

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS MENGGUNAKAN INTEGRASI SIX
SIGMA DAN THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING (TRIZ) PADA
PRODUKSI MANHOLE
(STUDI KASUS: PT. MEGA JAYA LOGAM)**

TUGAS AKHIR

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



Nama : Zalfa Alya Firdaus

No. Mahasiswa : 19522030

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

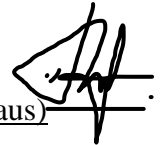
2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui 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, 02 – 07 - 2023

(Zalfa Alya Firdaus)
19522030



SURAT BUKTI PENELITIAN



SURAT KETERANGAN PENELITIAN MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Asri Purwani
Perusahaan : PT.Mega Jaya Logam
Jabatan : Direktur Utama
• Alamat : Bakalan baru RT02/RW02 Ceper – Klaten

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Zalfa Alya Firdaus
NIM : 19522030
Progdi : Teknik Industri
Universitas : Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Adalah benar telah melakukan penelitian pada tanggal 11 April s/d 09 Juni 2023
di PT. Mega Jaya Logam dalam rangka untuk meningkatkan pengetahuan dan pengalaman kerja.

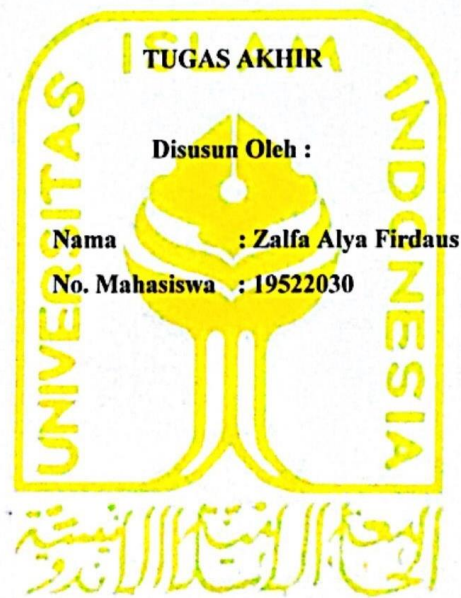
Klaten, 04 Juli 2023
PT. Mega Jaya Logam


Asri Purwani
Direktur Utama



LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS MENGGUNAKAN
INTEGRASI *SIX SIGMA* DAN *THEORY OF INVENTIVE PROBLEM
SOLVING (TRIZ)* PADA PRODUK *MANHOLE*
(STUDI KASUS: PT. MEGA JAYA LOGAM)**



Yogyakarta, 05 Juli 2023

Dosen Pembimbing

(Dr. Ir. Dwi Handayani, S.T., M.Sc., IPM.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS MENGGUNAKAN INTEGRASI SIX
SIGMA DAN THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING (TRIZ) PADA
PRODUK MANHOLE
(STUDI KASUS : PT MEGA JAYA LOGAM)**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Zalfa Alya Firdaus

No. Mahasiswa : 19 522 030

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, 26 Juli 2023

Tim Penguji

Dr. Ir. Dwi Handayani, S.T., M.Sc., IPM.


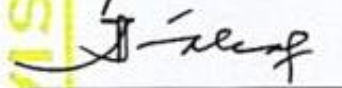
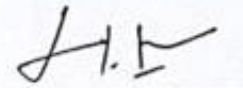
Ketua

Ir. Ali Parkhan., M.T.

Anggota I

Ir. Hartomo, M.Sc., Ph.D., IPU.

Anggota II

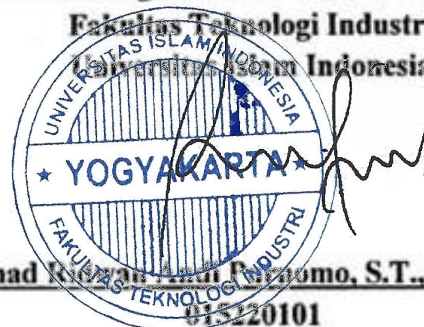




Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Ir. Muhammad Hartomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.

015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan rasa syukur, Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk: diri saya sendiri serta kedua orangtua saya, Ayah saya Muhtarul Anam dan Ibu saya Sri Daruwati Bintari yang selalu memberikan doa untuk saya dan memberikan nasihat serta dukungan kepada saya. Terima kasih atas segala doa yang diberikan untuk membantu saya dalam mencapai tujuan dan cita-cita. Semoga Allah SWT senantiasa melipat gandakan kebaikan yang diberikan selama ini. Serta tidak lupa saya mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Ir. Dwi Handayani, S.T., M.Sc., IPM. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak membimbing saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikanmu dengan sesuatu yang lebih lagi. Aamiin Ya Rabbal Alamin.

MOTTO

“Jangan biarkan kesulitanmu menguasaimu, percayalah bahwa malam yang gelap dan hari yang cerah akan datang. Karena sesungguhnya dengan kesulitan akan ada kemudahan.”

(Al-Insyirah: 5)

“Barang siapa yang menempuh suatu jalan untuk mencari ilmu, maka Allah memudahkan untuknya jalan menuju surga.”

(HR. Bukhari dan Muslim)

"Berlapang-lapanglah dalam majlis", maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan: "Berdirilah kamu", maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan."

(QS. Al-Mujadalah: 11)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis senantiasa dalam keadaan sehat dan dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Shalawat serta salam tidak lupa penulis panjatkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membimbing manusia keluar dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang.

Tugas Akhir merupakan salah satu prasyarat kelulusan untuk menyelesaikan program studi S-1, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Penulis mengharapkan dengan penulisan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Integrasi *Six Sigma* dan *Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)* Pada Produksi *Manhole*” dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri, pembaca, pihak Universitas Islam Indonesia terkhusus Program Studi Teknik Industri, maupun bagi PT. Mega Jaya Logam. Selama pelaksanaan penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, bimbingan serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof., Dr., Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M. Eng.Sc, selaku Kepala Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. 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.
4. Ibu Dr. Ir. Dwi Handayani, S.T., M.Sc., IPM. selaku dosen pembimbing Laporan Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan serta arahan, motivasi, dan ilmu yang telah beliau berikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Kedua orang tua saya, Bapak Muhtarul Anam dan Ibu Sri Daruwati Bintari yang tak hentinya selalu memberikan doa, semangat, memberi nasihat, membimbing, perhatian, kasih sayang, cinta, dukungan baik moril dan materil, memotivasi untuk saya hingga saat ini.
6. Ibu Asri Purwani dan Ibu Yashinta Dewi serta seluruh pihak PT. Mega Jaya yang telah memberikan kesempatan dan membantu penulis untuk melakukan penelitian Tugas Akhir
7. Sahabat saya Elinda, Minik, Fayola, Najla, Alma, Tegar yang selalu berjuang bersama, mendengarkan keluh kesah saya, memberikan motivasi, hiburan, dan dukungan dari semester 1 hingga sekarang.
8. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlimpah rahmat dan karunia atas segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, untuk itu penulis mohon kritik, saran dan masukan untuk penulisan yang lebih baik di masa yang akan datang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Aamiin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 07 Juli 2023



Zalfa Alya Firdaus

ABSTRAK

PT. Mega Jaya Logam merupakan industri yang beroperasi di bidang pengecoran logam yang berlokasi di Ceper. Produk yang diproduksi di antaranya *manhole cover*, *bollard* kapal, *pulley*, kursi, lampu taman, dan lainnya. Terdapat permasalahan pada perusahaan yaitu masih ditemukan produk *manhole* yang mengalami cacat pada setiap produksinya. Hal itu tentu berdampak pada kerugian perusahaan, dikarenakan perlu dilakukan *rework* untuk produk cacat sehingga membutuhkan waktu sekaligus biaya produksi lebih besar untuk *rework* tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk membantu perusahaan mengurangi risiko terjadinya cacat produk. Salah satunya menggunakan metode *Six Sigma* melalui tahapan *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control* serta menggunakan bantuan *tool* diagram pareto, *fishbone diagram*, FMEA, dan metode TRIZ. Berdasarkan wawancara produk yang memiliki persentase cacat paling tinggi dan paling banyak dipesan oleh *customer* adalah *manhole cover* sehingga fokus penelitian ini pada produk *manhole cover*. Pada proses produksinya ditemukan 5 jenis cacat, di mana jenis cacat keropos atau lubang-lubang memiliki persentase tertinggi yaitu sebesar 40,5%. Berdasarkan hasil data yang diolah, diperoleh nilai rata-rata DPMO sebesar 17766,37 dan rerata nilai sigma sebesar 3,66. Menurut identifikasi menggunakan *fishbone diagram* dan FMEA, diperoleh faktor dominan yang menjadi penyebab yaitu pada operator kurang teliti. Untuk usulan perbaikan yang diberikan menurut 40 *Inventive Principle* TRIZ yaitu dengan menerpakan sistem *morning briefing* sebelum memulai kerja secara rutin dan pembuatan SOP tertulis yang kemudian dilakukan pengawasan terhadap pelaksanaan SOP tersebut.

Kata Kunci: Pengendalian Kualitas, Produk Cacat, *Six Sigma*, DMAIC, FMEA, TRIZ

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kajian Literatur	7
2.2 Landasan Teori.....	14
2.2.1 Pengertian Kualitas.....	15
2.2.2 Pengertian Pengendalian Kualitas.....	15
2.2.3 Pengertian Six Sigma	16
2.2.4 Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)	22
2.2.5 Metode TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving)	26
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Objek Penelitian	34

3.2	Subjek Penelitian.....	34
3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	34
3.3.1	Jenis Data.....	34
3.3.2	Metode Pengumpulan Data.....	35
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		41
4.1	Pengumpulan Data.....	41
4.1.1	Profil Perusahaan.....	41
4.1.2	Hasil Produksi Perusahaan.....	41
4.1.3	Proses Produksi.....	42
4.1.4	Data Jumlah Produksi dan Produk Cacat.....	43
4.1.5	Data Jenis Cacat Produk.....	44
4.2	Pengolahan Data.....	45
4.2.1	Define.....	45
4.2.2	Measure.....	48
4.2.3	Analyze.....	52
4.2.4	Improve.....	62
4.2.5	Control.....	64
BAB V PEMBAHASAN.....		66
5.1	<i>Define</i>	66
5.2	<i>Measure</i>	67
5.2.1	Analisis nilai DPMO.....	67
5.2.2	Analisis nilai sigma.....	68
5.2.3	Analisis peta kendali.....	68
5.3	<i>Analyze</i>	69
5.3.1	Analisis Diagram Pareto.....	69
5.3.2	Analisis Fishbone Diagram.....	70
5.3.3	Analisis FMEA.....	72
5.4	<i>Improve</i>	74
5.5	<i>Control</i>	87
BAB VI PENUTUP.....		88
6.1	Kesimpulan.....	88
6.2	Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA.....		90
LAMPIRAN.....		A1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>State of The Art</i>	12
Tabel 2. 2 Nilai DPMO dan Level Sigma.....	19
Tabel 2. 3 Kriteria <i>Severity</i>	23
Tabel 2. 4 Kriteria <i>Occurrence</i>	24
Tabel 2. 5 Kriteria <i>Detection</i>	24
Tabel 2. 6 Kategori Risiko	25
Tabel 2. 7 39 Parameter Sistem TRIZ	26
Tabel 2. 8 <i>Inventive Principles</i> TRIZ	28
Tabel 3. 1 Subjek Penelitian	34
Tabel 4. 1 Jumlah Produksi dan Produk Cacat	44
Tabel 4. 2 Data jenis cacat produk <i>manhole</i> periode Oktober 2022 hingga Maret 2023	45
Tabel 4. 3 Persentase Jenis Cacat	48
Tabel 4. 4 Perhitungan nilai DPMO	49
Tabel 4. 5 Hasil Nilai Sigma.....	50
Tabel 4. 6 Perhitungan peta kendali.....	51
Tabel 4. 7 Persentase Jenis Cacat	52
Tabel 4. 8 Penjelasan Penyebab Cacat Keropos/Lubang-lubang	55
Tabel 4. 9 Perhitungan <i>Risk Priority Number</i> pada Cacat Keropos/Lubang-lubang.....	58
Tabel 4. 10 Parameter TRIZ	63
Tabel 4. 11 <i>Matrix Contradiction</i>	64
Tabel 5. 1 SOP Proses Pengecoran	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data jumlah produksi, jumlah lolos, dan jumlah cacat produk <i>manhole</i>	3
Gambar 1. 2 Persentase Kecacatan Produk <i>Manhole</i>	3
Gambar 2. 1 Siklus DMAIC	17
Gambar 2. 2 Pareto Diagram	21
Gambar 2. 3 <i>Fishbone Diagram</i>	22
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	36
Gambar 3. 2 Alur Penelitian 2	37
Gambar 4. 1 Diagram SIPOC	46
Gambar 4. 2 <i>Critical to Quality</i>	48
Gambar 4. 3 Grafik Nilai DPMO.....	49
Gambar 4. 4 Grafik Nilai Sigma	50
Gambar 4. 5 Peta Kendali P.....	51
Gambar 4. 6 Diagram Pareto Jenis Cacat	53
Gambar 4. 7 <i>Fishbone Diagram</i> Cacat Keropos/Lubang-lubang	54
Gambar 5. 1 <i>Risk Priority Number</i>	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

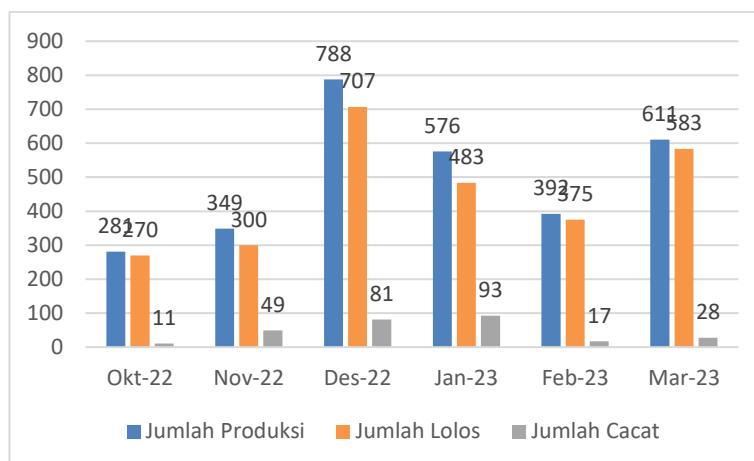
Kemajuan dunia industri di Indonesia saat ini semakin berkembang. Salah satu sektor industri yang berkembang yaitu industri manufaktur. Menurut Kemenperin (2020), sektor industri manufaktur berperan penting bagi perekonomian di Indonesia di mana sektor industri menyumbang kontribusi sebesar 19,8% bagi perekonomian Indonesia yang melebihi rata-rata industri dunia yaitu sebesar 16,5%. Sektor industri manufaktur menjadi pemimpin sektor di mana juga meningkatkan pembangunan sektor lainnya. Semakin majunya dunia perindustrian membuat semakin ketatnya persaingan antar perusahaan. Hal itu membuat perusahaan berlomba untuk dapat memberikan produk dengan kualitas terbaik dan sesuai kebutuhan konsumennya. Menurut Ernawati (2019) faktor utama yang menentukan konsumen dalam memilih produk adalah kualitas. Kualitas yang baik adalah kualitas yang sesuai dengan standar atau tanpa kecacatan serta sesuai dengan standar yang telah ditetapkan (Sari *et al.*, 2018). Kualitas yang baik akan berdampak pada keuntungan perusahaan dan memberikan kepercayaan pada konsumen. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian kualitas baik itu pada bahan baku ataupun pada proses produksinya untuk dapat memberikan produk dengan kualitas yang baik serta dapat bertahan ditengah persaingan pasar. Selain itu, dengan dilakukannya pengendalian kualitas serta memberikan kualitas yang terjamin, maka dapat meningkatkan kepuasan pelanggan.

Pengendalian kualitas yang dapat dilakukan oleh perusahaan salah satunya dengan mengurangi produk cacat yang dihasilkan dalam produksi. Produk cacat atau tidak sesuai dengan kriteria syarat yang telah ditentukan dapat memberikan dampak yang merugikan untuk perusahaan seperti pada berkurangnya kepercayaan yang diberikan oleh konsumen. Konsumen tentunya memiliki harapan terhadap barang atau produk yang dipesan di mana

dapat memenuhi kebutuhan dan keinginannya dengan kualitas yang baik sekaligus terjamin (Lestari & Junaidy, 2019). Semakin banyak produk yang cacat maka semakin banyak juga biaya yang dikeluarkan untuk memperbaiki produk tersebut. Selain itu, konsumen memerlukan waktu untuk menunggu waktu lagi guna proses perbaikan atau proses *rework* produk yang dipesan. Dengan mengurangi produk yang cacat pada produksi dapat mengurangi pemborosan yang dilakukan oleh perusahaan.

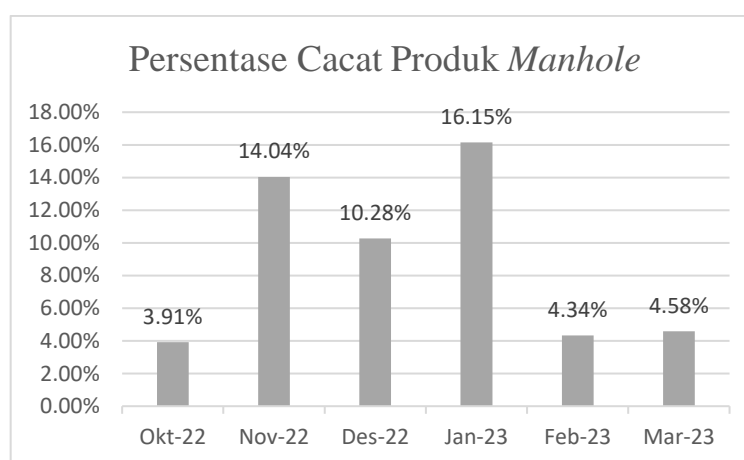
PT. Mega Jaya Logam merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang pengecoran logam dan permesinan. Di mana PT. Mega Jaya Logam ini merupakan salah satu industri dari sekian banyak perusahaan industri logam lainnya yang berada di Batur, Kecamatan Ceper, Klaten, Jawa Tengah. Sebanyak 137 Industri Kecil Menengah (IKM) di Kecamatan Ceper yang sudah tergabung dalam Koperasi Batur Jaya (Kemenperin, 2021). PT. Mega Jaya Logam telah lama menjadi *supplier* ke berbagai daerah/perusahaan besar daerah Sumatera dan Jawa dengan aneka produk yang dihasilkannya. Produk yang dihasilkan oleh PT. Mega Jaya Logam antara lain *stand bollard*, *bollard/bolder*, *manhole cover*, *pulley v belt*, kursi taman antik, tiang lampu taman dan *grill* tangkapan air. Oleh karena itu, tentu PT. Mega Jaya Logam terus berusaha mempertahankan kualitas produk yang dihasilkannya agar kepuasan pelanggan terjaga serta dapat bertahan di tengah persaingan industri pengecoran logam lain.

Dalam proses produksinya, PT. Mega Jaya Logam tidak terlepas dari berbagai permasalahan salah satunya masalah pada pengendalian kualitas, hal tersebut dikarenakan selalu ditemukan produk cacat pada produksi *manhole*. Perbandingan jumlah produksi, jumlah produk lolos, dan jumlah produk cacat ditampilkan pada Gambar 1.1 berdasarkan data historis perusahaan pada periode Oktober 2022 hingga Maret 2023.



