kesalahan tahapan *pouring* dan membuat kesalahan pengecoran dimana mengakibatkan terjadinya *defect misrun* produk *pulley*. Selanjtunnya pada kesalahan pembuatan cetakan cor mengakibatkan permukaan pasir cetak coran tidak rata, hal ini membuat logam cair yang dituang membeku tidak merata yang mengakibatkan kesalahan pengecoran dan terjadinya *defect misrun* produk *pulley*.

Pada faktor *event* kurangnya kualitas pasir disebabkan pasir pengecoran yang digunakan terlalu kering. Kurangnya kualitas pasir cor mengakibatkan pasir menjadi terlalu kering, hal ini mengakibatkan udara mudah sirkulasi yang membuat suhu logam cair menjadi menurun, hal ini mengakibatkan kegagalan *defect misrun* pada produk *pulley*.

Terakhir pada faktor *event* area kerja tidak nyaman disebabkan suhu area kerja panas atau area kerja tidak rapi, dan *material handling* proses *pouring* terlalu jauh, hal ini dihubungkan dengan gerbang logika “or” dimana *event* dapat terjadi tanpa harus terjadi ketiga faktor. Suhu area kerja yang panas membuat operaotor menjadi tidak nyaman, hal tersebut berpengaruh pada ketelitian dan konsentasi operator yang mengakibatkan *defect misrun* pada produk *pulley*. Area kerja yang tidak rapi membuat operator tidak nyaman, hal tersebut berpengaruh pada sulitnya pencarian kebutuhan alat seperti *powder* atau penumbuk yang mengakibatkan *defect pouring* produk *pulley*. Terakhir *material handling* saat proses *pouring* yang terlalu jauh membuat operator menjadi tidak nyaman, hal tersebut membuat operator harus

membawa logam cair pada *ladle* dengan jarak yang lebih jauh dimana mempengaruhi kenyamanan dan penurunan suhu logam cair yang akan mengakibatkan *defect misrun* produk *pulley*.

5.3.4 Analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA)

Analisa metode FMEA bertujuan mengidentifikasi suatu kegagalan untuk mencari penyebab dan menghindari kegagalan tersebut. Hal ini dilakukan perhitungan *risk priority number* (RPN) dengan *input* hasil perkalian antara *severity, ocurance*, dan *detection* berdasarkan penilaian yang berbentuk skala. Potensi kegagalan pada metode FMEA ini berdasarkan uraian penyebab kegagalan *defect misrun* pada hasil metode FTA kemudian diberikan penilaian pada setiap parameter *severity, ocurance*, dan *detection*. Berdasarkan tabel tindakan RPN didapati hasil nilai RPN dengan interval 192-1000 termasuk kategori tinggi yang harus diberikan tindakan secepat mungkin. Paramater *severity* merupakan seberapa serius pengaruh kegagalan untuk mengakibatkan *defect misrun*. Pada parameter *occurance* merupakan seberapa sering penyebab kegagalan tersebut mempengaruhi untuk mengakibatkan kegagalan *defect misrun*. Terakhir untuk parameter *detection* menunjukkan tingkat kemungkinan lolosnya penyebab kegagalan untuk mengakibatkan *defect misrun*. Didapati terdapat tiga penyebab kegagalan yang memiliki nilai RPN dalam kategori tinggi dimana perlu dilakukan perbaikan saat ini atau dengan segara. Hal tersebut merupakan proses *pouring* terlalu lambat dengan nilai RPN 294 berdasarkan nilai *severity* (7), *occurance* (7), dan *detection* (6), selanjutnya proses *pouring* terlalu tinggi dengan nilai RPN 210 berdasarkan nilai *severity* (7), *occurance* (5), dan *detection* (6), terakhir kesalahan pembuatan cetakan cor dengan nilai RPN 210 berdasarkan nilai *severity* (7), *occurance* (5), dan *detection* (6). Pada hal ini perlu ditangani dengan memberi rekomendasi yaitu ,emberikan SOP *pouring* yang benar dan pengawasan pada saat proses *pouring* untuk lebih cepat dan konstan, memberikan SOP *pouring* yang benar dan pengawasan pada saat proses *pouring* untuk sedekat mungkin serta penambahan alat *pouring basing* dan rekomendasi terakhir yaitu memberikan SOP pembuatan cetakan coran yang benar dan pengawasan pada saat pembuatan cetakan coran untuk menumbuk seluruh permukaan sampai merata.

5.3.5 Analisis 5W+1H

Pada 5W+1H (*what*, *why*, *where*, *when*, *who*, *how*) dilakukan analisa terkait rencana perbaikan *defect misrun.* Rencana perbaikan tersebut diuraikan berdasarkan penjelasan *what, why, where, when, who,* dan *how*. Pada tahapan *what* dilakukan untuk mendefinisikan tujuan perbaikan, tahapan *why* dilakukan untuk mendefinisikan sebuah alasan terjadinya permasalahan, tahapan *where* dilakukan untuk mendefinsikan area atau tempat dilakukannya perbaikan, tahapan *when* dilakukan untuk mendefinisikan kapan pelaksanaan perbaikan oleh pelaksana perbaikan, tahapan *who* dilakukan untuk mendefinisikan penanggung jawab atau pelaksana dari perbaikan yang dilakukan, terkahir tahapan *how* dilakukan untuk pendefinisian rencana perbaikan sesuai dengan tujuan yang dicapai. Analisa 5W+1H dilaksanakan sesuai dengan faktor penyebab *defect misrun* dengan kategori "tinggi" yang dihasilkan pada tahapan FMEA. Hal ini terdapat tiga faktor penyebab yang akan diberikan rekomendasi perbaikan dengan analisa 5W+1H yaitu proses *pouring* terlalu lambat, proses *pouring* terlalu tinggi dan kesalahan pembuatan cetakan cor.