Gambar 1. 1 Data jumlah produksi, jumlah lolos, dan jumlah cacat produk *manhole*

Pada Gambar 1.1 diperoleh bahwa produksi terbesar terdapat pada periode Desember yaitu sebesar 788 *pieces* dan produksi terendah ada pada periode Oktober 2022 sebesar 281 *pieces*. Selain itu masih didapati produk cacat yang terjadi pada tiap periodenya. Jumlah produk cacat terbesar terjadi pada periode Januari 2023 dengan jumlah 93 *pieces*. Pada jumlah produk cacat mengalami kenaikan dan penurunan pada tiap periodenya. Produk cacat atau *defect* yang dimaksud merupakan produk yang tidak lolos dalam pengecekan karena tidak sesuai dengan standar atau spesifikasi yang telah ditentukan perusahaan. Di bawah ini merupakan persentase produk cacat pada *manhole* yang ditampilkan pada Gambar 1.2 berdasarkan data historis perusahaan pada periode Oktober 2022 hingga Maret 2023.



Gambar 1. 2 Persentase Kecacatan Produk *Manhole*

Berdasarkan Gambar 1.2 diperoleh bahwa persentase cacat produk *manhole* terbesar terdapat pada periode Januari 2023 sebesar 16,15%. Berdasarkan hasil wawancara, perusahaan memiliki permasalahan dalam pengendalian kualitas karena selalu munculnya produk cacat pada setiap produksi pada salah satu produk yang memiliki permintaan tertinggi yaitu produk *manhole*. Hal tersebut membuat tertundanya waktu pengiriman produk setengah jadi ke bagian *finishing* karena harus melakukan *rework* untuk mencapai target produksi. Proses *rework* tersebut dapat merugikan perusahaan dikarenakan membutuhkan biaya lagi untuk proses produksi kembali pada produk cacat. Selain itu perusahaan membutuhkan waktu lagi dalam produksinya dan tentunya menunda proses pengiriman produk ke pelanggan.

Oleh karena itu, perusahaan perlu menjaga mutu produk agar sesuai dengan syarat atau kriteria yang telah ditetapkan guna menekan jumlah produk cacat. Dengan melakukan pengendalian kualitas, dapat mencegah terjadinya cacat produk. Produk yang difokuskan pada penelitian ini untuk dilakukan pengendalian kualitas yaitu produk *manhole*. Menurut Assauri (2004), tujuan dari pengendalian kualitas salah satunya adalah agar barang hasil produksi dapat mencapai standar kualitas yang telah ditetapkan. Jadi, dengan kata lain pengendalian kualitas dilakukan bertujuan untuk mengurangi produk cacat dan mengurangi pemborosan pada perusahaan.

Salah satu konsep yang dapat diimplementasikan untuk penyelesaiannya dengan menggunakan konsep *Six Sigma*. Konsep *Six Sigma* merupakan konsep yang sistematis dan terstruktur untuk meningkatkan kinerja dan kualitas baik dari produk, proses, hingga layanan. (Costa *et al.*, 2019). Dengan konsep *Six Sigma* dapat dilakukan peningkatan terus menerus menuju target sigma melalui tahapan merupakan konsep yang terstruktur dengan menggunakan tahapan *Define, Measure, Analyze, Improve, and Control* (DMAIC) (Sirine *et al.*, 2017). Dengan *Six Sigma* juga dapat dilakukan perbaikan kualitas menggunakan data dan statistik untuk mengidentifikasi hal yang berhubungan dengan produk cacat serta *rework* di mana menghabiskan waktu maupun biaya. (Soemohadiwidjojo, 2017). Untuk memperoleh rencana perbaikan pada penelitian ini, peneliti mengintegrasikan konsep *Six Sigma* dengan metode *Theory of Inventive Problem Solving* (TRIZ). Metode TRIZ dapat memecahkan masalah berdasarkan logika dan data (Anggraini, 2021). Selain itu mampu meningkatkan daya saing perusahaan ditengah persaingan kompetitif perusahaan lain (Spreafico & Russo, 2016). Untuk mengidentifikasi faktor yang menjadi penyebab terjadinya produk cacat digunakanlah konsep *Six Sigma*, dari hasil tersebut kemudian

akan dilakukan analisis lebih lanjut untuk memberikan usulan perbaikan menggunakan prinsip-prinsip yang ada dalam metode *Theory of Inventive Problem Solving* (TRIZ).

Berdasarkan permasalahan di atas penelitian dilakukan bertujuan untuk menganalisis serta mengidentifikasi penyebab terjadinya cacat pada produk *manhole* sehingga dapat membantu perusahaan dalam mengurangi terjadinya cacat pada produk *manhole* melalui melalui tahapan *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control* yang kemudian mengintegrasikan menggunakan metode TRIZ untuk merancang *design* perbaikan yang sesuai untuk mengurangi timbulnya cacat pada produk. Selain itu, dengan mengintegrasikan metode TRIZ dapat memberikan solusi untuk mengurangi risiko terjadinya produk cacat pada *manhole*. Sehingga dengan dilakukannya penelitian ini, peneliti berharap dapat memberi informasi dan membantu perusahaan dalam memberi pertimbangan untuk berupaya menjaga tingkat produk cacat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan yang telah dijelaskan di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Berapa besar jumlah cacat, nilai DPMO, dan tingkat *sigma* produk *manhole* di PT. Mega Jaya Logam?
2. Apa jenis cacat paling dominan pada produk *manhole* di PT. Mega Jaya Logam?
3. Apa faktor penyebab cacat produk *manhole* yang menjadi prioritas perbaikan berdasarkan nilai RPN tertinggi di PT. Mega Jaya Logam?
4. Bagaimana usulan *design* perbaikan untuk mengurangi kecacatan produk *manhole* melalui metode TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving*) di PT. Mega Jaya Logam?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui jumlah cacat, nilai DPMO, dan tingkat *sigma* produk *manhole* di PT. Mega Jaya Logam.
2. Mengidentifikasi jenis cacat paling dominan pada produk *manhole* di PT. Mega Jaya Logam.
3. Mengidentifikasi faktor penyebab cacat produk *manhole* yang menjadi prioritas perbaikan berdasarkan nilai RPN tertinggi di PT. Mega Jaya Logam.

4. Memberikan usulan *design* perbaikan untuk mengurangi kecacatan produk *manhole* melalui metode TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving*) di PT. Mega Jaya Logam.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diperoleh adalah:

1. Bagi perusahaan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu perusahaan dalam memberikan pandangan dalam mengambil keputusan untuk meningkatkan kualitas guna mengurangi produk cacat.

2. Bagi penulis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan terutama mengenai masalah yang diteliti terkhusus pada pengendalian kualitas pada perusahaan untuk mengurangi produk cacat.

3. Bagi pembaca

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi atau sebagai pembanding untuk pihak yang akan melakukan penelitian selanjutnya dengan topik yang sama.

1.5 Batasan Penelitian

Berdasarkan permasalahan di atas untuk mempermudah dalam menemukan solusi, maka peneliti memberikan batasan masalah. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dilakukan di bagian proses produksi PT. Mega Jaya Logam yang berlokasi di Batur, Ceper, Klaten, Jawa Tengah.
2. Penelitian ini memfokuskan pada pengendalian kualitas produksi dan meminimalisir tingkat kecacatan pada produk *manhole*.
3. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data historis produk cacat *manhole* pada periode Oktober 2022 hingga Maret 2023.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian induktif berisikan penelitian terdahulu di mana untuk inti dari kajian induktif ini serupa dengan penelitian yang akan dibahas sehingga dapat diperoleh informasi yang digunakan untuk memberikan gambaran mengenai penelitian yang akan dilakukan.

Penelitian dilakukan oleh Sifa (2022) bertujuan mengetahui jenis cacat produk sarung tenun goyor, faktor prioritas penyebab cacat, dan memberikan rekomendasi usulan untuk mengurangi produk cacat dalam proses produksi sebagai upaya pengendalian kualitas. Metode penelitian yang digunakan adalah *Six Sigma* dengan tahapan DMAI (*Define, Measure, Analysis, and Improve*), FMEA, dan analisis 5W + 1H. Hasil penelitian diperoleh perhitungan nilai DPMO sebesar 57.276,97 dengan nilai sigma 3,09 di mana untuk penyebab produk cacat berdasarkan *fishbone diagram* disebabkan faktor material, mesin, manusia, metode, dan lingkungan. Serta faktor prioritas yang menjadi penyebab produk cacat berdasarkan analisis FMEA karena pekerja yang kurang teliti.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Octavia & Noya (2019) bertujuan untuk meminimalisir produk cacat pada karton *sheet* dan karton *box* di PT. Rukun Citra Abadi. Metode penelitian yang digunakan yaitu *Six Sigma*. Pada tahap *analyze*, dilakukan analisis dengan *defect concentration diagram*, *fishbone diagram*, dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai DPMO meningkat pada produk karton *sheet* dan karton *box*. Diperoleh bahwa untuk produk karton *sheet* nilai DPMO bulan Januari 1194 pcs, Februari 1111 pcs dan Maret 878 pcs, sedangkan setelah implementasi nilai DPMO pada bulan April menjadi lebih kecil yaitu sebesar 636 pcs dan nilai sigma dari bulan Januari hingga Maret, 4,54; 4,56; 4,63 pada bulan April menjadi lebih besar dari periode sebelumnya yaitu menjadi 4,73. Sedangkan untuk karton *box* nilai didapatkan nilai DPMO bulan Januari 1633 pcs, Februari 1640 pcs dan Maret 1740 pcs, sedangkan setelah implementasi nilai DPMO pada

bulan April menjadi lebih kecil yaitu sebesar 1518 pcs dan nilai sigma dari bulan Januari hingga Maret yaitu 4,45; 4,45; 4,43 pada bulan April menjadi lebih besar dari periode sebelumnya yaitu menjadi 4,47. Hal itu menunjukkan bahwa penerapan metode *Six Sigma* berhasil mengurangi persentase produk cacat pada proses produksi karton *sheet* dan karton *box*.

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Meliani (2022) bertujuan ingin membantu perusahaan untuk mengurangi produk cacat kain batik kombinasi PT. Batik Banten Mukarnas. Metode yang digunakan penelitian ini yaitu *Six Sigma*, FMEA, dan TRIZ. Hasil penelitian diperoleh bahwa ditemukan 3 jenis cacat yaitu warna tidak merata (belang), lilin pecah (motif tidak timbul), dan warna keluar motif. Presentase tertinggi 48,29% pada jenis cacat warna keluar dari motif. Sedangkan untuk rata-rata nilai DPMO sebesar 250.708,92 dan rata-rata nilai sigma sebesar 2,18. Berdasarkan *fishbone diagram* dan FMEA diperoleh faktor yang menjadi prioritas penyebab cacat adalah sehingga perlu dilakukan perbaikan yaitu kurangnya monitoring dan controlling kerja, penggunaan kuas tidak sesuai, dan pekerja yang terburu-buru. Rekomendasi untuk perbaikan yaitu pembaharuan prosedur kerja dalam mengontrol proses pencoletan, menggunakan ukuran kuas dengan motif, dan memberikan reward serta sanksi.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Fitriana *et al.*, (2020) bertujuan ingin mengidentifikasi tingkat kecacatan produk kemasan botol Yamalube di salah satu perusahaan sekaligus melakukan perbaikan kualitas botol tersebut guna mengurangi tingkat cacat produk botol Yamulabe. Metode yang digunakan penelitian ini yaitu *Six Sigma* dan FMEA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa permasalahan yang ditemukan yaitu di mana persentase cacat produk sebesar 14%/yang melebihi standar perusahaan sebesar 5%. Pada tahap ini diperoleh nilai DPMO sebesar 250.000unit dengan nilai sigma yaitu 2,17. Berdasarkan FMEA diperoleh faktor penyebab utama label hilang pada botol yaitu mulut vakum karet yang aus. Usulan perbaikan yaitu dengan membuat SOP pemeriksaan karet dan *checksheet*.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Mridha *et al.*, (2019) bertujuan untuk meminimasi persentase produk cacat pada bagian produksi *sewing* di Ananta Apparels Ltd. Metode penelitian yang diterapkan yaitu *Six Sigma*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa permasalahan perusahaan yaitu tingginya produk cacat, produktivitas rendah, dan tidak mencapai target waktu produksi seharusnya. Di mana dilakukan pengecekan 3500 kaos polo dan ditemukan sebanyak 470 kaos tersebut yang mengalami cacat produk. Setelah dilakukan perhitungan dengan tahap *define* hingga *analyze* diperoleh level sigma 1,6063 sebelum dilakukan perbaikan. Setelah diterapkan perbaikan diperoleh nilai level sigma sebesar 2,9562.

Hal itu menunjukkan bahwa setelah pengimplementasian metode *Six Sigma* ini telah berhasil meningkatkan level sigma perusahaan. Selain itu diketahui juga akar penyebab cacat dan jenis cacat pada produk.

Selanjutnya, penelitian dilakukan oleh Suseno & Ashari (2022) bertujuan mengidentifikasi faktor penyebab cacat pada produk *base plate* dengan tujuan mengurangi produk yang cacat *base plate* di PT. Sinar Semesta. Metode penelitian yang digunakan adalah *lean Six Sigma* menggunakan langkah DMAIC untuk mengetahui nilai DPMO dan nilai sigma serta menggunakan metode FMEA untuk memperoleh faktor prioritas yang menjadi penyebab cacatnya produk *base plate*. Untuk rekomendasi perbaikan peneliti menggunakan metode *Poka Yoke*. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 3 jenis cacat yang berpengaruh terhadap proses produksi *base plate* yaitu cacat deformasi, retak, dan berlubang. Persentase terbesar yaitu pada cacat retak sebesar 52,25% dan penyebab cacat berdasarkan analisis dengan FMEA yaitu kurang padat dan presisi pada cetakan, crane yang macet dan kurangnya keterampilan karyawan. Diperoleh nilai DPMO sebesar 14.379 dengan nilai sigma 3.69. Rekomendasi yang diberikan yaitu melakukan pengontrolan, memberikan pelatihan karyawan baru, melakukan *maintenance* mesin, dan pendataan produk cacat setiap produksi.

Kemudian, penelitian yang dilakukan oleh Prabowo & Wijaya (2020) bertujuan untuk mengurangi produk yang cacat yaitu produk katup kran untuk jenis kran *gate valve* (GV) pada PT. Ever Age Velves Metals dengan harapan dapat memberikan solusi ideal pada kualitas produk tersebut. Metode penelitian yang diterapkan yaitu *new seven tools* dan metode TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving*) guna memberikan solusi perbaikan. Diperoleh bahwa jenis cacat tertinggi pada cacat keropos yang disebabkan karena belum terdapat jadwal *maintenance* pada mesin secara berkala, kondisi ruang produksi kurang baik, pelanggaran SOP pada penyimpanan material, dan belum dibuatnya SOP untuk pengoperasian mesin. Rekomendasi solusi yang diberikan berdasarkan TRIZ yaitu dibuatnya standar operasional prosedur, pembuatan *maintenance* mesin yang terjadwal, dengan melakukan pemeriksaan dan pemilahan material lebih dulu sebelum masuk ke proses peleburan.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Ilham & Renosari (2023) memiliki tujuan untuk membantu perusahaan percetakan dalam menghadapi masalah kualitas karena banyaknya produk hasil cetak yang tidak sesuai spesifikasi seiring dengan semakin banyaknya permintaan pesanan. Metode yang digunakan yaitu *Six Sigma* guna mengidentifikasi pengendalian kualitas, dengan dibantu diagram pareto untuk memperoleh jenis cacat terbesar, peta kontrol p, *fishbone*

diagram untuk memperoleh akar penyebab jenis kecacatan dan usulan perbaikan dengan metode TRIZ. Hasil penelitian tersebut didapati bahwa nilai DPMO sebesar 12743 dengan nilai sigma 3,71. Berdasarkan diagram pareto didapati bahwa jenis cacat terbesar yaitu tidak meratanya hasil cetakan dan hasil potong yang nantinya akan dilakukan perbaikan. Untuk akar penyebab jenis cacat tersebut dikarenakan disiplin yang kurang, menurunnya konsentrasi, perbedaan *skill* operator, bocornya bak untuk tinta, dan macet pada *roll* air. Rekomendasi perbaikan dengan metode TRIZ yaitu membuat *visual control* spesifikasi, pemberian *reward* operator dengan membuat *form*, pembuatan jadwal pelatihan kebersihan, dan *maintenance* mesin berkala.

Penelitian yang dilakukan oleh Gamboa & Singgih (2021) bertujuan ingin meminimasi *waste defect* pada balok beton dengan mengidentifikasi pemborosan dan memberikan rekomendasi perbaikan terhadap penyebab *waste defect* pada produksi balok beton. Metode yang diterapkan yaitu dengan menggabungkan *Six Sigma* dan TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving*). Hasil penelitian diperoleh bahwa Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai DPMO sebesar 13128,75, nilai sigma perusahaan sebesar 3,7, dan kapabilitas proses sebesar 1,23. Solusi untuk meminimalkan cacat melakukan pelatihan dan mengevaluasi pelaksanaan SOP. Melakukan pembersihan lantai produksi. Pasang CCTV pada bagian mixer untuk menghindari pencampuran ulang, menyesuaikan kembali standar kualitas, membutuhkan alat transportasi blok beton dengan tingkat otomatisasi yang lebih baik.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Aditama & Imaroh (2020) bertujuan untuk melakukan pengendalian kualitas pada produk ayam kampung agar produktivitas ayam kampung meningkat. Metode yang digunakan untuk melakukan pengendalian kualitas yaitu *Six Sigma*, FMEA, dan *fishbone diagram*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada *fishbone diagram* menunjukkan adanya cacat. Pada *Six Sigma* tahap *Define* diketahui 3 CTQ untuk 3 jenis ayam kampung, cacat ayam kampung umur 1 minggu, cacat pada ayam kampung umur 1 bulan, dan cacat ayam kampung umur 2 bukan. Selanjutnya tahap *Measure*, diperoleh 3 jenis cacat tertinggi dan nilai p pada *control chart* berada di luar batas kendali. Kemudian dianalisis pada tahap *Analyze* dengan bantuan FMEA di mana yang menjadi penyebab dominan cacat tersebut yaitu pertumbuhan ayam kampung tidak optimal dengan nilai RPN sebesar 900. Dilanjutkan pada tahap *Improve*, solusi yang diberikan yaitu dengan *tools* 5W + 1H. Rekomendasi yang diberikan pada tahap *Control* yaitu dengan pembuatan SOP.

Penelitian dilakukan oleh Boangmanalu *et al.*, (2020) bertujuan untuk meminimasi produk *defect* pada proses produksi *packaging/stripping*. Metode yang diterapkan pada penelitian ini yaitu *Six Sigma*, FMEA, dan TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving*). *Six Sigma* digunakan untuk memperoleh nilai DPMO dan tingkat sigma, kemudian FMEA untuk mengidentifikasi risiko kegagalan yang terjadi pada proses *packaging/stripping*, selanjutnya pemberian usulan perbaikan digunakan metode TRIZ. Hasil penelitian menunjukkan nilai DPMO dan tingkat sigma sebelum dilakukan *improving* yaitu 16981 DPMO dan 3.61, setelah dilakukan *improving* diperoleh nilai DPMO 1547 dan tingkat sigma naik menjadi 4.06. Rekomendasi perbaikan yang diusulkan yaitu melakukan *training*, *maintenance* mesin secara berkala, dan memonitor kinerja tiap karyawan.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Purnomo & Lukman (2020) memiliki tujuan untuk mengurangi pemborosan dan meningkatkan produktivitas pada industri manufaktur kayu dengan mengintegrasikan *Lean Six Sigma* dengan DMAIC dan TRIZ. Hasil penelitian pada tahap *Define* dengan VSM yaitu diperoleh *Value Added (VA)* sebesar 1974 detik dan *Value Stream* sebesar 1.974 detik sedangkan untuk *Non Value Added (NVA)* sebesar 2400 detik yang menunjukkan nilai yang tinggi. Tahap *Measure* dengan bantuan Diagram Pareto diperoleh bahwa *waste* berupa faktor menunggu memiliki presentase tertinggi sebesar 30%, kemudian *over-production* sebesar 23,33%, dan *defect* serta *inventory* sebesar 20% dan 10%. Diketahui 8 CTQ untuk *waste defect*, 2 CTQ *waste inventory*, 2 CTQ *waste waiting*, dan 1 CTQ *waste overproduction*. Selanjutnya tahap *Analyze*, diperoleh bahwa *delay* menjadi *waste waiting* saat proses *injection*. Tahap *Improve* bertujuan mengurangi *waste delay* dengan memberikan solusi bantuan TRIZ diperoleh solusi berupa mengubah kondisi stasiun/*layout* perakitan agar Simbang menjadi sehingga waktu perakitan efektif berdasarkan prinsip nomor 12 pada TRIZ dan memberikan solusi dengan melakukan pengecekan bahan baku di gudang berkala dan mengatur penjadwalan pengiriman bahan baku oleh *supplier* berdasarkan prinsip nomor 19 pada TRIZ. Selanjutnya tahap *Control*, yaitu dengan membuat standar operasional yaitu SOP dalam pencampuran bahan baku pembuatan kompon dan SOP dalam injeksi *molding*. Adapun Tabel 2.1 merupakan perbandingan antara penelitian sebelumnya yang menjadi referensi dalam penelitian.

Tabel 2. 1 *State of The Art*

No	Penulis dan Tahun Terbit	Judul Penelitian	Metode			Fokus Penelitian
			Six Sigma	FMEA	TRIZ	
1.	Sonia Ghoni Sifa (2022)	Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Integrasi <i>Six Sigma</i> Dan Fmea Pada Produk Sarung Tenun Goyor (Studi Kasus Umkm Sarung Goyor Di Pematang)	√	√		Mengurangi produk cacat pada sarung goyor
2.	Mega Octavia, Sunday Noya (2019)	Penerapan Metode <i>Six Sigma</i> untuk Mengurangi Jumlah Produk Cacat Pada Proses Produksi di PT. Rukun Citra Abadi	√	√		Meminimasi jumlah produk cacat pada produksi karton
3.	Intan Zahra Meliani (2022)	Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan <i>Six Sigma</i> dan Theory Of Inventive Problem Solving (TRIZ) pada Proses Produksi Kain Batik	√	√	√	Membantu mengurangi produk cacat pada batik kombinasi
4.	Rina Fitriana, Johnson Saragih, Dea Prameswari Larasati (2020)	Production Quality Improvement of Yamalube Bottle with <i>Six Sigma</i> , FMEA, and Data	√	√		Mengurangi persentase produk cacat pada botol Yamalube

No	Penulis dan Tahun Terbit	Judul Penelitian	Metode			Fokus Penelitian
			<i>Six Sigma</i>	FMEA	TRIZ	
		Mining in PT. B				
5.	Jaglal Hoque Mridha, Shah Md. Maruf Hasan, Md. Shahjalal, Forhad Ahmed (2019)	Implementation of <i>Six Sigma</i> to Minimize Defects in Sewing Section of Apparel Industri in Bangladesh	√			Meminimasi persentase <i>defect</i> pada <i>sewing section</i> .
6.	Suseno dan Taufik Alfin Ashari (2022)	Analisis Pengendalian Kualitas Produk <i>Base Plate</i> dengan menggunakan Metode <i>Lean Six Sigma</i> (DMAIC) pada PT. XYZ	√	√		Mengurangi produk cacat pada produk <i>base plate</i>
7.	Rony Prabowo dan Sony Wijaya (2020)	Integrasi <i>New Seven Tools</i> dan TRIZ (<i>Theory of Inventive Problem Solving</i>) untuk Pengendalian Kualitas Produk Kran			√	Meminimasi produk cacat pada produk katup kran
8.	Mohamamad Ilham Effendi dan Putri Renosari (2021)	Usulan Perbaikan Kualitas Dengan Metode <i>Six Sigma</i> & TRIZ untuk Meminimalisir Jumlah Produk Cacat pada Divisi Cetak	√		√	Mengurangi hasil cacat produk cetak

No	Penulis dan Tahun Terbit	Judul Penelitian	Metode			Fokus Penelitian
			Six Sigma	FMEA	TRIZ	
9.	Paulino Gamboa dan Moses Laksono Singgih (2021)	Waste Minimization in a Concrete Block Company Using Lean Six Sigma, ECRS, and TRIZ Method	√		√	Mengidentifikasi <i>waste</i> atau pemborosan dan memberikan <i>improvisasi</i> / peningkatan untuk mengurangi <i>waste defects</i> pada perusahaan balok beton
10.	Rizki Aditama dan Tukhas Shihul Imaroh (2020)	Strategy for Quality Control of "Ayam Kampung" Production Using Six Sigma-DMAIC Method (Case Study in CV. Pinang Makmur Food)	√	√		Melakukan pengendalian kualitas pada produk ayam kampung agar produktivitas ayam kampung meningkat.
11.	Ervi Boangamanalu, Triposa Abigail, Anita Sembiring dan Jusra Tampubolon (2020)	Minimizing Damage of Product Using Six Sigma and TRIZ Methods	√	√	√	Meminimasi <i>defect</i> pada proses produksi <i>packaging</i> .
12.	Dian Hadi Purnomo dan Muhammad Lukman (2020)	Reduce Waste using Integration of Lean Six Sigma and TRIZ Method: A Case Study in Wood Industry	√		√	Mengurangi pemborosan dan meningkatkan produktivitas pada Industri Manufaktur Kayu

2.2 Landasan Teori

Adapun landasan teori atau istilah yang yang digunakan terkait topik penelitian bersumber pada jurnal dan/atau buku.

2.2.1 Pengertian Kualitas

Kualitas merupakan salah satu hal penting pada perusahaan yang dapat menjadi tolak ukur baik buruknya perusahaan yang dinilai berdasarkan kualitas produk ataupun jasa yang ditawarkan. Kualitas menurut Tiafani *et al.*, (2014) adalah kesesuaian karakteristik dari produk/layanan yang telah ditentukan produsen guna memenuhi kebutuhan pelanggan. Sedangkan menurut Lia *et al.*, (2016) kualitas merupakan kemampuan dari suatu produk atau jasa dalam memenuhi harapan pelanggan. Oleh karena itu kualitas menjadi kunci atau faktor penting bagi pelanggan dalam memutuskan pemilihan produk ataupun jasa serta menjadi faktor keberhasilan suatu bisnis dalam bersaing.

Karakteristik kualitas suatu barang dapat diidentifikasi melalui dimensi kualitas. Terdapat 8 dimensi kualitas yang dikembangkan Garvin, yaitu (Gaspersz, 2005) :

1. *Performance* (performa), yaitu dilihat dari segi fungsional suatu produk
2. *Features* (keistimewaan), berkaitan dari aspek yang menambah performansi fungsi dasar suatu produk
3. *Reliability* (kehandalan), berkaitan dengan kemampuan fungsi produk dalam waktu jangka tertentu.
4. *Conformance* (konformasi), karakteristik berkaitan dengan tingkat kesesuaian produk terhadap standar yang ditetapkan berdasarkan keinginan pelanggan.
5. *Durability* (daya tahan), adalah usia masa pakai suatu produk.
6. *Service Ability* (kemampuan pelayanan), merupakan karakteristik yang berkaitan dengan kecepatan, kemudahan, dan akurasi dalam perbaikan.
7. *Aesthetics* (estetika), yaitu karakteristik dari segi keindahan yang bersifat subjektif
8. *Perceived Quality* (kualitas yang dipersepsikan), karakteristik ini berkaitan dengan perasaan pelanggan yang mengkonsumsi produk dan bersifat subjektif.

2.2.2 Pengertian Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan cara yang ditempuh dengan mempertahankan produk agar sesuai dengan standar atau spesifikasi yang telah ditentukan (Kiki *et al.*, 2019). Pengendalian kualitas merupakan serangkaian prosedur dengan tujuan menjaga supaya mutu pada produk dan jasa pada perusahaan agar tetap sesuai dengan yang telah direncanakan (Sifa, 2022). Pengendalian kualitas dilakukan supaya produk akhir yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang berlaku dimulai dari persiapan bahan baku, lalu proses produksi hingga menjadi produk akhir sehingga memberikan pengaruh terhadap mutu dari perusahaan (Ilham, 2012).

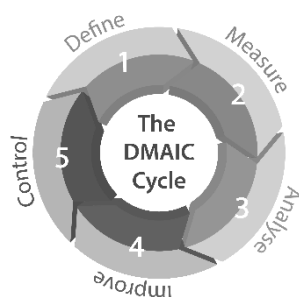
Berdasarkan beberapa pengertian pengendalian kualitas, dapat diketahui bahwa pengendalian kualitas juga merupakan salah satu faktor penting untuk mempertahankan dan menjamin suatu produk agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan perusahaan dimulai dari proses persiapan bahan baku hingga menjadi produk jadi. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pengendalian kualitas, yaitu bahan baku, mesin, dan operator (Ratnadi & Suprianto, 2020). Menurut Assauri (2008) pengendalian kualitas memiliki tujuan diantaranya:

1. Produk hasil produksi dapat mencapai standar kualitas yang telah ditetapkan.
2. Mengurangi biaya inspeksi sekecil mungkin.
3. Meminimalkan biaya desain produk dan proses.
4. Meminimalkan biaya produksi.

2.2.3 Pengertian Six Sigma

Six Sigma merupakan suatu besaran yang diartikan sebagai suatu proses pengukuran dengan menggunakan *tools-tools statistic* dan teknik guna meminimalisir *defect* hingga tidak lebih dari 3,4 DPMO (*Defect per Million Opportunities*) atau 99,99% dengan tujuan supaya mencapai kepuasan pelanggan (Harahap *et al.*, 2018). *Six Sigma* digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah dalam proses produksi atau pemberian layanan dengan menggunakan teknik peningkatan kualitas (Zuhandini, 2020). Sedangkan menurut Heizer & Render (2001) *Six Sigma* merupakan sebuah program sistematis yang bertujuan untuk mengurangi cacat sehingga dapat membantu mengurangi biaya, menghemat waktu, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Dapat dikatakan bahwa dengan adanya *Six Sigma* dapat menjadi salah satu cara efektif bagi perusahaan dalam meningkatkan kualitas dengan mengurangi tingkat cacat melalui pengidentifikasian penyebab akar masalah untuk meningkatkan kepuasan pelanggan.

Six Sigma menggunakan alat statistik untuk mengidentifikasi beberapa faktor permasalahan yang terjadi, Siklus DMAIC merupakan proses kunci untuk peningkatan secara kontinyu menuju target *Six Sigma*. Nilai sigma akan menurun jika jumlah cacat yang ditemukan juga semakin meningkat (Fithri, 2019). Dengan kata lain, jika nilai sigma yang semakin besar maka kualitas produk akan semakin baik. DMAIC dinilai sebagai tahapan yang tepat dan lengkap dalam melakukan pengendalian dan perbaikan kualitas, karena tahapan ini dimulai dengan mengidentifikasi permasalahan sampai dengan memberikan usulan perbaikan untuk permasalahan tersebut (Nasution & Sodikin, 2018).



Gambar 2. 1 Siklus DMAIC

Adapun untuk tahapan yang dilakukan dalam siklus DMAIC adalah:

1. *Define*

Tahap ini menjadi tahap awal dalam peningkatan kualitas di mana yang dilakukan adalah mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi perusahaan, kemudian mengidentifikasi proses produksi serta peran sumber daya yang terlibat dalam proses peningkatan kualitas, Dalam tahap ini dimulai membuat diagram SIPOC lalu menentukan CTQ (*Critical to Quality*) atau karakteristik kualitas yang berkaitan dengan kebutuhan pelanggan.

a. Diagram SIPOC

Diagram SIPOC (*Supplier, Inputs, Process, Outputs, dan Customer*) merupakan alat peningkatan kualitas yang menggambarkan proses bisnis dari awal hingga menjadi produk akhir yang bertujuan untuk mengidentifikasi komponen-komponen penting dari program perbaikan yang akan diterapkan (Halim *et al.*, 2019). SIPOC merupakan singkatan dari *supplier, input, process, output, dan customer*. Menurut Borrer (2009) diagram SIPOC dalam tahap *define* ini membantu untuk menentukan faktor dari CTQ serta menyeleksi permasalahan yang akan diperbaiki (Borrer, 2009). Diagram SIPOC terdiri dari:

1) *Supplier*

Orang atau bagian yang menyediakan sumber daya sebagai input untuk memproduksi barang atau jasa.

2) *Inputs*

Inputs menjadi bahan, informasi, atau sumber daya lain dari *supplier* untuk dilanjutkan ke tahap proses produksi.

3) *Process*

Process merupakan urutan dalam aktivitas produksi yang mengelola *inputs* sampai menjadi *outputs* yang nantinya hasil ini akan disalurkan ke *customer*.

4) *Outputs*

Outputs merupakan hasil akhir dari *process* baik itu barang produk atau jasa untuk *customer*.

5) *Customer*

Customer merupakan sekelompok yang menerima hasil dari *outputs*.

b. CTQ (*Critical to Quality*)

Critical to Quality berkaitan dengan kebutuhan spesifik dan kepuasan konsumen karena merupakan karakteristik atau spesifikasi dari produk yang berkaitan dengan kebutuhan *customer*. Menurut Utomo *et al.*, (2022) *Critical to Quality* merupakan atribut utama dari kebutuhan pelanggan yang dapat didefinisikan sebagai elemen dari proses atau kegiatan yang dapat berpengaruh langsung terhadap pencapaian kualitas yang diinginkan. Dengan *Critical to Quality* dapat mengidentifikasi berbagai kecacatan pada produksi produk. CTQ merupakan langkah awal guna membatasi perbaikan kualitas yang akan dilanjutkan pada perbaikan.

2. *Measure*

Selanjutnya memasuki tahap kedua peningkatan kualitas *Six Sigma* yaitu *measure*. Tahap *measure* bertujuan untuk mengetahui kondisi proses produksi yang ada, antara lain mengukur kinerja sekarang (*current performance*), tingkat proses, dan kapabilitas proses untuk memastikan dasar kinerja di awal proyek *Six Sigma* (Gaspersz, 2002). Tahap ini dilakukan perhitungan DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) dan nilai sigma serta membuat *control chart*.

a. Perhitungan DPMO (*Defect Per Million Opportunities*)

Perhitungan DPMO dan nilai sigma bertujuan untuk mengetahui kinerja perusahaan. Pada *Six Sigma* DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) merupakan ukuran kegagalan yang menunjukkan kecacatan atau kerusakan dalam suatu produk dalam satu juta produk yang dihasilkan. Rumus dalam menghitung DPMO ditunjukkan pada persamaan (2.1).

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah produk defect}}{\text{Unit yang diperiksa} \times \text{banyaknya jenis cacat}} \times 1.000.000 \quad (2.1)$$

b. Level Sigma

Setelah melakukan perhitungan DPMO kemudian melanjutkan perhitungan level sigma atau tingkat sigma dengan mengkonversikan nilai DPMO menjadi nilai sigma menggunakan bantuan *software Ms. Excel* yang ditunjukkan pada persamaan (2.2).

$$\text{Nilai sigma} = \text{NORMSINV} (1 - \text{DPMO} / 1000000) + 1,5 \quad (2.2)$$

Level sigma atau tingkat sigma merupakan ukuran dari kemampuan perusahaan untuk mengurangi produk rusak (Soemohadiwidjojo, 2017). Dari hasil perhitungan DPMO yang diperoleh, kemudian dilanjutkan pengkonversian nilai DPMO ke level sigma dengan tabel konversi sigma atau dapat menggunakan rumus di Microsoft Excel. Berikut merupakan tabel konversi level sigma menurut (Gaspersz, 2002):

Tabel 2. 2 Nilai DPMO dan Level Sigma

Persentase yang memenuhi spesifikasi	DPMO	Level Sigma	Keterangan
31%	691,462	1-sigma	Sangat tidak kompetitif
69,20%	308,538	2-sigma	Rata-rata industri
93,32%	66,807	3-sigma	Indonesia
99,379%	6,210	4-sigma	Rata-rata industri USA
99,977%	233	5-sigma	
99,9997%	3,4	6-sigma	Industri kelas dunia

c. Peta Kendali

Peta kendali merupakan salah satu alat bantu dalam pengendalian proses statistik atau SPC. Peta kendali atau *control chart* digunakan untuk menganalisa output dari suatu proses dengan menggunakan data kecacatan dari *output* yang diinterpretasikan dalam peta kendali. Apabila tidak terdapat data keluar dari *Upper Control Limit* atau UCL dan *Lower Control Limit* atau LCL serta tidak menunjukkan penyimpangan maka dapat dikatakan proses telah terkendali. Sebaliknya jika ada data yang keluar dari batas-batas kendali, maka proses tersebut belum stabil. Data yang keluar dari batas kendali tersebut disebabkan karena adanya penyebab khusus (*special cause*) (Octavia *et al.*, 2000) Tujuan utama pembuatan peta kendali adalah untuk

mendeteksi adanya penyebab khusus dengan cepat, sehingga dapat segera diambil tindakan perbaikan terhadap sumber dari penyebab khusus tersebut. Peta kendali umumnya terbagi menjadi dua yaitu peta kendali atribut dan variabel. Pada peta kendali atribut data yang hanya memiliki dua karakteristik, yaitu memenuhi atau tidak memenuhi spesifikasinya. Selain itu, menggunakan data atribut atau data yang tidak dapat diukur pada skala kuantitatif atau tidak memiliki ukuran (Octavia *et al.*, 2000). Sedangkan peta kendali variabel menggunakan data yang dapat diukur atau memiliki ukuran seperti panjang, besar, dan lain-lain. Penelitian ini menggunakan peta kendali atribut berupa peta kendali-p. Persamaan (2.3), (2.4), (2.5), dan (2.6) merupakan persamaan yang digunakan dalam membuat peta kendali terdiri dari proporsi cacat, UCL (*Upper Control Limit*), CL (*Control Limit*), dan LCL (*Lower Control Limit*).

$$P = \frac{\text{Jumlah produk cacat bulan } i \text{ (np)}}{\text{Jumlah produksi bulan } i \text{ (n)}} \quad (2.3)$$

$$CL \bar{P} = \frac{\sum np}{\sum n} \quad (2.4)$$

$$UCL = CL \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{CL \bar{P}(1 - CL \bar{P})}{n}} \quad (2.5)$$

$$LCL = CL \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{CL \bar{P}(1 - CL \bar{P})}{n}} \quad (2.6)$$

Keterangan:

P = proporsi cacat

\bar{P} = rata-rata proporsi cacat

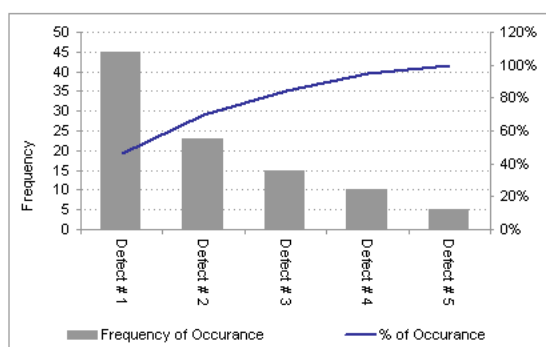
n = jumlah produk (yang diinspeksi perbulan)

3. *Analyze*

Setelah melalui tahap *measure*, kemudian dilanjutkan tahap ketiga pada peningkatan kualitas *Six Sigma* yaitu tahap *analyze*. Pada tahap ini melakukan identifikasi akar penyebab masalah kualitas (Gaspersz, 2002). Tahap *analyze* ini menggunakan beberapa alat bantu yaitu:

a) Diagram Pareto

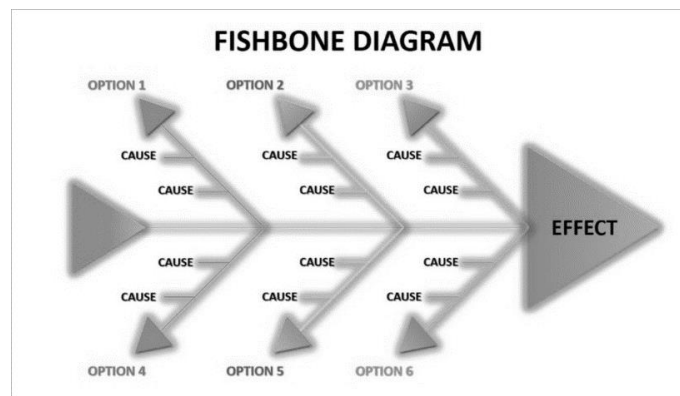
Diagram pareto digunakan untuk membantu memprioritaskan tindakan berkaitan dengan perbaikan, kegagalan, dan cacat (Wulandari *et al.*, 2018). Pada pengendalian kualitas diagram pareto digambarkan dengan grafik dari kelompok data dengan frekuensi tertinggi berada paling kiri hingga yang terendah berada paling kanan. Di mana kelompok data paling kiri menunjukkan frekuensi cacat paling tinggi, semakin ke kanan artinya kelompok data memiliki frekuensi cacat yang semakin rendah.