Pada faktor kegagalan *defect misrun* pertama yaitu proses *pouring* terlalu lambat bertujuan untuk memperbaiki metode *pouring* karyawan agar lebih cepat dan kontinyu untuk mencegah penurunan suhu logam cair agar tidak terjadi *defect misrun*. Rekomendasi dilaksankaan pada area pengecoran untuk secepatnya dilakukan saat produksi *pulley* berlangsung. Hal ini diakibatkan oleh kurangnya keterampilan operator, operator kurang konsentrasi, kurang pengawasan dan teguran oleh supervisor, dan penempatan tanur terlalu jauh pada cetakan pasir cor.

Pada faktor kegagalan *defect misrun* kedua yaitu proses *pouring* terlalu tinggi bertujuan untuk memperbaiki metode *pouring* karyawan agar sedekat mungkin dengan lubang cetakan cor untuk mencegah dinding pasir cetak erosi agar tidak terjadi *defect misrun*. Rekomendasi dilaksankaan pada area pengecoran untuk secepatnya dilakukan saat produksi *pulley* berlangsung. Hal ini diakibatkan oleh kurangnya keterampilan operator, operator kurang konsentrasi, kurang pengawasan dan teguran oleh supervisor, dan tidak menggunakan *pouring basing*. Terkait hal tersebut dilakukan beberapa perbaikan yaitu sosialisai dan implementasi SOP

proses *pouring* yang benar untuk meningkatkan keterampilan operator, penambahan kipas angin dan pengawasan supervisor dalam implementasi SOP *pouring* untuk meningkatkan konsentrasi operator, lakukan pengawasaan oleh supervisor selama proses *pouring* berlangsung untuk meningkatkan pengawasan proses produksi *pulley*, dan penggunaan *pouring basing* sebagai penggunaan penambahan alat untuk produksi *pulley*.

Pada faktor kegagalan *defect misrun* ketiga yaitu kesalahan pembuatan cetakan cor bertujuan untuk menghasilkan permukaan cetakan cor padat dan rata untuk menghasilkan permukaan cetakan cor yang padat dan rata agar tidak terjadi *defect misrun*. Rekomendasi dilaksankaan pada area pengecoran untuk secepatnya dilakukan saat produksi *pulley* berlangsung. Hal ini diakibatkan oleh kurangnya keterampilan operator, operator kurang konsentrasi, dan kurang pengawasan dan teguran oleh supervisor. Terkait hal tersebut dilakukan beberapa perbaikan yaitu sosialisai dan implementasi SOP proses pembuatan cetakan cor yang benar untuk meningkatkan keterampilan operator, penambahan kipas angin dan pengawasan supervisor dalam implementasi SOP proses pembuatan cetakan cor untuk meningkatkan konsentrasi operator, dan lakukan pengawasaan oleh supervisor secara berkala untuk setiap area cetakan cor untuk meningkatkan pengawasan proses produksi *pulley*.

5.4 *Improve*

Tahapan keempat pada DMAIC merupakan *improve* untuk memberikan rencana perbaikan pada proses produksi untuk meminimalisir *defect* produk *pulley*. Hasil rencana perbaikan untuk meminimalisir *defect misrun pulley* pada CV. Mitra Karya Utama dengan memberikan rekomendasi SOP berdasarkan analisa FMEA dan 5W+1H. Rekomendasi perbaikan ini ditujukan pada faktor metode yang ditarapkan oleh operator pada proses pengecoran, SOP tersebut dilakukan pada proses *pouring* dan pembuatan cetak coran. SOP yang diimplementasikan berdasarkan analisa potensi kecelakaan kerja pada *Job Safety Analysi* (JSA). SOP ini menjadi pemahaman wajib yang diterapkan selama proses produksi *pulley* berlangsung. Selain itu penerapan SOP dilakukan bersamaan dengan rekomendasi perbaikan

penggunaan alat pada saat pengecoran seperti penambahan kipas angin, relokasi penempatan *tanur* dan penambahan penggunaan alat *pouring basin*.

5.5 *Control*

Tahapan kelima pada DMAIC merupakan *controlling* untuk pengendalian atas kinerja perbaikan. Pengendalian ini dengan penerapan *checksheet* oleh *supervisor* pada area pengecoran. Hal dilakukan untuk memastikan penerapan rekomendasi dapat diterapkan dengan maksimal dan konsisten.