Gambar 2. 2 Pareto Diagram

b) *Fishbone Diagram*

Fishbone diagram sering dikenal dengan diagram sebab-akibat atau diagram Ishikawa. *Fishbone diagram* merupakan salah satu dari tujuh alat bantu pengendalian kualitas. Di mana dalam penyajiannya menggunakan data kualitatif. Diagram fishbone digunakan untuk mengidentifikasi penyebab permasalahan secara detail (Kuswardana, Mayangsari, & Amrullah, 2017). *Fishbone diagram* berbentuk seperti tulang ikan, di mana untuk kepala ikan menjadi akibat atau efek dari permasalahan dan tulang ikan menggambarkan penyebab permasalahannya.



Gambar 2. 3 *Fishbone Diagram*

4. *Improve*

Selanjutnya memasuki tahap keempat pada peningkatan kualitas *Six Sigma* yaitu tahap *improve*. Pada tahap ini dilakukan peningkatan / *improvement* yang akan dilakukan perusahaan guna proses perbaikan kualitas. Pemberian solusi dengan dilakukan *improvement* dilakukan berdasarkan akar penyebab masalah yang diidentifikasi di tahap *analyze*.

5. *Control*

Tahap terakhir dari peningkatan kualitas *Six Sigma* yaitu tahap *control*. Pada tahap ini perusahaan melakukan pengendalian faktor-faktor penyebab masalah dengan dilakukan penerapan standar, control, dan dipertahankan agar kecacatan produk yang terjadi sebelumnya tidak terulang kembali. Tahap ini bertujuan untuk mengendalikan perbaikan-perbaikan yang telah dibuat pada tahap *improve* (Anisa & Iftadi, 2020).

2.2.4 *Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)*

FMEA merupakan salah satu *tools* yang terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Prosedur FMEA ini dilakukan dengan memperhitungkan nilai RPN (*Risk Priority Number*) dengan meminimalkan risiko kegagalan dengan mengurangi *Severity*, *Occurrence* dan meningkatkan kemampuan *Detection* (Gaspersz, 2002). Utama. Menurut Hartanti adapun perumusan penilaian kriteria pada FMEA adalah:

1. *Severity* (tingkat keparahan)

Merupakan tahapan pertama dalam mengetahui tingkat bahaya yang akan terjadi pada output yang dihasilkan. *Severity* merupakan seberapa buruk dampak yang ditimbulkan dari adanya kegagalan yang terjadi. Mode kesalahan dengan peringkat 1 tidak harus dianalisis lebih lanjut. Tabel 2.3 merupakan tabel penilaian untuk kriteria *severity*:

Tabel 2. 3 Kriteria *Severity*

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	Skor
Sangat rendah	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk. Dalam satu bulan produksi, terjadi <1% dari hasil produksi mengalami <i>rework</i> .	1
Rendah	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk. Dalam satu bulan produksi, terjadi 1% - 5% dari hasil produksi mengalami <i>rework</i> .	2
Sedang	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk. Dalam satu bulan produksi, terjadi 5% - 10% dari hasil produksi mengalami <i>rework</i> .	3
Tinggi	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk. Dalam satu bulan produksi, terjadi 10% - 20% dari hasil produksi mengalami <i>rework</i> .	4
Sangat Tinggi	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk. Dalam satu bulan produksi, terjadi 20% - 50% dari hasil produksi mengalami <i>rework</i> .	5
Berbahaya	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk. Dalam satu bulan produksi, terjadi >50% dari hasil produksi mengalami <i>rework</i> .	6

Sumber: (Hartanti, 2022)

2. *Occurrence* (tingkat frekuensi)

Occurrence merupakan seberapa sering penyebab kegagalan yang menyebabkan kegagalan tersebut terjadi. Pada bagian ini akan diukur frekuensi atau tingkat kejadian tersebut dan dari penyebab tersebut akan menghasilkan kegagalan. Pada nilai *occurrence* dimulai dari skala 1 sampai 10 yang mana peringkat tersebut konsisten dan terus berlangsung. Kesalahan yang terjadi digunakan untuk menunjukkan jumlah kesalahan yang diperkirakan selama proses. Tabel 2.4 merupakan penilaian untuk kriteria *occurrence*:

Tabel 2. 4 Kriteria *Occurrence*

<i>Occurrence</i>	Peluang Kejadian	Skor
Tidak pernah	Terjadi satu kali dalam >1 tahun	1
Jarang	Terjadi satu kali dalam 1-6 bulan	2
Kadang-kadang	Terjadi satu kali dalam 1-3 bulan	3
Cukup sering	Terjadi satu kali dalam satu bulan	4
Sering	Terjadi satu kali dalam satu minggu	5
Sangat Sering	Terjadi setiap hari.	6

Sumber: (Hartanti *et al.*, 2022)

3. *Detection* (tingkat deteksi)

Detection merupakan penilaian dari kemungkinan alat tersebut dapat mendeteksi penyebab potensial terjadinya suatu bentuk kegagalan. Peringkat yang terdapat pada *detection* termasuk kedalam peringkat relatif dalam lingkup FMEA. Agar dapat mencapai peringkat yang lebih rendah, maka harus dapat meningkatkan kontrol deteksi yang sudah direncanakan. Tabel 2.5 merupakan tabel peringkat *detection*.

Tabel 2. 5 Kriteria *Detection*

<i>Detection</i>	Tingkat Mendeteksi	Skor
Pasti	Sumber permasalahan langsung terdeteksi dan hasil deteksi akurat	1

<i>Detection</i>	<i>Tingkat Mendeteksi</i>	<i>Skor</i>
Sangat Mudah	Dibutuhkan inpeksi visual untuk mendeteksi sumber permasalahan dan hasil deteksi akurat	2
Mudah	Dibutuhkan alat bantu dalam mendeteksi sumber permasalahan dan sumber permasalahan dapat diketahui setelah terjadi	3
Sedang	Dibutuhkan alat bantu dalam mendeteksi sumber permasalahan dan sumber permasalahan dapat diketahui jika adanya analisis lebih lanjut	4
Sulit	Dibutuhkan alat bantu khusus yang lebih detail dalam mendeteksi sumber permasalahan dan sumber permasalahan sulit terdeteksi	5
Sangat Sulit	Sumber permasalahan tidak dapat terdeteksi	6

Sumber: (Hartanti *et al.*, 2022)

4. *RPN (Risk Priority Number)*

RPN merupakan merupakan angka prioritas risiko yang didapatkan dari perkalian bobot dari *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Semakin tinggi nilai RPN maka urutan prioritas perbaikannya semakin tinggi. Berdasarkan hasil RPN tersebut maka akan menentukan tindakan atau perlakuan dari *Potential Failure Mode*. Persamaan 2.7 merupakan rumus dalam perhitungan RPN dan penentuan kategori penyebab jenis cacat.

$$RPN = S \times O \times D \quad (2.7)$$

Di mana $S = \textit{Severity}$
 $O = \textit{Occurrence}$
 $D = \textit{Detection}$

Nilai RPN diperoleh untuk menentukan tingkat risiko, semakin tinggi nilai RPN maka semakin tinggi tingkat risiko dan menjadi prioritas utama untuk dilakukan perbaikan. Pengelompokan tingkat risiko ditunjukkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Kategori Risiko

Nilai RPN	Kategori
<20	Sangat rendah
20-50	Rendah

51-80	Sedang
81-100	Tinggi
>100	Sangat tinggi

Sumber: (Cahyabuana & Pribadi, 2015)

2.2.5 Metode TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving*)

TRIZ memiliki akronim Rusia yaitu “*Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch*”, yang diterjemahkan ke dalam bahasa Inggris yaitu “*Theory of Inventive Problem Solving*”. Metodologi TRIZ menawarkan proses pemecahan masalah yang tersusun rapi. Secara umum prosedur penggunaan metode TRIZ adalah dengan menemukan prinsip yang perlu diubah kemudian mencari prinsip dari efek yang tidak diinginkan (Rahmatullah, 2016). Dalam pemecahan solusi menggunakan TRIZ dibantu dengan 40 prinsip TRIZ yang menjadi petunjuk serta TRIZ memilih 39 parameter sistem yang mengakibatkan masalah. Parameter ini digunakan sebagai penentuan faktor yang menimbulkan kontradiksi agar lebih mudah (Meliani, 2022). Prinsip-prinsip tersebut didapatkan setelah mengetahui parameter yang ingin dibandingkan, satu berupa parameter yang ingin diperbaiki dan satu parameter yang menjadi kendala (Erni *et al.*, 2017). Singkatnya, dengan menggunakan TRIZ dilakukan pengklasifikasian masalah dengan 39 parameter TRIZ kemudian dilakukan pembuatan matriks kontradiksi serta perumusan masalah dengan membuat usulan perbaikan berdasarkan solusi ideal 40 prinsip kreatif. Adapun 39 parameter TRIZ ditunjukkan pada Tabel 2.6. (Domb *et al.*, 2007).

Tabel 2. 7 39 Parameter Sistem TRIZ

No	Parameter Sistem	No	Parameter Sistem
1	<i>Degree of responsibility of employee</i> (Tingkat tanggung jawab karyawan)	21	<i>Result or amount of output produced</i> (Hasil atau jumlah output yang dihasilkan)
2	<i>Degree of responsibility of supervisor</i> (Tingkat tanggung jawab supervisor)	22	<i>Loss/waste of energy</i> (Kehilangan/pemborosan energi)
3	<i>Coverage/span of employee responsibility</i> (Cakupan/rentang tanggung jawab karyawan)	23	<i>Loss/waste of members</i> (Kehilangan/pemborosan anggota)
4	<i>Coverage/span of supervisor responsibility</i> (Cakupan/rentang tanggung jawab supervisor)	24	<i>Loss/waste of Information</i> (Kehilangan/pemborosan informasi)
5	<i>Number of contacts/interfaces of employee</i> (Jumlah kontak/antarmuka karyawan)	25	<i>Loss/waste of Time</i> (Kehilangan/buang-buang waktu)

No	Parameter Sistem	No	Parameter Sistem
6	<i>Number of contacts/interfaces of supervisor</i> (Jumlah kontak/antarmuka supervisor)	26	<i>Number of team members</i> (Jumlah anggota tim)
7	<i>Bandwidth of employee</i> (Bandwidth karyawan)	27	<i>Reliability</i> (Keandalan)
8	<i>Bandwidth of supervisor</i> (Bandwidth supervisor)	28	<i>Actual compared to plan</i> (Real dibandingkan dengan rencana)
9	<i>Speed of response time</i> (Kecepatan waktu respons)	29	<i>Precision/consistency</i> (Presisi/konsistensi)
10	<i>Force or extent of response action</i> (Kekuatan atau tingkat tindakan respons)	30	<i>Object affected harmful factors</i> (Objek dipengaruhi faktor berbahaya)
11	<i>Stress or Pressure</i> (Stress/Tekanan)	31	<i>Object generated harmful factors</i> (Faktor berbahaya yang dihasilkan objek)
12	<i>Organizational hierarchy/level</i> (Hirarki/tingkat organisasi)	32	<i>Ease of manufacture</i> (Kemudahan pembuatan)
13	<i>Stability of organization</i> (Stabilitas organisasi)	33	<i>Ease of operation</i> (Kemudahan pengoperasian)
14	<i>Strength or ability to handle stress/pressure</i> (Kekuatan atau kemampuan untuk menangani stres/tekanan)	34	<i>Ease of repair</i> (Kemudahan perbaikan)
15	<i>Time to taken to complete task by employee</i> (Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas oleh karyawan)	35	<i>Adaptability or verssatility</i> (Kemampuan untuk dapat Beradaptasi atau keserbagunaan)
16	<i>Time to taken to complete task by supervisor</i> (Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas oleh supervisor)	36	<i>System complexity</i> (Kompleksitas sistem)
17	<i>Type of interaction</i> (Jenis interaksi)	37	<i>Difficulty of detecting and measuring</i> (Kesulitan mendeteksi dan mengukur)
18	<i>Visibility</i> (Visibilitas)	38	<i>Extent of automation</i> (Tingkat otomatisasi)
19	<i>Amount of effort put in employee</i> (Jumlah usaha yang dilakukan karyawan)	39	<i>Productivity</i> (Produktivitas)
20	<i>Amount of effort put in supervisor</i> (Jumlah usaha yang dilakukan supervisor)		

Sumber : (Domb *et al.*, 2007)

Setelah mengetahui parameter yang ingin dibandingkan terdiri dari parameter yang ingin diperbaiki (*improving parameters*) dan parameter yang menjadi kendala (*worsening parameter*)

kemudian akan merancang solusi dengan 40 prinsip kreatif pada TRIZ. Adapun 40 *inventive principles* terdapat pada Tabel 2.7 (Zhang *et al.*, 2015).

Tabel 2. 8 *Inventive Principles* TRIZ

No.	<i>Inventive Principles</i>	No.	<i>Inventive Principles</i>
1.	<i>Segmentation</i>	21.	<i>Rushing through</i>
2.	<i>Taking out or extraction</i>	22.	<i>Blessing in disguise</i>
3.	<i>Local quality</i>	23.	<i>Feedback</i>
4.	<i>Asymmetry</i>	24.	<i>Intermediary/mediator</i>
5.	<i>Merging/consolidation</i>	25.	<i>Self service</i>
6.	<i>Universality</i>	26.	<i>Copying</i>
7.	<i>Nested doll</i>	27.	<i>Cheap short-living objects</i>
8.	<i>Counterweight</i>	28.	<i>Replace mechanical systems</i>
9.	<i>Prior counteraction</i>	29.	<i>Pneumatics and hydraulics</i>
10.	<i>Prior action</i>	30.	<i>Flexible shells and thin films</i>
11.	<i>Cushion in advance</i>	31.	<i>Porous materials</i>
12.	<i>Equipotentiality</i>	32.	<i>Colour changes</i>
13.	<i>The other way around</i>	33.	<i>Homogeneity</i>
14.	<i>Spheroidality curvature</i>	34.	<i>Discarding and recovering</i>
15.	<i>Dynamics</i>	35.	<i>Parameter changes</i>
16.	<i>Partial or excessive actions</i>	36.	<i>Phase transitions</i>
17.	<i>Another dimension</i>	37.	<i>Thermal expansion</i>
18.	<i>Mechanical vibration</i>	38.	<i>Accelerated oxidation</i>
19.	<i>Periodic action</i>	39.	<i>Inert atmosphere</i>
20.	<i>Continuity of useful action</i>	40.	<i>Composite materials</i>

Sumber : (Zhang *et al.*, 2015)

Adapun uraian penjelasan mengenai masing-masing prinsip 40 *Inventive Principle* sesuai dengan Tabel 2.8 (Zhang *et al.*, 2015) adalah:

1. *Segmentation* (Segmentasi)
 - a. Membagi suatu benda atau sistem menjadi bagian-bagian yang independen.
 - b. Membuat benda atau sistem mudah dibongkar.
 - c. Meningkatkan derajat segmentasi.
2. *Taking out or extraction* (Pemisahan)

Memisahkan bagian atau properti yang mengganggu dari suatu benda maupun sistem yang diperlukan.
3. *Local quality* (Kualitas internal)
 - a. Mengubah struktur benda atau sistem dari seragam menjadi tidak seragam
 - b. Membuat setiap bagian dari suatu benda atau sistem sesuai dengan fungsinya

- c. Membuat setiap bagian dari suatu benda atau sistem memenuhi fungsi yang berbeda dan berguna.
4. *Asymmetry* (Ketidaksimetrisan)
 - a. Mengubah bentuk suatu benda atau sistem dari simetris menjadi asimetris.
 - b. Meningkatkan derajat asimetri, jika suatu benda atau sistem asimetris.
 5. *Merging/consolidation* (Penggabungan)
 - a. Mendekatkan atau menggabungkan benda atau sistem yang serupa.
 - b. Membuat operasi bersebelahan.
 6. *Universality* (Multifungsi)
 - a. Membuat benda atau sistem melakukan banyak fungsi.
 - b. Menggunakan fitur standar.
 7. *Nested doll* (Menempatkan objek lain)
 - a. Menempatkan satu benda atau sistem di dalam yang lain.
 - b. Membuat satu benda atau sistem di dalam yang lain.
 8. *Counterweight* (Penyeimbangan)
 - a. Untuk mengimbangi berat suatu benda atau sistem di dalam yang lain.
 - b. Untuk mengimbangi berat suatu benda atau sistem.
 9. *Prior counteraction* (Tidak membutuhkan tindakan awal)
 - a. Melakukan tindakan persiapan untuk sebuah benda atau sistem.
 - b. Mengatur benda atau sistem yang memakan waktu cukup lama.
 10. *Prior action* (Pemberian Tindakan awal)
 - a. Melakukan perubahan yang diperlukan dari suatu benda atau sistem.
 - b. Mengatur benda atau sistem sehingga dapat berinteraksi.
 11. *Cushion in advance* (Pengamanan)
 - a. Menyiapkan sarana darurat untuk mengimbangi keandalan yang relatif rendah dari suatu benda atau sistem.
 12. *Equipotentiality* (Penyelarasan)
 - a. Melakukan uji coba terhadap benda atau sistem untuk menghilangkan bagian yang tidak penting.
 13. *The other way around* (Lakukan tindakan sebaliknya/berlawanan)
 - a. Membalikan tindakan yang digunakan untuk menyelesaikan masalah
 - b. Membuat benda bagian bergerak sebagian.

- c. Gerakan benda dengan proses terbalik.
14. *Spheroidality curvature* (Mengubah objek datar menjadi bulat)
- a. Menggunakan bagian permukaan yang melengkung.
 - b. Menggunakan benda yang tidak beraturan.
 - c. Merubah gerakan lurus menjadi gerakan melingkar.
15. *Dynamics* (Pendinamisan)
- a. Merancang karakteristik suatu benda.
 - b. Membagi suatu benda atau sistem agar dapat bekerja sama.
 - c. Membuat suatu objek bergerak.
16. *Partial or excessive actions* (memperbaiki objek secara bertahap)
Menggunakan metode yang ada untuk mencapai nilai sempurna.
17. *Another dimension* (Penambahan dimensi)
- a. Memindahkan benda atau sistem kedalam ruang dua/tiga dimensi.
 - b. Menggunakan pengaturan benda atau sistem bertingkat.
 - c. Mengarahkan kembali benda atau sistem.
18. *Mechanical vibration* (meningkatkan frekuensi)
- a. Membuat suatu benda atau sistem bergetar.
 - b. Meningkatkan frekuensi benda atau sistem.
 - c. Menggunakan vibrator piezoelektrik yang bukan mekanik.
 - d. Menggunakan kombinasi ultrasonik dan osilasi medan elektromagnetik.
19. *Periodic action* (Tindakan periodik)
- a. Melakukan jeda.
 - b. Kemudian mengatur besar atau kecil dari masa jeda tersebut.
 - c. Menggunakan jeda tersebut untuk melakukan tindakan yang berbeda.
20. *Continuity of useful action* (Kelanjutan dari Tindakan yang berguna terhadap objek)
- a. Membiarkan sebuah benda atau sistem bekerja terus menerus dengan menggunakan beban penuh agar mengetahui kelebihan dan kekurangannya.
 - b. Menghilangkan semua tindakan yang tidak perlu.
21. *Rushing through* (Melewatkan tahapan yang tidak perlu)
- a. Melakukan proses atau tahapan tertentu dengan kecepatan tinggi
22. *Blessing in disguise* (Mengubah faktor-faktor berbahaya untuk diperbaiki)
- a. Menggunakan faktor-faktor berbahaya untuk mencapai efek positif.

- b. Menghilangkan tindakan berbahaya utama dengan menambahkannya ke tindakan berbahaya lainnya untuk menyelesaikan masalah.

23. *Feedback* (Memberikan umpan balik)

- a. Melakukan koreksi (merujuk kembali, pemeriksaan silang) untuk meningkatkan proses atau tindakan.
- b. Jika sudah menggunakan feedback, kemudian melakukan perubahan besar atau kecil.

24. *Intermediary/mediator* (Memberikan perantara)

- a. Menggunakan operator atau proses sebagai perantara.
- b. Menggabungkan satu benda sementara dengan yang lain (yang dapat dengan mudah dihilangkan).

25. *Self-service* (Pelayanan sendiri)

- a. Membuat sebuah benda atau sistem melakukan pelayanan sendiri dengan melakukan fungsi tambahan yaitu membantu.
- b. Menggunakan sumber daya lain.

26. *Copying* (Penyalinan)

- a. Menggunakan benda atau sistem yang sudah tersedia.
- b. Menggantikan objek atau sistem dengan proses salinan optik.
- c. Jika salinan optik sudah digunakan, gunakan inframerah atau ultraviolet eksemplar.
- d. Menyalin konsep layanan kreatif di industri yang berbeda.

27. *Cheap short-living objects* (Menggunakan objek identik lebih murah)

- a. Mengganti benda atau sistem yang mahal dengan beberapa benda atau sistem yang lebih murah.

28. *Replace mechanical system* (Penggantian system/teknik)

- a. Mengganti alat mekanis dengan alat sensorik (optik, akustik, rasa atau bau).
- b. Menggunakan medan listrik, magnet, dan elektromagnetik untuk berinteraksi dengan objek atau system.
- c. Melakukan perubahan dari bidang statis ke bidang bergerak, dari bidang tidak terstruktur ke bidang yang memiliki struktur.
- d. Menggunakan bersama dengan bidang-bidang yang lain.

29. *Pneumatics and hydraulics* (Pemanfaatan gas atau tenaga angin)

- a. Menggunakan bagian tidak berwujud dari suatu benda atau sistem.

30. *Flexible shells & thin films* (Kerangka yang mudah disesuaikan dan lapisan tipis)
- Menggunakan cangkang fleksibel dan film tipis daripada struktur tiga dimensi.
 - Menggunakan flexible shells and thin films untuk mengisolasi objek atau sistem dari lingkungan sekitar.
31. *Porous materials* (Membuat material dapat menyerap)
- Membuat benda atau sistem berpori atau menambahkan elemen berpori sebagai pelapis.
 - Jika suatu benda atau sistem sudah berpori, menggunakan pori-pori tersebut untuk memasukkan zat atau fungsi yang berguna.
32. *Colour changes* (Mengubah warna)
- Mengubah warna benda atau sistem atau lingkungan eksternalnya.
 - Mengubah transparansi suatu benda atau sistem atau lingkungan eksternalnya.
33. *Homogeneity* (Homogenitas)
- Membuat benda atau sistem berinteraksi dari bahan yang sama.
34. *Discarding and recovering* (Membuang dan memulihkan)
- Menghilangkan bagian-bagian dari benda atau sistem selama operasi.
 - Mengembalikan bagian-bagian yang dihilangkan selama operasi berjalan.
35. *Parameter changes* (Perubahan parameter)
- Mengubah keadaan fisik benda atau sistem.
 - Mengubah suatu konsentrasi atau konsistensi.
 - Mengubah tingkat fleksibilitas.
 - Mengubah suasana menjadi pengaturan yang optimal.
36. *Phase transitions* (Transisi)
- Menggunakan fenomena yang terjadi selama masa transisi (misalnya perubahan volume, proses menghilang atau penyerapan panas).
37. *Thermal expansion* (Penyesuaian objek dengan suhu)
- Menggunakan ekspansi termal (kontraksi) pada bahan.
 - Jika sudah melakukan ekspansi termal, kemudian gunakan bahan dengan ekspansi termal yang berbeda.
38. *Accelerated oxidation* (Meningkatkan mutu layanan)
- Mengganti udara yang biasa menjadi udara yang lebih kaya oksigen.
 - Mengganti udara untuk meningkatkan partisipasi konsumen.

c. Menggunakan oksigen yang terionisasi dengan ozon.

39. *Inert atmosphere* (Memisahkan objek ke lingkungan khusus)

a. Mengganti lingkungan normal menjadi lingkungan netral.

b. Menambahkan bagian yang netral kedalam suatu objek atau sistem

40. *Composite materials* (Menyediakan material pelengkap)

a. Melakukan perubahan terhadap bahan baku yang digunakan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di salah satu perusahaan yang memproduksi logam yaitu di PT. Mega Jaya Logam yang terletak di Kecamatan Ceper Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. Penelitian ini berfokus pada pengendalian kualitas produk untuk meningkatkan kualitas produk pada produksi *manhole* dengan mengetahui penyebab terjadinya produk cacat sehingga dapat diberikan usulan perbaikan yang dapat meminimalisir jumlah cacat produk.

3.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini yaitu Kepala Bagian Produksi beserta staf operatornya dan Kepala Bagian *Quality Control* beserta dengan staf operatornya. Pada Tabel 3.1 ditunjukkan data yang digunakan sebagai subjek penelitian ini.

Tabel 3. 1 Subjek Penelitian

No.	Jabatan pekerjaan	Lama Bekerja (tahun)
1.	Kepala bagian produksi	10
2.	Staff operator bagian produksi	7
3.	Staff operator bagian produksi	5
4.	Kepala bagian <i>quality control</i>	13
5.	Staff operator <i>quality control</i>	7

3.3 Teknik Pengumpulan Data

3.3.1 Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 jenis data yaitu:

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan dari narasumber pada objek penelitian PT. Mega Jaya Logam dengan melakukan observasi, wawancara, dan daftar pertanyaan. Data yang diperoleh berupa data historis jumlah produksi produk *manhole*, data historis jumlah produk cacat, data deskripsi jenis cacat, data

pembobotan penilaian kriteria yang telah ditentukan, dan informasi proses alur produksi.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung yang menjadi pendukung penelitian atau acuan untuk penelitian yang akan dilakukan. Data sekunder dapat diperoleh melalui studi literatur dari penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian yang akan diteliti.

3.3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode data yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Observasi

Observasi dilakukan untuk mengetahui kondisi perusahaan, aktivitas proses produksi secara langsung sehingga diperoleh permasalahan pada saat proses produksi yang menjadi penyebab produk cacat.

2. Wawancara

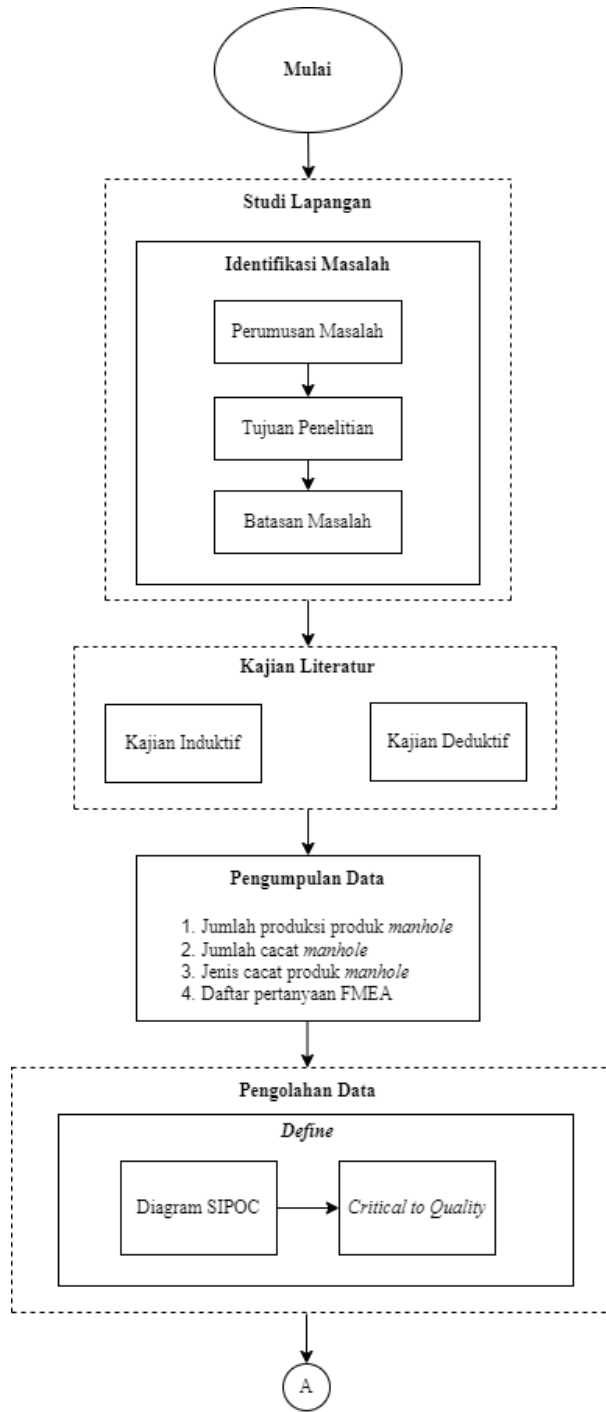
Wawancara dilakukan untuk memperoleh informasi terkait aktivitas proses produksi, data historis jumlah produksi produk *manhole*, data historis jumlah produk cacat, dan data deskripsi mengenai jenis cacat

3. Daftar Pertanyaan

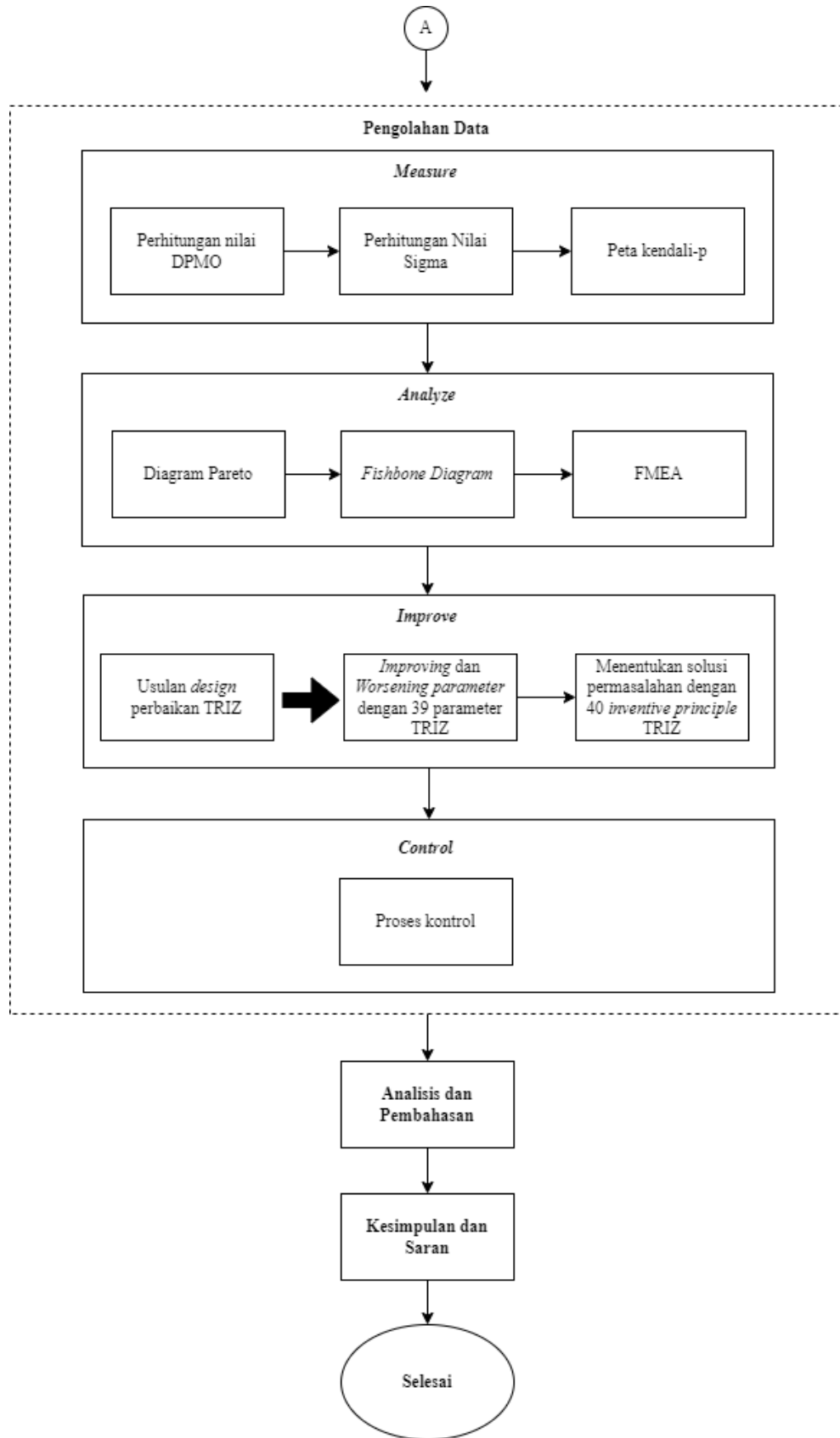
Daftar pertanyaan dilakukan untuk memperoleh data penilaian berupa pemberian bobot penilaian kriteria yang telah ditentukan untuk FMEA mengenai nilai *severity*, *occurrence*, *detection*. Pemberian bobot penilaian ini dilakukan oleh *expert* pada bidangnya yaitu bagian *quality control*. Kemudian *expert* juga mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan atau cacat produk. Penilaian kriteria dan pengidentifikasian ini dilakukan berdasarkan pengalaman *expert* pada proses produksi.

3.1 Alur Penelitian

Pada penelitian ini terdapat alur penelitian yang digunakan yaitu:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian



Gambar 3. 2 Alur Penelitian 2

Penjelasan alur penelitian ini adalah:

1. Identifikasi Masalah

Peneliti mengidentifikasi masalah dengan melakukan observasi langsung dan melakukan wawancara untuk memperoleh informasi mengenai kondisi perusahaan sekarang pada PT. Mega Jaya Logam Abadi guna mendapat topik penelitian yang akan dibahas.

2. Perumusan Masalah

Setelah memperoleh topik yang akan dibahas, selanjutnya merumuskan masalah yang ingin diselesaikan dari hasil identifikasi masalah pada perusahaan.

3. Kajian Literatur

Kajian literatur pada penelitian ini digunakan sebagai acuan dalam pengerjaan penelitian yang akan dilakukan. Kajian literatur terdiri dari kajian induktif dan deduktif yang diperoleh dari jurnal serta penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini.

4. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, data yang digunakan untuk penelitian ini yaitu terkait aktivitas proses produksi, data historis jumlah produksi produk *manhole*, data historis jumlah produk cacat, data deskripsi jenis produk cacat, dan penyebab produk cacat.

5. *Define*

Pada tahap ini mendefinisikan permasalahan terkait dengan produk cacat pada *manhole*. Kemudian membuat diagram SIPOC yang bertujuan untuk mengidentifikasi alur proses bisnis dimulai dari bahan baku hingga sampai ke produk jadi. Terdiri dari aspek penting seperti *stakeholder* yang ada dalam proses produksi. Kemudian menentukan CTQ atau *Critical to Quality* terhadap produk.

6. *Measure*

Pada tahap ini dilakukan pengukuran permasalahan yaitu berupa produk cacat yang bertujuan untuk mengevaluasi serta memahami kondisi proses saat ini dari perusahaan dengan menghitung nilai DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) yang menyatakan jumlah produk cacat yang terjadi dalam 1 juta kemungkinan dan menentukan nilai sigma perusahaan.

7. *Analyze*

Pada tahap ini dilakukan identifikasi sumber-sumber atau akar penyebab kecacatan. Pada tahap ini digunakan beberapa *tools* diantaranya akan dijelaskan di bawah ini.

a. Diagram Pareto

Diagram pareto digunakan untuk mengidentifikasi penyebab kecacatan produk dengan mengurutkan dari proporsi terbesar hingga terkecil. Oleh karena itu, dengan diagram ini dapat mengetahui penyebab permasalahan kecacatan mana yang menjadi prioritas untuk dilakukan analisis lebih lanjut guna perbaikan.

b. *Fishbone Diagram*

Fishbone Diagram digunakan untuk mengidentifikasi penyebab kecacatan pada produk dengan detail dengan menggunakan beberapa faktor. Dari hasil diagram pareto diperoleh penyebab kecacatan yang menjadi prioritas untuk perbaikan. Penyebab kecacatan berupa jenis cacat yang menjadi prioritas tersebut kemudian diidentifikasi sumber penyebab munculnya kecacatan menggunakan *fishbone diagram*.

c. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metode yang dapat digunakan untuk mencari penyebab timbulnya permasalahan dan menguraikan potensi kegagalan dengan persentase terbesar dari hasil identifikasi menggunakan *fishbone diagram*. FMEA juga dapat membantu menentukan prioritas perbaikan untuk kegagalan yang sering terjadi. Dalam menentukan prioritas perbaikan dilakukan dengan pembobotan berdasarkan *Severity* (tingkat keparahan), *Occurrence* (tingkat frekuensi), dan *Detection* (tingkat deteksi). Hasil perkalian nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* nantinya akan menghasilkan *Risk Priority Number (RPN)*. Penentuan nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* akan dilakukan peneliti bersama dengan *expert* perusahaan berdasarkan pengalaman dan pengamatan *expert*.