BAB VI
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil pembahasan sebelumnya berikut merupakan kesimpulan untuk menjawab tujuan penelitian:

1. Pada tahapan *define* diketahui permasalahan yang ditemukan pada proses produksi *pulley*. Berdasarkan observasi area produksi dan identifikasi *Value Stream Mapping* (VSM) serta *Process Activity Mapping* (PAM) terdapat *7 waste* yang terjadi pada proses produksi *pulley*. Pemborosan tersebut diantaranya *transportation, waiting, overproduction, defect, inventory, motion* dan *excess processing.* Dilakukan pengolahan menggunakan metode *Waste Assesment Model* (WAM) untuk mengetahui *waste* paling berpengaruh terhadap terjadinya *7 waste* sebagai *waste* prioritas untuk diminimalisir. Berdasarkan perhitungan WAM *waste defect* merupakan *waste* paling berpengaruh berdasarkan hasil persentase *waste* paling besar yaitu 19,29 % dalam mempengaruhi meupun dipengaruhi dari jenis *waste* lainnya.
2. Pada tahapan *measure* diketahui nilai pengukuran *defect* produk *pulley* sebagai dasar pengembangan kualitas produk *pulley*. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan *sample* sebanyak 8 kali dengan jumlah *sample* setiap pengambilan yang berbeda, didapati proporsi *defect* sebesar 0,194 berdasarkan total 61 produk *defect* dari 315 *pulley* yang diamati. Untuk nilai rata-rata DPMO senilai 47887,9172 dengan nilai rata-rata *level sigma* sebesar 3,198. Hal ini menunjukaan proses masih perlu diperbaiki dan ditingkatkan secara terus meneurs agar dapat memperoleh nilai DPMO yang lebih rendah serta nilai *level sigma* yang lebih tinggi.
3. Pada produksi *pulley* terdapat 4 jenis *defect* atau *Critical to Quality* (CTQ) sebagai kriteria standar kualitas produk. Jenis *defect* tersebut berdasarkan temuan hasil pengambilan *sample* yaitu *misrun*, permukaan kasar, *shrinkage*, dan *gas hole*. Berdasarkan hasil diagram pareto bahwa penyebab *defect* paling dominan yaitu *misrun* dengan jumlah *defect* sebanyak 26 dengan proporsi *defect* sebesar 42,62%. Jenis *defect misrun* tersebutlah yang akan dianalisa

untuk menentukan rekomendasi perbaikan. *Misrun* merupakan pembekuan secara *premature* atau cetakan tidak terisi penuh yang membuat cairan membeku sebelum logam cair mengisi penuh dalam cetak coran.

4. Analisa penyebab terjadinya *defect misrun* diuraikan pada faktor *material, machine, man, method* dan *environment*. Berdasarkan analisa metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) didapati terdapat tiga penyebab kegagalan utama yang memiliki skor kategri RPN yang "tinggi" untuk dilakukan perbaikaan saat ini atau dengan segara. Hal tersebut merupakan proses *pouring* terlalu lambat dengan nilai RPN 294, proses *pouring* terlalu tinggi dengan nilai RPN 210, dan kesalahan pembuatan cetakan cor dengan nilai RPN 210. Ketiga kegagalan tersebut termasuk pada aspek kesalahan metode proses produksi *pulley* yang dilakukan oleh operator pengecoran.
5. Berdasarkan metode 5W+1H dan tahapan *controlling* terkait rencana rekomendasi perbaikan faktor penyebab proses *pouring* terlalu lambat, proses *pouring* terlalu tinggi dan kesalahan pembuatan cetakan cor didapati beberapa perbaikan sebagai berikut.
    1. Penerapan *checksheet supervisor* sebagai tahap *control*.
    2. Sosialisai, pengawasan, dan implementasi SOP proses *pouring* dan pembuatan cetakan cor yang benar oleh supervisor untuk meningkatkan keterampilan dan konsentrasi operator.
    3. Penambahan kipas angin untuk meningkatkan konsentrasi operator.
    4. Relokasi penampatan *tanur* untuk lebih dekat pada area proses *pouring* supaya *material handling* proses *pouring* lebih dekat dalam mencegah turun nya suhu logam cair.
    5. Penambahan penggunaan alat *pouring basing* untuk menjaga tekanan logam cair pada saat proses *pouring*

6.2 Saran

Berdasarkan analisis hasil pembahasan sebelumnya berikut merupakan saran yang ditujukan bagi perusahaan maupun bagi peneliti selanjutnya:

1. Perusahaan perlu merlakukan perbaikan berdasarkan hasil rekomendasi SOP yang sudah ditentukan. Penerapan SOP tersebut juga harus bersamaan

dilakukan evaluasi secara berkelanjutan dan proses *controlling* secara terus menerus untuk meningkatkan perbaikan produksi *pulley*.

2. Perusahaan perlu memberikan pemahaman terhadap seluruh pekerja terkait peningkatan kualitas produk sehingga pekerja dapat menghasilkan produk yang berkualitas.
3. Peneliti selanjutnya diharapkan dapat menganalisis lebih mendalam terkait seluruh jenis *waste* pada produk *pulley* serta melibatkan perencanaan produksi terkait biaya dan penggunaan bahan baku untuk dapat mengetahui kerugian akibat *waste* yang terjadi pada produksi *pulley*.
4. Peneliti selanjutnya diharapkan dapat melibatkan adanya *variable cost* dalam menyelesaikan beberapa jenis *waste* lainnya yang ada pada area produksi CV. Mitra Karya Utama.