8. *Improve*

Pada tahap ini dilakukan pengidentifikasian usulan perbaikan berdasarkan penyebab permasalahan utama yang diperoleh dari tahap *analyze* pada hasil perhitungan RPN tertinggi. Pada tahap ini digunakan metode TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving*) guna membantu memberikan usulan *design* perbaikan pada penyebab cacat produk dominan berdasarkan nilai RPN tertinggi yang diperoleh dari analisis FMEA.

9. *Control*

Tahap terakhir yaitu control yang dilakukan dengan cara memberikan SOP terhadap divisi yang dianggap bertanggung jawab terhadap pengendalian kualitas agar masalah

yang sama tidak terulang. Hal tersebut dilakukan untuk memelihara agar proses yang telah diperbaiki tetap stabil.

10. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini menjelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian yang dilakukan. Di mana kesimpulan menjawab dari rumusan masalah yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah itu, peneliti memberikan saran. Saran yang diberikan ditujukan untuk perusahaan sebagai pertimbangan untuk dapat diterapkan sehingga menjadi lebih baik lagi. Selain itu, pemberian saran ditujukan juga untuk penelitian selanjutnya yang berkorelasi dengan penelitian ini.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Profil Perusahaan

PT. Mega Jaya Logam merupakan salah satu perusahaan bergerak di bidang industri manufaktur pengecoran logam dan permesinan. Perusahaan ini beroperasi di Jalan Bakalan Baru, Kecamatan Ceper, Jawa Tengah. PT. Mega Jaya Logam didirikan tahun 1995 oleh Ibu Mega dan Bapak Bambang. Pada awal didirikan, mulanya perusahaan ini masih berbentuk CV, sampai pada awal tahun 2022 berganti menjadi PT. Saat awal berkembang perusahaan memproduksi *bollard* kapal, *manhole*, dan *grill* hingga terus berkembang serta melakukan inovasi produk logam sampai saat ini dan telah dipercaya oleh beberapa perusahaan lain seperti PT. Brantas Abipraya, PT. Wijaya Karya, berbagai pemerintah yang ada di Indonesia seperti DKI Jakarta, Balikpapan, dan lain-lain. Perusahaan ini dipercaya dalam melakukan pengadaan beragam jenis barang seperti *manhole*, *bollard*, *stand bollard*, *grill*, lampu taman dan lain-lain. Dalam menjalankan perusahaannya, PT. Mega Jaya Loga memiliki tujuan yaitu menjadi perusahaan pengecoran logam dan permesinan dengan mengutamakan kepuasan pelanggan dan meminimalkan kecelakaan saat bekerja dengan mematuhi peraturan perundangan yang berlaku.

4.1.2 Hasil Produksi Perusahaan

Produk yang dihasilkan perusahaan ini digunakan pada berbagai lini industri seperti pada pelabuhan, proyek jalan, proyek pembangunan bandara, dan lain-lain. Untuk produknya antara lain:

1. *Grill Manhole*
2. *Bollard/bolder*
3. *Counter Weight Buoy*
4. Kursi taman

5. *Pulley V Belt*
6. Pompa sentrifugal
7. Tiang lampu
8. Tempat sampah kota
9. Tugu jam

4.1.3 Proses Produksi

Produk *manhole* di PT. Mega Jaya Logam diproduksi dengan melalui beberapa tahapan yaitu:

1. Pembuatan pola cetakan

Alur proses produksi *manhole* diawali dengan membuat pola cetakan yang telah disesuaikan dengan *custom* dari pelanggan. Pembuatan pola cetakan dibuat menggunakan alumunium. Selanjutnya akan dilakukan penanaman cetakan tersebut di dalam tanah yang nantinya akan digunakan untuk proses mencetak.

2. Persiapan bahan baku

Bahan baku yang dibutuhkan dalam produksi *manhole* terdiri dari bahan baku utama berupa gram dan besi rongsok atau bekas produk *defect* dan bahan baku tambahan seperti karbon, dan pasir silika. Komposisi yang digunakan untuk produksi *manhole* yaitu menggunakan perbandingan gram sebanyak 80% dan besi rongsok 20%.

3. Peleburan logam

Selanjutnya setelah itu, bahan baku tersebut dicampurkan jadi satu di dalam tungku induksi. Proses pencairan logam pada tungku induksi menggunakan suhu 1350°C - 1400°C. Pengadukan logam dalam tungku induksi dilakukan selama 1 jam.

4. Penuangan dan pencetakan

Setelah logam dileburkan, kemudian proses selanjutnya yaitu penuangan logam cair ke dalam ledel. Ledel merupakan tempat sementara untuk menampung logam cair yang berasal dari tungku induksi. Selanjutnya logam cair dalam ledel akan dilanjutkan menuju ke proses penuangan ke pencetakan yang sudah ditanam dalam tanah. Cairan logam dalam ledel dituang ke lubang pencetakan dengan menggunakan gayung yang terbuat dari besi. Setelah dituang, kemudian untuk proses pembekuan produk membutuhkan waktu 15 menit. Setelah produk beku,

produk tidak langsung dibongkar namun perlu membutuhkan waktu 30 menit hingga suhu turun lagi agar ketika dibongkar tidak terlalu panas.

5. Pembongkaran dan pendinginan

Setelah itu tahap selanjutnya adalah pembongkaran. Produk dibongkar setelah menunggu kurang lebih 45 menit. Selanjutnya produk diangkat menggunakan *crane* menuju ke bagian penampungan sementara.

6. Pembersihan

Setelah didinginkan, kemudian dilakukan pembersihan pasir yang masih menempel pada produk. Hal ini bertujuan agar motif yang dicetak terlihat dan dapat dilakukan pengecekan terhadap hasil produk.

7. *Quality control* tahap I

Tahap selanjutnya yaitu pengecekan terhadap hasil produk. Hal ini bertujuan untuk memisahkan produk yang lolos dan produk yang cacat.

8. Permesinan

Permesinan dilakukan dengan proses penggrindaan pada permukaan produk agar halus. Selain itu jika ada ukuran yang kurang sesuai akan dilakukan dengan mesin gerinda. Jika terdapat produk yang perlu didempul maka akan dilakukan juga yang bertujuan untuk meratakan permukaan. Jika produk membutuhkan perbaikan berupa pengelasan, maka akan dilakukan pengelasan yang bertujuan untuk menutup produk yang berlubang.

9. *Finishing* pengecatan

Setelah produk melalui tahap permesinan, selanjutnya akan dilakukan *finishing* dengan pengecatan.

10. *Quality control* tahap 2

Setelah selesai dilakukan *finishing*, kemudian akan dilakukan pengecekan kembali sebelum produk akan dikirim ke pelanggan.

4.1.4 Data Jumlah Produksi dan Produk Cacat

Data jumlah produksi dan data produk cacat diperoleh dari data historis perusahaan pada 6 bulan terakhir yaitu dimulai dari bulan Oktober 2022 hingga Maret 2023. Pada Tabel 4.1 merupakan data jumlah produksi dan produk cacat:

Tabel 4. 1 Jumlah Produksi dan Produk Cacat

Periode	Jumlah Produksi (pcs)	Jumlah Cacat (pcs)	Persentase (%)
Oktober 2022	281	11	3,91%
November 2022	349	49	14,04%
Desember 2022	788	81	10,28%
Januari 2023	576	93	16,15%
Februari 2023	392	17	4,34%
Maret 2023	611	28	4,58%
Total	2997	279	9,31%

4.1.5 Data Jenis Cacat Produk

Pada produksi produk *manhole* ditemukan 4 jenis cacat yang terjadi, di antaranya:

1. Keropos/lubang-lubang

Terdapat rongga udara didalam hasil pengecoran karena kurangnya pemadatan tanah serta kecepatan penuangan terlalu lambat.

2. Jendul

Hasil pengecoran menonjol keluar karena saat penumbukan tanah kurang padat dan kecepatan ketika menuang terlalu lambat sehingga pasir jatuh dikarenakan tidak kuat menopang cairan logam.

3. Retak

Hasil pengecoran retak karena penyusutan dan terlalu lama saat penuangan cairan logam

4. Tulisan tidak timbul

Hasil pengecoran yang mengakibatkan tulisan atau bentuk desain pada cetakan tidak terbaca karena saat temperatur cairan logam saat penuangan rendah.

5. Permukaan tidak rata

Permukaan tidak sama ketebalannya pada hasil pengecoran ada yang tebal dan tipis

Pada tabel 4.2 merupakan data jenis cacat produk *manhole* periode Oktober 2022 hingga Maret 2023.

Tabel 4. 2 Data jenis cacat produk *manhole* periode Oktober 2022 hingga Maret 2023

Periode	Jumlah Cacat (pcs)	Jenis Cacat				
		Keropos/Lubang-lubang	Jendul	Retak	Tulisan tidak timbul	Permukaan tidak rata
Oktober 2022	11	5	1	3	1	1
November 2022	49	12	15	5	15	2
Desember 2022	81	34	18	8	20	1
Januari 2023	93	44	26	12	5	6
Februari 2023	17	10	1	1	3	2
Maret 2023	28	8	13	2	4	1
Total	279	113	74	31	48	13

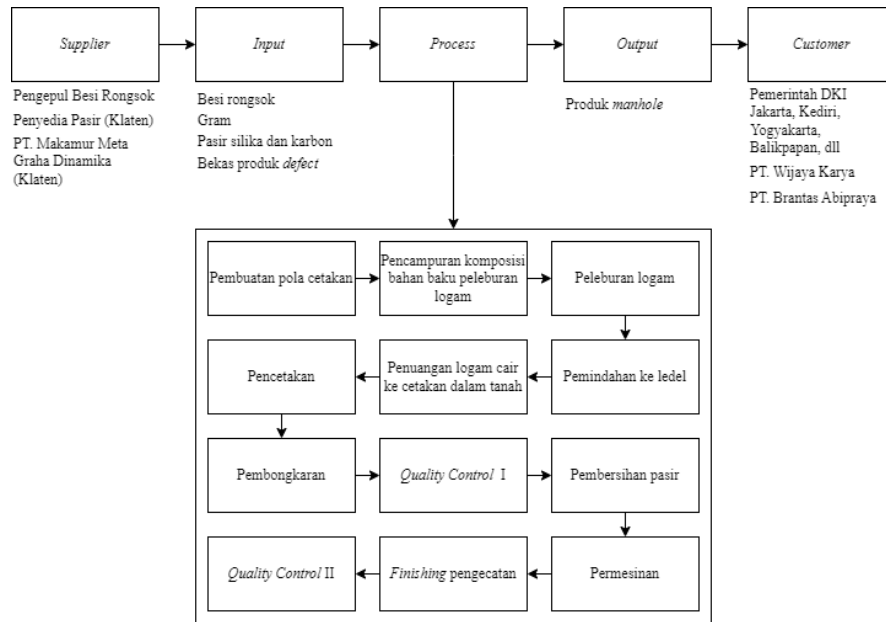
4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Define

Merupakan tahap awal dalam peningkatan kualitas di mana yang dilakukan adalah mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi perusahaan kemudian mengidentifikasi proses produksi serta peran sumber daya yang terlibat dalam proses peningkatan kualitas, Dalam tahap ini dimulai membuat diagram SIPOC lalu menentukan CTQ (*Critical to Quality*).

4.2.1.1 Diagram SIPOC

Diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*) berisikan alur produksi di PT. Mega Jaya Logam dimulai dari awal hingga menjadi produk akhir yang akan disalurkan ke pelanggan. Diagram SIPOC dari produksi *manhole* yang terdapat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Diagram SIPOC

Penjelasan:

1) *Supplier*

Dalam memproduksi produk *manhole*, PT. Mega Jaya Logam membutuhkan pemasok untuk memenuhi kebutuhan bahan baku produksi. Pemasok di perusahaan ini antara lain PT. Makmur Meta Graha Dinamika sebagai pemasok bahan baku utama karbon dan pasir silika. Lalu, untuk bahan baku utama besi rongsok dan gram dipasok dari pengepul yang ada di daerah Klaten, Surakarta, Jakarta, dan lainnya. Kemudian untuk bahan baku tambahan pasir cetak dipasok dari usaha individu yang ada di daerah Klaten.

2) *Input*

Input merupakan bahan baku yang digunakan dalam proses produksi. Bahan baku utama yang digunakan dalam produksi *manhole* antara lain besi rongsok, gram, bekas produk cacat, pasir silika, dan karbon. Sedangkan untuk bahan baku tambahan seperti karbon dan pasir silika. Pada proses produksi, mesin yang digunakan sudah menggunakan mesin induksi yang bersumberkan dari listrik. Pada perusahaan permasalahan ditemukan pada bagian *input* yaitu pada bahan baku.

3) *Process*

Proses produksi *manhole* terdiri dari tiga tahapan inti yaitu pencetakan, pengecoran, dan *finishing*. Pada proses pencetakan itu membuat cetakan dengan membuat pola

cetakan yang disesuaikan dengan desain terlebih dahulu, setelah pola cetakan jadi kemudian menanamnya dalam tanah hingga padat. Tahap selanjutnya pencampuran bahan baku untuk peleburan logam, dengan komposisi 20% rongsok besi dan 70% gram. Kemudian dipanaskan berkisar pada suhu 1350-1400°C. Proses peleburan dilakukan dalam waktu 90 menit untuk kapasitas tungku induksi sebesar 500 kg. Kemudian penuangan hasil peleburan ke ledel untuk selanjutnya akan dituangkan ke cetakan. Waktu logam cair untuk menjadi beku kurang lebih 15 menit namun untuk menunggu waktu pembongkaran dibutuhkan waktu 30 menit hingga 60 menit. Setelah dibongkar kemudian diangkat oleh *crane* untuk proses pendinginan lanjutan. Selanjutnya dilakukan *quality control* tahap 1. Kemudian melakukan pembersihan pasir dan penggerindaan untuk merapikan. Tahap selanjutnya yaitu *finishing* dengan pengecatan. Kemudian akan dilakukan *quality control* tahap 2 sebelum dilakukan pengiriman. Pada bagian ini ditemukan permasalahan yaitu pada proses pengolahan logam cair dan pada pembuatan cetakan.

4) *Output*

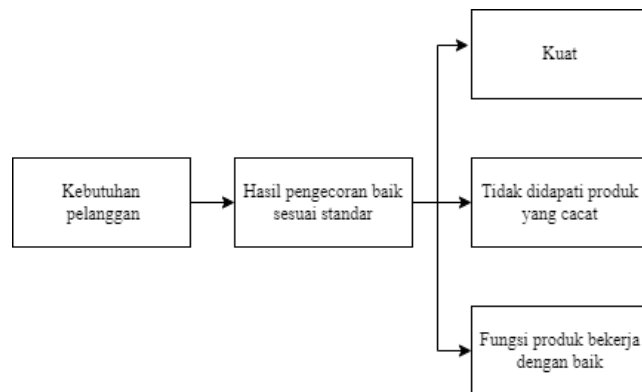
Hasil pengecoran logam di PT. Mega Jaya Logam bermacam-macam, salah satu produknya yaitu *manhole*. Produk lainnya antara lain *stand bollard*, *bollard* kapal, *grill*, *pulley v-belt*, lampu dan kursi taman, kotak sampah, dan lain-lain.

5) *Customer*

Customer produk *manhole* PT. Mega Jaya Logam antara lain, pemerintah DKI Jakarta, Kediri, Yogyakarta, pada proyek jalan kota, PT. Brantas Abipraya, dan PT. Wijaya Karya pada proyek bandara.

4.2.1.2 Identifikasi CTQ

CTQ (*Critical to Quality*) berisikan karakteristik kualitas pada produk yang berhubungan dengan kebutuhan pelanggan di mana karakteristik tersebut ditentukan berdasarkan kecacatan produk yang mempengaruhi kualitas pada produk. Pada Gambar 4.2 merupakan CTQ *tree* dari produk *manhole* PT. Mega Jaya Logam.

Gambar 4. 2 *Critical to Quality*

Hasil CTQ *tree* di atas selanjutnya digunakan untuk menentukan jenis cacat pada produk. Diperoleh temuan 5 jenis cacat pada proses produksi *manhole* di mana cacat tersebut mempengaruhi kualitas hasil akhir produk yaitu keropos/lubang-lubang, jendul, retak, tulisan tidak timbul, dan permukaan tidak rata. Tabel 4.2 merupakan persentase masing-masing jenis cacat pada hasil produksi *manhole* periode Oktober 2022 sampai Maret 2023.

Tabel 4. 3 Persentase Jenis Cacat

No	Jenis Cacat	Frekuensi	Persentase
1	Keropos/Lubang-lubang	113	40.50%
2	Jendul	74	26.52%
3	Retak	31	11.11%
4	Tulisan tidak timbul	48	17.20%
5	Permukaan tidak rata	13	4.66%
	Total	279	100.00%

4.2.2 *Measure*

Measure merupakan tahap kedua dalam pengendalian kualitas *Six Sigma*, di mana pada tahap ini bertujuan mengetahui kondisi perusahaan saat ini dengan menghitung nilai DPMO, nilai level sigma, dan peta kendali pada produk *manhole*.

4.2.2.1 Perhitungan nilai DPMO

DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) merupakan ukuran kegagalan dalam peningkatan kualitas *Six Sigma* yang menunjukkan kegagalan dalam satu juta kesempatan.

Dalam melakukan perhitungan DPMO, berikut pada persamaan 4.1 merupakan rumus perhitungannya DPMO.

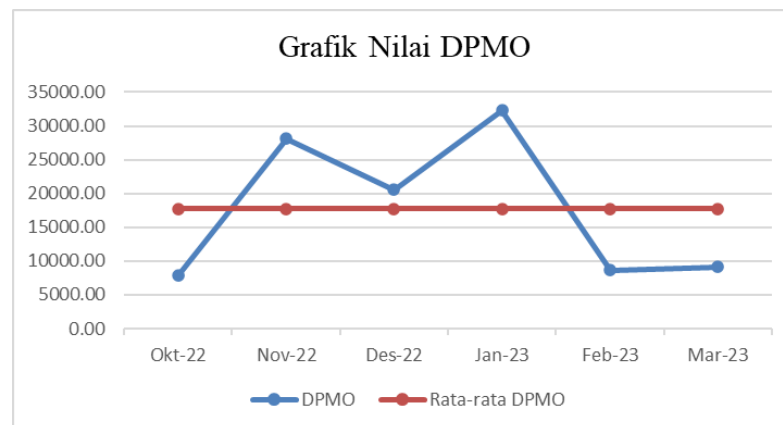
$$DPMO = \frac{\text{Jumlah produk cacat}}{\text{Unit yang diperiksa} \times \text{banyaknya jenis cacat}} \times 1.000.000 \quad (4.1)$$

Berdasarkan rumus tersebut, berikut merupakan perhitungan nilai DPMO periode Oktober 2022 hingga Maret 2023 yang terdapat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 4 Perhitungan nilai DPMO

Periode	Jumlah Produksi	Jumlah Defect	CTQ	DPMO
Oktober 2022	281	11	5	7829.18
November 2022	349	49	5	28080.23
Desember 2022	788	81	5	20558.38
Januari 2023	576	93	5	32291.67
Februari 2023	392	17	5	8673.46
Maret 2023	611	28	5	9165.30
Rata-rata				17766.37

Setelah memperoleh perhitungan nilai DPMO seluruhnya, kemudian membuat grafik nilai DPMO. Berikut merupakan grafik nilai DPMO yang terdapat pada Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4. 3 Grafik Nilai DPMO

Berdasarkan Gambar 4.3 di mana merupakan perhitungan nilai DPMO produk *manhole* pada PT. Mega Jaya Logam, dapat diperoleh bahwa nilai DPMO tertinggi terdapat pada periode Januari 2023 dengan nilai DPMO 32291,67. Sedangkan untuk nilai DPMO terendah terdapat pada periode Oktober 2022 dengan nilai DPMO 7829,18. Untuk rata-rata nilai DPMO periode Oktober 2022 hingga Januari 2023 yaitu 17766,37.