DAFTAR PUSTAKA

Lestari, K., & Susandi, D. (2019). Penerapan Lean Manufacturing untuk mengidentifikasi *waste* pada proses. *jurnal.polban.ac.id*, 1-9.

Aflah, H. N., Prasetyaningsih, E., & Muhammad, C. R. (2018). Pengurangan *Waste* Dengan Pendekatan Lean Manufacturing Untuk Memperbaiki Lead Time. *Seminar dan Konfrensi Nasional IDEC*.

Andersson, R., Eriksson, H., & Tortensson, H. (2006). Similarities and differences between TQM six sigma and lean. *The TQM Magazine, Vol.18*, 282-296.

Anugrah, N. R., Fitria, L., & Desrianty, A. (2015). Usulan Perbaikan Kualitas Produk Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di Pabrik Roti Bariton. *Reka Integra. pp*, 146-157.

Ariani, D. W. (2002). *Manajemen Kualitas Pendekatan Sisi Kualitatif.* Jakarta: Depdiknas.

Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik.* Rineka Cipta.

Arnheither, E. D., & Maleyeff, J. (2005). The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine, Vol. 17*, 1.

Barry, Render, & Heizer. (2001). *Prinsip-prinsip Manajemen Operasi : Operations Management.* Jakarta: Salemba Empat.

Blanchard, B. S. (2004). *Logistics Engineering and Management 6 Edition.* New Jersey: Pearson Prentice-Hall.

Bristia, U., & Al-Mamunb, M. (2019). Productivity Improvement of Cutting and Sewing Section by Implementation of Value Steam Method in a Garments Industry. *ASRJETS Volume 54, No 1*, 185-202.

Crosby, P. B. (1979). *Quality is free : The Art of Making Quality Certain.* New York: New American Library.

Daneshgari, P., & Wilson, M. (2008). *Lean Operation in Wholesale Distribution.* Washington DC: NAW Institute for Distribution Excellence.

Daonil, D. (2021). Implementasi Lean Manufacturing Untuk Eliminasi *Waste* Pada Lini Produksi Machining Cast Wheel Dengan Menggunakan Metode WAM dan VALSAT. *Repository Industri*.

Evans, & Lindsay. (2007). *An Introduction To Six Sigma and Process Improvement.* Jakarta: Salemba Empat.

Febriana, T. H., & Hasbullah, H. (2021). Analysis and Defect Improvement Using FTA, FMEA, and MLR Through DMAIC Phase: Case Study in Mixing Process Tire Manufacturing Industry. *Journal Européen des Systèmes Automatisé*, 721-731.

Gaspersz, V. (2005). *Total Quality Management.* Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Gasperz. (2007). *Lean Six Sigma for Mnaufacturing and Service Industries.* Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.

George, M. L. (2003). *Lean Six Sigma for Services.* New York: McGraw-Hill.

Hairiyah, N., Amalia, R. R., & Nugroho, I. K. (2020). PENERAPAN SIX SIGMA DAN KAIZEN UNTUK MEMPERBAIKI KUALITAS ROTI DI UD CJ BAKERY. *Teknologi & Industri Hasil Pertanian Vol. 25 No. 1*.

Hajriyani, N. L., Harisudin, M., & Khomah, I. (2018). Pengendalian Kualitas Produk Madu di PT. Madu Pramuka, Gringsing, Batang, Jawa Tengah Dengan Metode Statistical Quality Control (SQC). *AGRISTA : Vol.6 No. 3*.

Harahap, B., Parinduri, L., & Fitria, A. A. (2018). Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Six Sigma (Studi Kasus: PT. Growth Sumatra Industri). *Buletin Utama Teknik Vol. 13, No. 3*.

Heizer, J., & Render, B. (2011). *Operations Management (ManajemenOperasi).* Jakarta: Salemba Empat.

Hines, P., & Rich, N. (1997). The Seven *Value Stream Mapping* Tools. *Lean Enterprise Research Centre*.

Kulsum, K., Rahman, R. F., & Febianti, E. (2021). Identification and proposed strategy for minimizing defects using the lean six sigma method in the pallet production process. *JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI*, 89-94.

Kumar, D. V., Mohan, G. M., & Mohanasundarm, K. (2019). Lean Tool Implementation in the Garment Industry. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 19-23.

Lee, Y.-C., & Chen, J.-K. (2009). An application of six sigma methodology to enhance leisure service quality. *Qual Quant, Vol. 2*, 25-36.

Majori, A. (2017). Upaya Meminimasi *Waste* Pada Lini Produksi Body Saxophone As23 Dengan Menggunakan Pendekatan Lean Production. Studi Kasus: PT. XYZ (Doctoral dissertation, University of Muhammadiyah Malang. *UMM Institutional Reposity*, 1-29.

Masykur, R. S., & Oktora, A. (2021). Quality Improvement on Optical Fiber Coloring Process using Fault Tree Analysis and Failure Mode and Effect Analysis. *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology (IJERAT)*, 6-12.

Matson, E. L., & Stauffer, L. A. (2009). Developing an Assessment Tool for Two Organizations Using Six Sigma Principles. *Engineering Management Journal, Vol.21(4)*, 7-15.

Mirghafouri, S. H., Ardakani, F. A., & Azizi, F. (2014). Developing a Method for Risk Analysis in Tile and Ceramic Industry Using Failure Mode and Effects Analysis by Data Envelopment Analysis. *Irian Journal of Management Studies (IJMS)*, 329-349.

Muhazir, A., Sinaga, Z., & Yusanto, A. A. (2020). Analisis Penurunan Defect Pada Proses Manufaktur Komponen Kendaraan Bermotor Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA). *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 66-77.

Mulyana, I. J., Hartoyo, S. S., & Sianto, M. E. (2022). Defect Analysis of Printing Process in Offset Printing Industry by Using Failure Mode Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA). *Journal of Integrated System (JIS)*, 143-155.

Nicholas, J. (2010). *Lean Production for Competitive Advantage: A Comprehensive Guide to Lean Methodologies and Management Practices.* New York: Productivity Press.

Nugraha, E., & Sari, R. M. (2019). Analisis Defect dengan Metode Fault Tree Analysis dan Failure Mode Effect Analysis. *Saintifik Manajemen dan Akuntansi*, 62-72.

Ostadi, B., & Masouleh, M. S. (2019). Application of FEMA and RPN techniques for man-machine analysis in Tobacco Company. *Cogent Engineering*.

Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma Way.* United States of America: McGraw-Hill.

Pertiwi, J. A., Setyanto, N. W., & Tantrika, C. F. (2015). Pendekatan Lean Six Sigma Guna Mengurangi *Waste* Pada Proses Produksi Genteng dan Paving : Study Kasus PT. MALANG INDAH. Malang. *Universitas Brawijaya Malang*.

Piątkowski, J., & Kamińsk, P. (2017). Risk Assessment of Defect Occurrences in Engine Piston Castings by FMEA Method. *Foundry Engineering. ISSN: 2299-2944, pp*, 107-110.

Prawirosentono, S. (2007). *Filosofi Baru Tentang Manajemen Mutu Terpadu, Total Quality Management Abad 21 Studi kasus dan Analisis kiat Membangun Bisnis Kompetitif bernuansa"Market Leader".* Jakarta: Bumi Aksara.

Rawabdeh, I. A. (2005). A Model for the Assessment of *Waste* in Job Shop Environments. *International Journal of Operations & Production Management*, 800-822.

Robecca, J., Anthara, I. M., Silaban, M., & Situmorang, M. R. (2020). Product Quality Improvement by Using the *Waste Assessment Model* and Kipling Method. *IOP*.

Romadhani, F., Mahbubah, *. A., & Kurniawan, M. D. (2021). Implementasi Metode Lean Six Sigma Guna Mengeliminasi Defect Proses Produksi Purified Gypsum Di PT AAA. *RADIAL*, 89-103.

Ruffa, S. A. (2008). *Going Lean : How The Best Companies Apply Lean Manufacturing Principles toshatter uncertainty, drive innovation, and maximize profits.* Amerika: Graphic Composition.

Septiana, B., & Purwanggono, B. (2018). Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Failure Mode Error Analysis (FMEA) Pada Divisi Sewingpt Pisma Garment Indo. *Industrial Engineering Online Journal, vol. 7, no. 3*.

Suhardi, B., K.S, M. H., & Jauhari, W. A. (2020). Implementation of *Value Stream Mapping* to Reduce *Waste* in a Textile Products Industry. *Cogent Engineering* .

Tjiptono, F., & Diana, A. (2003). *Total Quality Management.* Yogyakarta: Penerbit Andi.

W.P, S. N., Pudjotomo, D., & Tifani, T. K. (2011). Analisa Penyebab Penurunan Daya Saing Produk Susu Sapi Dalam Negeri Terhadap Susu Sapi Impor Pada Industri Pengolahan Susu (IPS) Dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Barrier Analysis. *Vol. VI No. 2. J@TI UNDIP*.

Wessiani, N. A., & Sarwoko, S. O. (2015). Risk analysis of poultry feed production using fuzzy FMEA. *Procedia Manufacturing 4*, 270 – 281.

Widyarto, W. O., Yuslistyari, E. I., & Ekayani, L. L. (2020). The Analysis of *Waste* in Paving Production Process by Using Lean Six Sigma Method. *Atlantis Press*.

Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing.* United States of Amercia: McGraw-Hill.

Yohanes, A., & Ekoanindiyo, F. A. (2021). Analisis Perbaikan untuk Mengurangi Defect pada Produk Pelindung Tangan dengan Pendekatan Lean Six Sigma. *Sains dan Teknologi Keilmuan Aplikasi Teknologi Industri*, 127-140.