4.2.2.2 Perhitungan nilai sigma

Setelah memperoleh nilai DPMO, kemudian melakukan perhitungan untuk nilai sigma. Rumus yang digunakan untuk memperoleh nilai sigma yaitu dengan mengkonversikan nilai DPMO ke dalam *Ms. Excel* dengan formula di bawah ini.

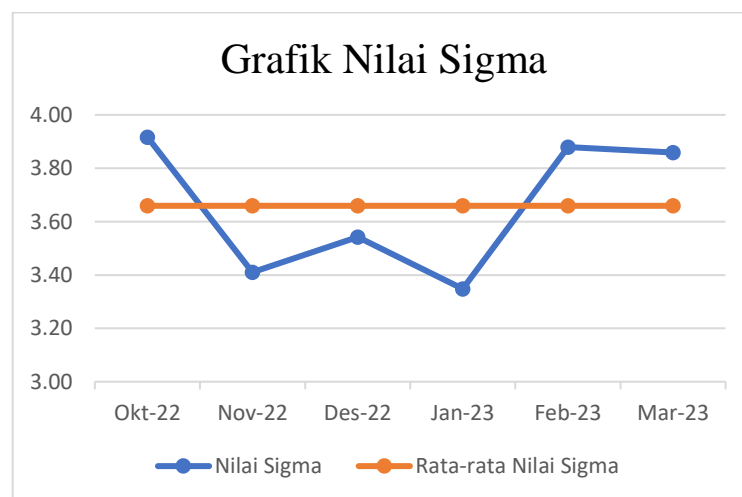
$$\text{Nilai sigma} = \text{normsinv} ((1000000 - \text{DPMO}) / 1000000) + 1,5 \quad (4.2)$$

Pada Tabel 4.4 di bawah ini merupakan hasil perhitungan nilai sigma yang telah dikonversikan melalui *Ms. Excel*.

Tabel 4. 5 Hasil Nilai Sigma

Periode	DPMO	Nilai Sigma
Oktober 2022	7829.18	3.92
November 2022	28080.23	3.41
Desember 2022	20558.38	3.54
Januari 2023	32291.67	3.35
Februari 2023	8673.47	3.88
Maret 2023	9165.30	3.86
Rata-rata	17766	3.66

Setelah memperoleh nilai sigma seluruhnya, kemudian menginterpretasikan Tabel 4.4 ke dalam bentuk grafik nilai sigma PT. Mega Jaya Logam periode Oktober 2022 hingga Maret 2023. Gambar 4.4 merupakan grafik nilai sigma periode Oktober 2022 hingga Maret 2023.



Gambar 4. 4 Grafik Nilai Sigma

Berdasarkan Gambar 4.4 didapati bahwa nilai sigma produk *manhole* paling tinggi terdapat pada bulan Oktober 2022 sebesar 3,92. Sedangkan nilai sigma paling rendah

terdapat pada periode Januari 2023 sebesar 3,35. Untuk rata-rata keseluruhan nilai sigma periode Oktober 2022 hingga Maret 2023 diperoleh sebesar 3,66.

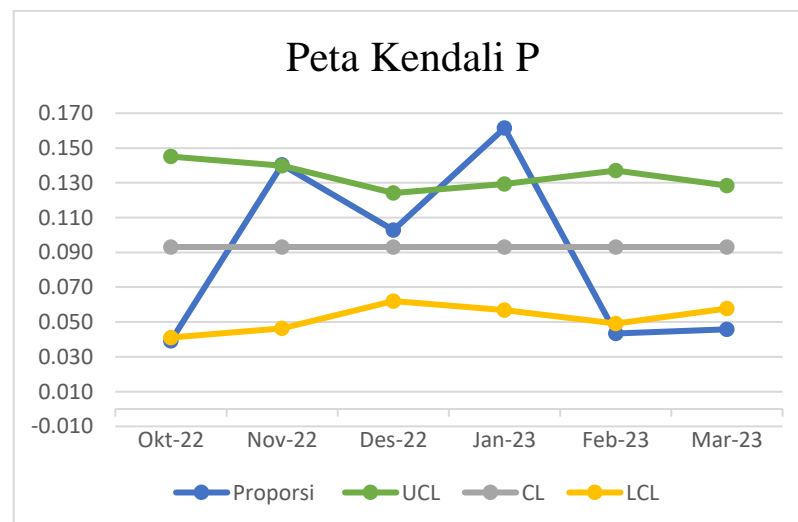
4.2.2.3 Perhitungan peta kendali

Peta kendali termasuk salah satu *tool* pengendalian kualitas yang digunakan untuk melihat kondisi apakah suatu hasil produksi itu berada dalam batas kendali atau tidak. Peta kendali yang digunakan yaitu peta kendali p. Berikut ditunjukkan Tabel 4.5 yang merupakan perhitungan peta kendali pada produksi *manhole* periode Oktober 2022 hingga Maret 2023.

Tabel 4. 6 Perhitungan peta kendali

Periode	Jumlah Produksi	Jumlah Defect	Proporsi	UCL	CL	LCL
Oktober 2022	281	11	0.039	0.145	0.093	0.041
November 2022	349	49	0.140	0.140	0.093	0.046
Desember 2022	788	81	0.103	0.124	0.093	0.062
Januari 2023	576	93	0.161	0.129	0.093	0.057
Februari 2023	392	17	0.043	0.137	0.093	0.049
Maret 2023	611	28	0.046	0.128	0.093	0.058
Total	2997	279				
Rata-Rata	499.500	46.5				

Setelah memperoleh hasil perhitungan peta kendali yang terdapat pada Tabel 4.5, selanjutnya yaitu menginterpretasikan hasil tersebut ke dalam bentuk grafik peta kendali p produk *manhole* periode Oktober 2022 hingga Maret 2023 di bawah ini.



Gambar 4. 5 Peta Kendali P

Gambar 4.5 merupakan gambar peta kendali p pada produksi *manhole* periode Oktober 2022 hingga Maret 2023. Berdasarkan gambar dan tabel tersebut didapati bahwa masih ditemukan 4 data yang berada diluar batas *kontrol* yaitu pada periode Oktober 2022, Januari 2023, Februari 2023 dan Maret 2023. Sedangkan 2 data lainnya berada dalam batas kendali yaitu periode November 2022 dan Desember 2022.

4.2.3 Analyze

Kemudian memasuki tahap *Analyze*, tahap ini merupakan tahap ketiga dalam pengendalian kualitas dengan *Six Sigma*. Di mana tahap ini dilakukan identifikasi sumber penyebab dari permasalahan pada kegagalan proses produksi. Proses mengidentifikasi tersebut dilakukan dengan bantuan diagram pareto untuk mengetahui jenis cacat paling dominan, kemudian *fishbone diagram* untuk mencari penyebab timbulnya permasalahan kegagalan. Setelah itu, akan diuraikan potensi kegagalan yang menjadi prioritas perbaikan dengan bantuan FMEA.

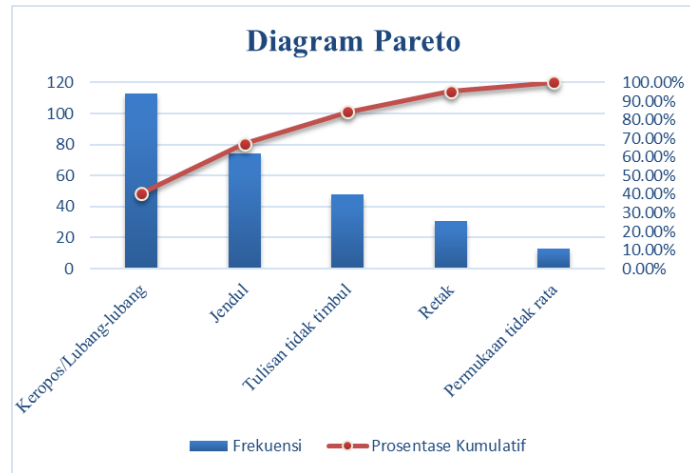
4.2.3.1 Diagram Pareto

Diagram pareto digunakan untuk mengetahui jenis cacat pada produk *manhole* yang paling dominan di mana menggunakan data jumlah produk cacat periode Oktober 2022 hingga Maret 2023. Tabel 4.6 merupakan jumlah persentase jenis cacat pada produk *manhole*.

Tabel 4. 7 Persentase Jenis Cacat

No	Jenis Cacat	Frekuensi	Persentase	Persentase Kumulatif
1	Keropos/Lubang-lubang	113	40.50%	40.50%
2	Jendul	74	26.52%	67.03%
3	Retak	31	11.11%	78.14%
4	Tulisan tidak timbul	48	17.20%	95.34%
5	Permukaan tidak rata	13	4.66%	100.00%
	Total	279	100.00%	

Tabel 4.6 merupakan tabel jumlah cacat produk *manhole* berdasarkan jenisnya. Berdasarkan tabel tersebut, kemudian menginterpretasikannya dalam bentuk grafik diagram pareto yang terdapat pada Gambar 4.6.

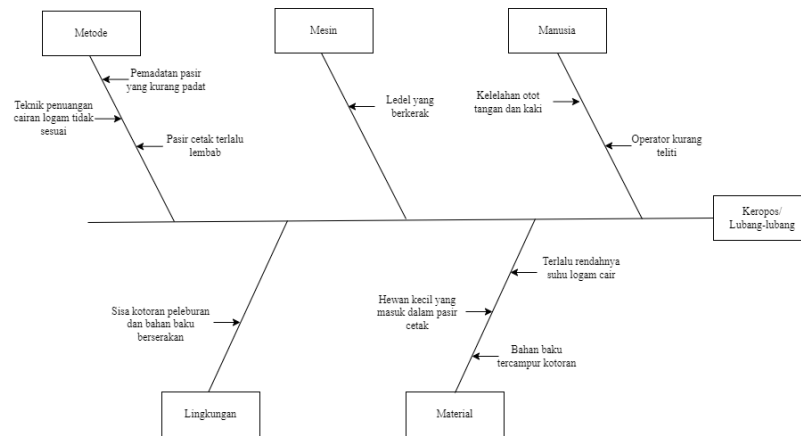


Gambar 4. 6 Diagram Pareto Jenis Cacat

Gambar 4.6 merupakan diagram pareto yang menunjukkan jenis cacat mana yang paling dominan. Di mana batang yang paling kiri menunjukkan frekuensi tertinggi dari jenis cacat produk *manhole*. Berdasarkan gambar tersebut, didapati bahwa jenis cacat yang paling tinggi frekuensinya yaitu jenis cacat keropos/lubang-lubang sebesar 40,5% sedangkan jenis cacat paling sedikit frekuensinya yaitu permukaan tidak rata sebesar 4,66%.

4.2.3.2 Fishbone Diagram

Berdasarkan hasil diagram pareto, didapati bahwa jenis cacat dengan frekuensi paling tinggi yaitu jenis cacat keropos/lubang-lubang. Selanjutnya berdasarkan jenis cacat yang paling dominan kemudian dilakukan identifikasi terhadap sumber atau penyebab dari terjadinya jenis cacat tersebut. Dalam mengidentifikasi sumber atau penyebab terjadinya jenis cacat dilakukan analisis melalui *fishbone diagram* berdasarkan faktor *man* (manusia), *method* (metode), *machine* (mesin), *material* (bahan baku), *environment* (lingkungan). Gambar 4.7 merupakan beberapa faktor yang menjadi penyebab terjadinya jenis cacat keropos/lubang-lubang yang diinterpretasikan dalam *fishbone diagram*.



Gambar 4. 7 Fishbone Diagram Cacat Keropos/Lubang-lubang

Berdasarkan *fishbone diagram* di atas, diketahui bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi munculnya jenis *defect* keropos/lubang-lubang. Pada Tabel 4.7 merupakan penjelasan dari tiap faktor dan penjelasan lebih detail dari tiap-tiap faktor penyebab pada kecacatan keropos/lubang-lubang.

Tabel 4. 8 Penjelasan Penyebab Cacat Keropos/Lubang-lubang

Faktor	Penyebab	Keterangan
Manusia (<i>man</i>)	Operator kurang teliti	Operator terburu-buru dalam mengerjakan untuk mengejar target agar sesuai perencanaan produksi yang berakibat pada tidak ketelitian. Kemudian kurangnya pengawasan oleh kepala bagian juga menjadi penyebab operator kurang teliti dalam bekerja. Selain itu, operator kurang mengerti prosedur pelaksanaan pengecoran mengakibatkan tidak ketelitian dalam mengatur komposisi cairan.
	Kelelahan otot tangan dan kaki	Operator bekerja secara <i>continue</i> dalam sehari selama 8 jam dan menggunakan tenaga fisik dalam pengerjaannya.
Mesin	Ledel berkerak	Karena penggunaannya yang <i>continue</i> maka dapat membuat ledel berkerak karena bekas cairan logam dari proses sebelumnya, dari kerak tersebut dapat mempengaruhi hasil akhir produk yaitu menimbulkan lubang-lubang pada permukaan.
Metode	Pemadatan pasir yang kurang padat	Pemadatan pasir saat proses membuat cetakan dapat mempengaruhi hasil akhir produk, dikarenakan jika pasir tidak padat maka pasir bisa dengan mudah rontok masuk ke cairan logam dan menyebabkan keropos/lubang-lubang.
	Teknik penuangan cairan logam tidak sesuai	Terkadang operator dalam menuang cairan logam terlalu lambat yang dapat mempengaruhi hasil akhir produk dikarenakan jika terlalu lambat suhu cairan juga akan rendah dan ketika dituang ke lubang pencetakan belum sempurna menyatu karena sudah terlanjur membeku dahulu sebelum menyatu dengan cairan yg lain sehingga mengakibatkan keropos/lubang-lubang
	Pasir cetak terlalu lembab	Operator yang kurang pengetahuan dan menjalankannya tidak sesuai prosedur dalam memberikan air pada pasir ketika proses pencetakan

Faktor	Penyebab	Keterangan
Material	Bahan baku tercampur kotoran	<p>dapat menimbulkan uap air yang terjebak di dalam tanah, sehingga uap air tersebut menimbulkan rongga udara didalam cairan logam sehingga mengakibatkan keropos/lubang-lubang.</p> <p>Kurangnya kebersihan pada area bahan baku, di mana antara bahan baku jenis satu dan yang lainnya dijadikan satu, kemudian untuk bahan baku yang yang sudah lolos sortir dijadikan satu area dengan bahan baku yang baru datang, jika terlalu banyak kotoran yang tercampur dapat mempengaruhi hasil akhir produk.</p>
	Terlalu rendahnya suhu logam cair	<p>Terlalu rendahnya suhu logam cair berakibat logam cepat membeku hal itu disebabkan oleh cairan logam yang bercampur alumunium pada ledel.</p>
	Hewan kecil yang masuk dalam pasir cetak	<p>Hewan kecil ini muncul dikarenakan lingkungan dingin, jika hewan tersebut masuk dalam pasir cetak dapat membuat sarang baru dalam pasir yang mengakibatkan produk keropos.</p>
Lingkungan	Sisa kotoran peleburan dan bahan baku berserakan	<p>Kotoran dari hasil peleburan dan pada bahan baku dapat masuk ke ledel yang akan mempengaruhi hasil akhir produk</p>

4.2.3.3 *Failure Mode and Effect Analysis*

Setelah melakukan identifikasi akar penyebab pada produk cacat menggunakan *fishbone diagram*, kemudian mengidentifikasi dan menentukan prioritas penyebab cacat menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Dalam pembuatan FMEA dilakukan dengan pemberian rating pada masing-masing mode kegagalan menurut kriteria pada FMEA terdiri dari *Severity* (tingkat keparahan), *Occurrence* (tingkat frekuensi), dan *Detection* (tingkat deteksi). Setelah itu menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan mengalikan *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Hasil perhitungan RPN tersebut dijadikan dasar sebagai perbaikan, semakin tinggi hasil perkalian RPN, maka mode kegagalan tersebut semakin menjadi prioritas untuk dilakukan perbaikan. Pemberian penilaian diperoleh dari hasil wawancara dengan kepala produksi beserta staf dan kepala bagian *quality control* beserta stafnya. Ditunjukkan hasil penilaian pada masing-masing mode kegagalan berdasarkan kriteria FMEA *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 9 Perhitungan *Risk Priority Number* pada Cacat Keropos/Lubang-lubang

<i>Failure Mode</i>	<i>Potential Failure</i>	<i>Severity</i>	<i>Cause of Failure</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Current Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Rank</i>
	Operator kurang teliti	5	Operator terburu-buru sehingga pengerjaan tidak sesuai prosedur kerja pada SOP dan kurangnya pengawasan oleh <i>supervisor</i> .	6	Membuat prosedur pelaksanaan produksi secara tertulis dan meningkatkan pengawasan serta arahan saat proses pengecoran	4	120	1
Keropos/lubang-lubang	Kelelahan otot tangan dan kaki	3	Pekerjaan dilakukan dengan berdiri dan menggunakan tenaga fisik selama 8 jam per hari jika tidak lembur	4	Memberikan jeda waktu istirahat di sela sela pekerjaan	2	24	8
	Ledel berkerak	3	Penggunaan ledel secara <i>continue</i> tanpa dilakukan	3	Membuat penjadwalan pembersihan ledel setiap	3	27	7

<i>Failure Mode</i>	<i>Potential Failure</i>	<i>Severity</i>	<i>Cause of Failure</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Current Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Rank</i>
	Pemadatan pasir yang kurang padat	5	pembersihan berkala Operator cetak tergesa-gesa dalam mengerjakan	4	sebelum digunakan Melakukan pengawasan dan memberi teguran agar operator memastikan pasir padat.	3	60	3
	Teknik penuangan cairan logam tidak sesuai	4	Kecepatan penuangan terlalu lambat sehingga suhu terlalu rendah	3	Melakukan pengawasan sehingga kecepatan penuangan sesuai	3	36	5
	Pasir cetak terlalu lembab	4	Terlalu banyak pemberian air pada proses pencetakan	4	Membuat standar ukuran pemberian air untuk proses pencetakan	4	48	4
	Bahan baku tercampur kotor	4	Kurangnya kebersihan bahan baku	5	Memisahkan bahan baku berdasarkan jenisnya dan melakukan pengecekan ulang pada bahan baku	4	80	2

<i>Failure Mode</i>	<i>Potential Failure</i>	<i>Severity</i>	<i>Cause of Failure</i>	<i>Occurence</i>	<i>Current Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Rank</i>
	Terlalu rendahnya suhu logam cair	4	Logam cair yang tercampur kotoran alumunium pada ledel dan tidak adanya pengecekan pasti pada suhu logam cair saat mendidih	3	Melakukan pembersihan ledel sebelum digunakan dan mengecek titik didih pada cairan logam.	4	48	4
	Hewan kecil masuk dalam cetakan pasir	3	Suhu udara lingkungan dingin	2	Menutup lubang pada lubang masuk cairan logam pada pasir cetak	5	30	6

<i>Failure Mode</i>	<i>Potential Failure</i>	<i>Severity</i>	<i>Cause of Failure</i>	<i>Occurence</i>	<i>Current Control</i>	<i>Detection</i>	RPN	<i>Rank</i>
	Sisa kotoran peleburan dan bahan baku berserakan	3	Kurangnya kesadaran terkait kerapian lantai produksi	3	Membuat penjadwalan tertulis untuk pembersihan lantai produksi dan memeriksa kebersihan sebelum dan sesudah pengecoran	4	36	5

Berdasarkan Tabel 4.8 yang merupakan hasil perhitungan nilai RPN. Nilai tersebut diperoleh setelah memberikan nilai rating *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada tiap penyebab cacat keropos/lubang-lubang. Dari hasil perhitungan nilai RPN diperoleh faktor dominan yang mengakibatkan jenis cacat keropos/lubang-lubang adalah faktor manusia berupa operator kurang teliti dengan nilai RPN tertinggi sebesar 120. Nilai RPN sebesar 120 masuk dalam kategori risiko sangat tinggi. Oleh karena itu, penyebab permasalahan cacat produk keropos/lubang-lubang yang disebabkan oleh operator kurang teliti menjadi faktor paling dominan.