LAMPIRAN

A- Kuesioner *Value Stream Analysisis Tool* (VALSAT)

Value Stream Mapping Analysis Tool (VALSAT)

No	*Waste*	Keterangan	Poin (1-5)
1	(*Overproduction*) Apakah dalam proses produksi *pulley*terjadi jumlah produksi melebihi pesanan dan menambah *inventory* serta kebutuhan bahan baku?	1 = tidak terjadi *over production*	2
		2 = *over production* memakan tempat (*space utilization*) tapi belum mengganggu *flow proces*	
		3 = *over production* mulai menimbulkan *inventory* yang memakan tempat yang mengganggu *flow process* dan meningkatkan *inventory cos*	
		4 = *over production* memakan terlalu banyajk bahan baku yang mengakibatkan terganggunya *flow process* produksi berikutnya	
		5 = *over production* menimbulkan kerusakan barang akibat barang terlalu lama di gudang penyimpanan	
2	(*Defect*) Adakah kesalahan proses produksi *pulley* yang menghasilkan kecacatan produk?	0 = tidak terjadi *defect*	5
		1 = *defect* terjadi di *own process step* yang mengakibatkan *minor rework*	
		2 = *defect* terjadi di *next process step* yang mengakibatkan *minor delay*	
		3 = *defect* terjadi di *later process step* yang membutuhkan *rework* atau berpotensi menimbulkan *reschedule*	
		4 = *defect* terjadi saat sebelum sampai ke *custumer* atau *defect* yang membutuhkan *significant rework*, mengakibatkan keterlambatan pengiriman dan membutuhkan *additional inspection*	

B- Kuesioner *Waste Assessment Model* (WAM)

Pertanyaan 6: Sebesar apa dampak *waste 1* terhadap *waste 2* akan meningkatkan *leadtime*?

(4) Sangat tinggi, (2) Sedang, dan (0) Rendah

Pertanyaan	Jawaban		
	Sangat tinggi	Sedang	Rendah
Overproduction_Defect			✓
Overproduction_Waiting	✓		
Overproduction_Transportation	✓		
Overproduction_Inventory	✓		
Overproduction_Motion		✓	
Inventory_Defect	✓		
Inventory_Overproduction	✓		
Inventory_Transportation		✓	
Inventory_Motion		✓	
Defect_Overproduction	✓		
Defect_Waiting	✓		
Defect_Transportation	✓		
Defect_Inventory	✓		
Defect_Motion	✓		
Motion_Defect		✓	
Motion_Waiting		✓	
Motion_Inventory			✓
Motion_Excessprocessing	✓		
Transportation_Defect	✓		
Transportation_Overproduction		✓	
Transportation_Waiting	✓		
Transportation_Inventory		✓	
Transportation_Motion	✓		
Excessprocessing_Overproduction		✓	
Excessprocessing_Waiting		✓	
Excessprocessing_Inventory			✓
Excessprocessing_Motion		✓	
Excessprocessing_Defect		✓	
Waiting_Defect		✓	
Waiting_Overproduction			✓
Waiting_Inventory		✓	

Kuesioner *Waste Assessment Quistionnaire* (WAQ)

Pertanyaan	Jawaban
MAN	
Apakah pihak manajemen sering melakukan pemindahan operator untuk semua pekerjaan (mesin) sehingga suatu jenis pekerjaan bisa dilakukan oleh semua operator?	0,5
Apakah dilakukan penetapan standar untuk jumlah waktu dan kualitas produk yang ditargetkan dalam produksi?	1
Apakah pengawasan untuk pekerja dalam proses produksi sudah cukup?	0,5
Apakah ada langkah positif untuk meningkatkan semangat kerja dalam proses produksi?	0,5
Apakah ada pelatihan baru untuk pegawai baru?	0
Apakah pekerja memiliki rasa tanggung jawab terhadap pekerjaannya?	1
Apakah perlindungan keselamatan kerja sudah dimanfaatkan di area kerja?	0,5
MATERIAL	
Apakah telah dilakukan pengecekan jadwal untuk ketersediaan bahan baku sebelum melakukan proses produksi?	0,5
Apakah telah dilakukan pengecekan jadwal untuk ketersediaan bahan bakusebelum melakukan proses produksi?	1
Apakah part diterima dalam satu muatan?	0
Apakah perencanaan produksi memberikan informasi yang cukup kepada tenaga kerja Part Control (PC) mengenai aktivitas penyimpanan barang?	0,5
Apakah tenaga kerja Part Control (PC) diingatkan sebelum dilakukan perubahan penyimpanan (*inventory*) yang direncanakan?	0
Apakah terdapat akumulasi material berlebihan yang menunggu dikerjakan ulang?	0

Pertanyaan	Jawaban
Apakah terdapat material yang tidak penting disekitar tumpukan material bahan baku?	Ocs
Apakah tenaga kerja produksi berdiri disekitar area produksi menunggu kedatangan bahan baku/material?	1
Apakah bahan/material dipandahkan lebih sering daripada yang dibutuhkan?	0
Apakah bahan baku sering rusak saat aktivitas transportasi?	0
Apakah Work In Process (WIP) area dikacaukan dengan part dan material yang digunakan atau dipindahkan untuk proses berikutnya?	0
Apakah material yang dibongkar muat secara mekanik harus ditangani secara manual?	1
Apakah terdapat wadah yang digunakan sebelum pengemasan untuk mempermudah perhitungan jumlah dan penanganan bahan (material handling)?	0
Apakah bahan baku/material yang identik disimpan pada satu lokasi untuk meminimasi waktu pencarian dalam penanganan persediaan?	1
Apakah tersedia wadah besar yang mudah dibawa untuk menghindari perulangan penanganan (handling) dengan wadah kecil?	0
Apakah bahan baku diuji untuk mengetahui kesesuaian terhadap spesifikasi ketika diterima?	0
Apakah bahan baku/ material dengan tepat diidentifikasi melalui nomor part?	0
Apakah dilakukan penyimpanan barang yang masih dalam proses Work In Process (WIP) untuk diproses kemudian?	1
Apakah dilakukan pemesanan dan penyimpanan rawmaterial untuk persediaan, meskipun tidak dibutuhkan dengan segera?	1
Apakah dilakukan kelonggaran rute aliran Work In Process (WIP)?	1

Pertanyaan	Jawaban
Apakah dilakukan pengerjaan ulang untuk produk yang tidak sesuai?	1
Apakah bahan baku tiba tepat waktu disaat dibutuhkan?	0,5
Apakah terdapat tumpukan barang di gudang yang tidak memiliki customer yang dijadwalkan?	1
Apakah bahan/material disimpan dengan baik?	1
MACHINE	
Apakah pengujian terhadap efisiensi mesin dan pengujian standar spesifikasi produk sudah dilakukan secara periodik?	0,5
Apakah beban kerja untuk tiap mesin dapat diprediksi dengan jelas?	0
Apakah dilakukan pemeriksaan terhadap mesin yang telah dipasang dengan melihat kesesuaian kinerja dengan spesifikasinya?	0,5
Apakah kapasitas peralatan penanganan bahan (material handling) cukup untuk menampung beban yang paling berat?	1
Jika peralatan material handling digunakan, apakah jumlah bahan yang dibawa sudah cukup?	1
Apakah terdapat kebijakan produksi untuk memproduksi produk yang berlebih dalam rangka mencapai pemanfaatan mesin?	0
Apakah mesin sering berhenti karena kerusakan mesin?	0
Apakah peralatan yang dibutuhkan sudah tersedia dan cukup untuk setiap proses?	1
Apakah peralatan penanganan bahan (material handling) membahayakan terhadap part yang dibawa?	0
Apakah pada proses produksi berlangsung waktu setup lama dan menyebabkan penundaan terhadap aliran proses?	0
Apakah terdapat perkakas yang tidak terpakai/rusak namun masih tersedia ditempat kerja?	0,5

Pertanyaan	Jawaban
Apakah dilakukan pertimbangan untuk meminimasi frekuensi dari set up dengan penyesuaian penjadwalan dan desain?	0,5
METHOD	
Apakah area stok tersedia untuk menghindari kemacetan lalu lintas produksi?	0,5
Apakah ada sistem penomoran pada pengambilan material yang memudahkan dalam pencarian dan penyimpanan?	0,5
Apakah ruang penyimpanan digunakan secara efektif untuk penyimpanan dengan bantuan forklift dan rak?	0,5
Apakah gudang dibagi menjadi dua area, area aktif untuk order yang paling sering dan stok cadangan untuk orderan lainnya?	0
Apakah ada penerapan quality control di dalam proses produksi yang selalu diterapkan?	1
Apakah jadwal produksi dikomunikasikan antar departemen, sehingga jadwal dipahami secara luas?	0,5
Apakah telah dilakukan standar produksi untuk memudahkan loading mesin?	0,5
Apakah ada penerapan quality control di dalam proses produksi yang selalu diterapkan?	1
Apakah pekerjaan dan operasi memiliki waktu standar yang dihitung sesuai ilmu keteknikan?	0,5
Jika suatu penundaan (*delay*) ditentukan, apakah penundaan tersebut dikomunikasikan ke semua departemen produksi?	0,5
Apakah kebutuhan untuk part yang umum dijadwalakan sehingga tidak ada pengulangan setup yang tidak semestinya untuk produksi item yang sama?	0,5
Apakah ada suatu kemungkinan mengkombinasikan langkah tertentu untuk membentuk suatu langkah tunggal?	1
Apakah ada prosedur untuk inspeksi produk yang dihasilkan?	0,5

Pertanyaan	Jawaban
Apakah arsip *inventory* digunakan untuk perhitungan pembelian material dan menjadwalkan produksi?	1
Apakah lorong lorong ruang produksi selalu dibersihkan dan dirapikan dengan baik?	0,5
Apakah area penyimpanan diberi tanda pada bagian-bagian tertentu?	0,5
Apakah luas lorong produksi cukup untuk pergerakan bebas peralatan?	1
Apakah area gudang digunakan untuk menyimpan material yang seharusnya tidak disimpan?	0
Apakah ada jadwal tetap untuk membersihkan pabrik?	0
Apakah aliran produksi dilakukan dengan satu arah?	0,5
Apakah ada suatu kelompok yang berhubungan dengan desain, konstruksi komponen, drafting, dan bentuk lain dari standarisasi?	0
Apakah standar kerja mempunyai tujuan yang jelas dan spesifik?	0,5
Apakah ketidakseimbangan kerja dapat diprediksi?	0
Apakah prosedur kerja yang sudah ada mampu menghilangkan pekerjaan yang tidak perlu atau berlebihan?	0
Apakah hasil quality control, uji produk, dan evaluasi dilakukan dengan ilmu keteknikan?	0,5

C- Kuesioner *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Kuesioner *Failure mode and Effects Analysis* (FMEA)

Severity (S) merupakan menentukan seberapa serius dan bahaya suatu kondisi yang diakibatkan pada suatu komponen jika terjadi kegagalan sesuai yang disebutkan dalam *failure effect*. Berikut merupakan penentuan kategori berdasarkan nilai *severity*:

Rating	Kriteria
1	*The defect does not affect the quality* (Bentuk kegagalan tidak mempegaruhi kualitas) tidak menimbulkan dampak yang begitu berarti atau dapat diabaikan.
2	
3	*Very low and Low* (Kegagalan berpengaruh ringan). Menimbulkan dampak yang sangat kecil dan memerlukan biaya perbaikan yang rendah.
4	
5	*Transitory* (Kegagalan yang menimbulkan sedikit kesulitan).
6	*Avarage* (Kegagalan menyebabkan kualitas produk sedikit terpengaruh)
7	*Significant* (Kegagalan berdampak signifikan). Perlu adanya sedikit perbaikan produk atau sistem
8	*High* (Kegagalan yang terjadi memiliki dampak yang tinggi) Perbaikan yang dilakukan menggunakan biaya besar
9	*Very High* (Kegagalan yang terjadi mempengaruhi kelayakan dan kegunaan produk atau sistem)
10	*Product Rejection* (Kegagalan yang terjadi menyebabkan kerusakan total)

Occurance (O) pemeringkatan seberapa sering penyebab kegagalan spesifik dari suatu sistem tersebut terjadi. Metode yang terbaik untuk menetukan rating occurence adalah menggunakan data aktual yang ada, jika data aktual tidak ada, tim harus memperkirakan seberapa sering suatu *failure mode* terjadi. Berikut merupakan penentuan kategori berdasarkan nilai *occurance*:

Rating	Probabilitas Kegagalan	No. dari Kegagalan
1	Tidak mungkin terjadinya kegagalan	<1 per 1.000.000
2		1 per 100.000
3	Kegagalan sangat jarang terjadi	1 per 50.000
4		1 per 10.000
5	Kegagalan hanya terjadi sesekali	1 per 5000
6		1 per 1000
7	Kegagalan terjadi secara berulang diarea yang sama	1 per 600
8		1 per 400
9	Kegagalan selalu berulang	1 per 100
10		1 per 10

Detection (D) menunjukkan tingkat kemungkinan lolosnya penyebab kegagalan dari kontrol yang sudah dipasang. Berikut merupakan penentuan kategori berdasarkan nilai *detection:*

Rating	Kategori	Tingkat Mendeteksi
1 2	Sangat Tinggi	Sangat besar kemungkinan untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
3 4	Tinggi	Besar kemungkinan untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
5 6	Sedang	Sedang kemungkinan untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
7 8	Rendah	Kecil, kemungkinan untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak
9 10	Sangat Rendah	Mustahil, kemungkinan untuk mendeteksi penyebab yang berpotensi merusak

Potential Failure Mode	*Cause of Failure*	*Current Control*	*Rating*			
			S	O	D	RPN
Human error	Operator tidak konsentrasi	Menambah SDM supervisor untuk pengawasan area produksi	7	5	4	140
	Kurang sosialisasi dan pelatihan kerja	Memberikan sosialisasi atau pelatihan pada pekerja untuk setiap variasi (cetakan cor) pesanan baru sesuai dengan SOP	7	3	4	84
Informasi *temperature* mesin *furnance error*	Kurang perawatan mesin secara berkala	Melakukan perawatan rutin secara terjadwal	5	2	4	40
Kesalahan pengecoran	Proses *pouring* terlalu lambat	Memberikan SOP *pouring* yang benar dan pengawasan pada saat proses *pouring* untuk lebih cepat dan konstan	7	7	6	294
	Proses *pouring* terlalu tinggi	Memberikan SOP *pouring* yang benar dan pengawasan pada saat proses *pouring* untuk sedekat mungkin serta penambahan alat *pouring basing*.	7	5	6	210
	Kesalahan pembuatan cetakan cor	Memberikan SOP pembuatan cetakan coran yang benar dan pengawasan pada saat	7	5	6	210

Potential Failure Mode	*Cause of Failure*	*Current Control*	*Rating*			
			S	O	D	RPN
		pembuatan cetakan coran untuk menumbuk seluruh permukaan sampai merata	7	2	7	98
Pasir cor terlalu kering	Kurangnya kualitas pasir cor	Memastikan operator memberikan air yang cukup pada pasir cetak	3	2	2	12
Area kerja tidak nyaman	Suhu panas	Menambah kipas angin	3	2	2	12
	Area kerja tidak rapi	Menerapkan 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*) pada area produksi	3	2	2	12
	Material handling proses *pouring* terlalu jauh	Memperpanjang jalur *crane*	6	4	2	48

D- Dokumentasi Kegiatan Penelitian