4.2.4 *Improve*

Hasil dari perhitungan RPN pada FMEA menentukan prioritas *failure mode* atau faktor risiko paling dominan yang menyebabkan timbulnya jenis cacat keropos/lubang-lubang. Kemudian, untuk memperoleh solusi alternatif berdasarkan matriks kontradiksi diterapkan metode TRIZ. Menurut Gamboa & Singgih (2021), penerapan metode TRIZ dapat membantu untuk memberikan solusi alternatif pada permasalahan terjadinya produk cacat. Adapun penelitian yang mengintegrasikan *Six Sigma* dan metode TRIZ dalam memberikan usulan perbaikan antara lain penelitian oleh Pinanggih (2017) Putri *et al.*, (2019), Zuhandini (2020), dan Gamboa & Singgih (2021). Tahapan dalam penerapan metode TRIZ dalam menentukan solusi alternatif menurut Rizki *et al.*, (2017)

1. Mengidentifikasi masalah

Pengidentifikasian masalah dilakukan pada tahap *define* dan *analyze* untuk mempermudah dalam memberikan usulan perbaikan. Pada tahap *define* dilakukan pengidentifikasian CTQ. Dilanjutkan pada tahap *analyze* dengan mengidentifikasi penyebab terjadinya masalah menggunakan *tools* pareto diagram, *fishbone diagram*, dan FMEA.

2. Pemecahan kontradiksi

Setelah menentukan faktor dominan yang menjadi penyebab timbulnya masalah berdasarkan identifikasi pada FMEA, kemudian menentukan parameter-parameter yang ingin diperbaiki atau *improving parameter* dan faktor yang menjadi dampak dari adanya perbaikan atau *worsening parameter*. Kedua parameter tersebut ditentukan menggunakan 39 parameter yang ada dalam TRIZ.

3. Matriks kontradiksi

Setelah menentukan *improving parameter* dan *worsening parameter*, kemudian mencari solusi permasalahan menggunakan matriks kontradiksi TRIZ dengan

mengidentifikasi 2 parameter yang memiliki kontradiksi pada sistem (Putri *et al.*, 2019).

4. Menentukan solusi permasalahan

Setelah menentukan matriks kontradiksi, kemudian menemukan alternatif solusi permasalahan berdasarkan 40 *inventive principle* yang ada pada TRIZ.

Berdasarkan tahapan tersebut, tahapan pertama yaitu mengidentifikasi faktor dominan yang menjadi penyebab timbulnya produk cacat. Berdasarkan analisis FMEA pada tahap *analyze*, diperoleh faktor dominan yang menyebabkan timbulnya produk cacat keropos/lubang-lubang berdasarkan nilai RPN tertinggi yaitu operator kurang teliti. Faktor penyebab terjadinya cacat produk karena operator kurang teliti berada pada kategori risiko sangat tinggi. Dalam penyusunan kontradiksi diawali dengan menentukan *improving parameter* dan *worsening parameter*. Adapun untuk *improving parameter* dan *worsening parameter* untuk permasalahan operator kurang teliti akan ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 10 Parameter TRIZ

Penyebab	<i>Improving Parameter</i>	<i>Worsening Parameter</i>
Operator kurang teliti	<i>Degree of Responsibility of Supervisor (2)</i>	<i>Stress or pressure (11)</i>

Berdasarkan Tabel 4.9, penyebab permasalahan operator kurang teliti diakibatkan karena operator melakukan pekerjaan dengan terburu-buru sehingga membuat pengerjaan tidak sesuai dengan prosedur. Hal itu dikarenakan juga karena kurangnya pengawasan serta arahan terkait prosedur pelaksanaan pengecoran. Oleh karena itu berdasarkan 39 parameter TRIZ, parameter yang ingin diperbaiki atau ditingkatkan yaitu *Degree of Responsibility of Operator (2)* atau tingkat tanggung jawab *supervisor* dan parameter yang menjadi dampak dari adanya perbaikan (*worsening parameter*) yaitu *Stress or pressure (11)*. Apabila kepala bagian meningkatkan tanggung jawab dalam proses produksi dengan memberikan arahan, serta pengawasan terkait pelaksanaan prosedur kerja secara rutin maka operator menjadi lebih teliti dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga dapat mengurangi timbulnya cacat produk, akan tetapi apabila tanggung jawab *supervisor* ditingkatkan dengan memperketat pengawasan dan memberikan arahan secara

rutin maka dapat memberikan efek bagi operator berupa tekanan berlebih yang dirasakan operator atau menimbulkan *stress* atau tekanan pada operator.

Setelah mengelompokkan faktor yang menyebabkan timbulnya cacat produk ke dalam 39 parameter TRIZ dengan menentukan *improving parameter* dan *worsening parameter*, langkah selanjutnya yaitu melakukan pembuatan *matrix contradiction* bertujuan untuk mencari solusi terbaik untuk menyelesaikan permasalahan cacat produk keropos/lubang-lubang. Adapun untuk hasil matriks kontradiksi untuk penyebab permasalahan operator kurang teliti akan ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 11 *Matrix Contradiction*

Penyebab	<i>Improving Parameter</i>	<i>Worsening Parameter</i>	<i>Matrix Contradiction</i>
Operator kurang teliti	<i>Degree of Responsibility of Operator (2)</i>	<i>Stress or Pressure (11)</i>	10, 13, 18, 29

Berdasarkan Tabel 4.10, maka hasil matriks kontradiksi dari penyebab permasalahan operator kurang teliti dengan *improving parameter Degree of responsibility of operator (2)* dan *worsening parameter Stress or pressure (11)* yaitu diperoleh solusi pada matriks berdasarkan *40 inventive principle* 10, 13, 18, dan 29 yang dijabarkan pada penjelasan di bawah ini.

- a. Prinsip nomor 10: *Prior action*
- b. Prinsip nomor 13: *The other way around*
- c. Prinsip nomor 18: *Mechanical vibration*
- d. Prinsip nomor 29: *Pneumatics and hydraulics*

Dari *inventive principle* yang diperoleh, kemudian memilih satu solusi yang paling ideal serta cocok dengan perusahaan, prinsip yang dipilih peneliti yaitu prinsip *Prior action* (10) di mana perlu adanya perbaikan dengan memberikan tindakan awal untuk melakukan perubahan keadaan sistem yang ada di perusahaan dan mengatur sistem agar dapat berinteraksi. Dari solusi ideal yang terpilih, selanjutnya menentukan ide usulan perbaikan.

4.2.5 Control

Control dilakukan dengan pengontrolan oleh kepala bagian produksi dan *quality control*. Pengawasan dilakukan secara lebih ketat dan periodik pada operator produksi sehingga SOP produksi dapat berjalan dengan optimal. Selain pengawasan, memberikan teguran

juga perlu dilakukan saat proses pengontrolan. Kemudian untuk pelaksanaan *morning briefing* harus dilakukan secara rutin karena agar para pekerja membudayakan sistem yang telah ditetapkan sehingga dapat meminimalisir risiko terjadinya cacat produk. Pengontrolan ini harus dilakukan secara konsisten agar dapat mengubah sistem pada perusahaan yang sebelumnya tidak dilakukannya *morning briefing* dan pengawasan sesuai dengan SOP. Dengan diadakannya *morning briefing* dan dibuatnya prosedur dalam pengecoran diharapkan dapat membantu meminimasi kesalahan yang terjadi saat proses produksi.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 *Define*

Tahap pertama dalam pengendalian kualitas *Six Sigma* yaitu *define*. Diawali dengan membuat diagram SIPOC dan menentukan CTQ. Diagram SIPOC digunakan untuk mengetahui alur produksi di PT. Mega Jaya Logam dimulai dari awal hingga siap disalurkan ke pelanggan. PT. Mega Jaya Logam merupakan salah satu industri manufaktur yang bergerak di bidang pengecoran logam di mana terletak di Kecamatan Ceper. Ceper merupakan salah satu daerah yang mayoritasnya memproduksi logam. Dalam produksinya, perusahaan ini mengimplementasikan sistem produksi *make to order*. Pelanggan akan menentukan produk yang akan dipesan dan memberikan kriteria khusus seperti ukuran dan desain kemudian akan dikirimkan sesuai waktu yang ditentukan. Objek penelitian ini berfokus pada produk *manhole*.

Proses produksi perusahaan ini bekerja sama dengan perusahaan lain sebagai *supplier* dalam memasok bahan baku. Di mana untuk bahan baku karbon dan pasir silika dipasok dari PT. Makmur Meta Garaha Dinamika, untuk besi rongsok dan gram dipasok dari pengepul wilayah Klaten, Surakarta, Jakarta. Sedangkan pasir dipasok dari wilayah Klaten. Bahan baku tersebut akan diproses melalui pengecoran hingga menjadi produk *manhole* atau penutup saluran air yang ada di jalan atau trotoar, terdiri dari *cover* dan *frame*. Proses pembuatan produk *manhole* diawali dengan membuat pola cetakan yang kemudian ditanam pada tanah, kemudian memasuki peleburan logam dengan mencampur bahan baku rongsok besi dan gram pada suhu 1350-1400°C selama 90 menit untuk kapasitas 500 kg. Selanjutnya menuangkan ke ledel untuk dituang ke cetakan. Lalu tahap pembekuan logam dilakukan selama 15 menit, dilanjutkan pembongkaran dan pendinginan *manhole*. Selanjutnya, dilakukan pembersihan pasir dan penggerindaan untuk merapikan. Tahap terakhir yaitu *finishing* dilakukan pengecatan dan dilakukan *quality control* lagi sebelum dikirim ke pelanggan. Pelanggan atau *customer* produk ini di

antaranya pemerintah DKI Jakarta, Kediri, Yogyakarta kemudian pada proyek jalan kota oleh PT. Brantas Abipraya serta PT. Wijaya Karya pada proyek bandara.

Untuk menentukan CTQ dilakukan pengamatan dan wawancara wawancara dengan kepala bagian produksi dan *quality control* serta mengacu pada data perusahaan. Penentuan CTQ digunakan untuk menentukan kriteria kualitas pada produk yang dapat diterima oleh *customer*. Pada penentuan CTQ didapati 5 jenis cacat pada produk *manhole* yaitu keropos/lubang-lubang, jendul, retak, tulisan tidak timbul, dan permukaan tidak rata. Jumlah produk cacat keseluruhan selama periode Oktober 2022 hingga Maret 2023 yaitu 279. Di mana untuk frekuensi paling tinggi terdapat pada jenis cacat keropos/lubang-lubang dengan jumlah 40,5%.

5.2 Measure

5.2.1 Analisis nilai DPMO

Nilai DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) digunakan sebagai tolak ukur keberhasilan perusahaan dalam mencapai target kualitas yang mengacu pada tingkat timbulnya cacat per satu juta kesempatan. Dengan nilai DPMO semakin tinggi maka semakin tinggi pula temuan cacat produk yang terjadi. Namun semakin tinggi nilai sigma yang diperoleh maka semakin baik kualitas/mutu pada produk tersebut. Dari hasil perhitungan nilai DPMO untuk periode Oktober 2022 diperoleh nilai DPMO sebesar 7829,18 dengan jumlah produksi 281 pcs dan jumlah cacat 11 pcs. Kemudian periode November 2022 diperoleh nilai DPMO sebesar 28080,23 dengan jumlah produksi 349 pcs dengan 49 jumlah produk cacat. Selanjutnya periode Desember 2022 diperoleh nilai DPMO sebesar 20558,28 dengan jumlah produksi 788 pcs dan jumlah cacat 81 pcs. Pada periode Januari 2023 diperoleh nilai DPMO sebesar 32291,67 dengan jumlah produksi 576 pcs serta 93 pcs jumlah produk yang cacat. Lalu pada bulan Februari diperoleh nilai DPMO sebesar 8673,46 dengan jumlah produksi 392 pcs dan 17 pcs produk cacat. Selanjutnya periode Maret 2023 diperoleh nilai DPMO sebesar 9165,30 dengan jumlah produk yang diproduksi sebesar 611 pcs dengan jumlah produk cacat sebesar 28 pcs.

Berdasarkan hasil tersebut, nilai DPMO terbesar terdapat pada periode Januari 2023 sebesar 32291,67 dan jumlah cacat paling besar juga yaitu sebanyak 93 pcs. Sedangkan untuk nilai DPMO terendah terdapat pada periode Oktober 2022 sebesar 7829,18 dengan jumlah cacat paling rendah sebesar 11 pcs. Hal itu menandakan jika nilai DPMO yang diperoleh sebanding dengan jumlah cacat, semakin tinggi nilai DPMO yang diperoleh

maka semakin tinggi jumlah cacat yang ada, begitu sebaliknya. Rata-rata keseluruhan nilai DPMO pada periode Oktober 2022 hingga Maret 2023 yaitu sebesar 17766,37 di mana menunjukkan kemungkinan menghasilkan 17766 kecacatan dari satu juta produk *manhole* yang diproduksi.

5.2.2 Analisis nilai sigma

Berdasarkan pada hasil perhitungan nilai sigma diperoleh bahwa nilai sigma paling tinggi terdapat pada periode Oktober 2022 sebesar 3,92, selanjutnya nilai sigma paling tinggi kedua terdapat pada periode Februari 2023 sebesar 3,88, dilanjutkan pada periode Maret 2023 sebesar 3,86, dilanjutkan pada periode Desember 2022 dengan nilai sigma sebesar 3,54. Dan nilai sigma paling rendah terdapat pada periode November 2022. Sedangkan untuk keseluruhan rata-rata nilai sigma pada periode Oktober 2022 hingga Maret 2023 yaitu sebesar 3,66. Berdasarkan Gasperz 2002, nilai sigma yang diperoleh PT. Mega Jaya Logam sebesar 3,66 diklasifikasikan berada di kategori rata-rata industri Indonesia. Apabila perusahaan terus melakukan usaha perbaikan dalam mengatasi permasalahan produk cacat, maka nilai sigma tersebut dapat menjadi lebih tinggi yang artinya produk cacat dapat semakin berkurang. Dari hasil perhitungan nilai sigma, diperoleh bahwa semakin rendah produk cacat yang ditemukan, maka hasil nilai sigma akan semakin tinggi, begitu sebaliknya. Selain itu, berdasarkan perhitungan nilai DPMO dan nilai sigma dapat disimpulkan bahwa jika nilai DPMO dan nilai sigma berbanding terbalik, di mana jika nilai DPMO tinggi maka hasil nilai sigma menjadi semakin rendah.

5.2.3 Analisis peta kendali

Perhitungan peta kendali pada penelitian ini menggunakan peta kendali p atau *p-chart*. Peta kendali p merupakan salah satu alat yang terdapat pada SQC (*Statistical Quality Control*) di mana membantu dalam pengendalian kualitas hasil produksi (Khomah & Siti Rahayu, 2015). Data yang digunakan menunjukkan jumlah produk yang *fluktuatif* atau tidak konstan pada setiap periodenya. Peta kendali p digunakan karena data yang digunakan juga merupakan data yang tidak dapat diukur atau tidak memiliki ukuran (Tanti Octavia *et al.*, 2000). Data yang digunakan berupa jenis cacat produk. Selain itu, data yang digunakan menunjukkan data atribut di mana memiliki atribut produk memenuhi kriteria atau tidak memenuhi kriteria. Peta kendali p digunakan untuk mengukur proporsi ketidaksesuaian pada produk *manhole* yang tidak memenuhi spesifikasi dari suatu proses.

Berdasarkan hasil perhitungan pada Gambar 4.5 untuk periode Oktober 2022 hingga Maret 2023 diperoleh bahwa nilai *Center Line* (CL) sebesar 0,093. Sedangkan untuk nilai *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Center Limit* (LCL) memiliki nilai yang berbeda-beda pada setiap periodenya. Pada periode Oktober 2022 didapati bahwa nilai UCL sebesar 0,145, nilai LCL sebesar 0,041 dan proporsi sebesar 0,039. Kemudian periode November 2022 didapati nilai UCL sebesar 0,14, nilai LCL sebesar 0,046, dan proporsi sebesar 0,14. Lalu, periode Desember 2022 didapati nilai UCL sebesar 0,124, nilai LCL sebesar 0,046, proporsi sebesar 0,103. Pada periode Januari 2023 diperoleh nilai UCL sebesar 0,124, nilai LCL sebesar 0,057, dan proporsi sebesar 0,161. Dilanjutkan periode Februari 2023 diperoleh nilai UCL sebesar 0,137, nilai LCL sebesar 0,049, dan proporsi 0,043. Terakhir pada periode Maret 2023 diperoleh nilai UCL sebesar 0,12, nilai LCL sebesar 0,049 dan proporsi sebesar 0,046.

Berdasarkan hasil di atas, diketahui bahwa ditemukan 2 data berada dalam batas kontrol yaitu periode November 2022 dan Desember 2022. Sedangkan 4 data lain ditemukan berada diluar batas kontrol yaitu pada periode Oktober 2022, Januari 2023, Februari 2023 dan Maret 2023. Data yang berada diluar batas *control* tidak selalu menunjukkan sesuatu yang buruk, tetapi untuk mengetahui konsistensi dari data. Terlihat bahwa pada periode Oktober 2022, Februari 2023, dan Maret 2023 yang berada diluar batas kontrol menunjukkan nilai proporsi cacat produk lebih kecil dibanding proporsi cacat periode lainnya. Namun karena adanya penyimpangan tersebut menandakan bahwa dalam proses produksi produk *manhole* perusahaan masih belum konsisten dan belum stabil. Munculnya ketidakstabilan data dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti bahan baku/material, tenaga kerja, dan lain-lain. Oleh karena itu perlu dilakukan tindakan lebih lanjut yang dapat membantu mengurangi permasalahan ketidaksesuaian dalam proses produksi.

5.3 Analyze

5.3.1 Analisis Diagram Pareto

Hasil pengolahan data produk cacat pada periode Oktober 2022 – Maret 2023 menggunakan diagram pareto menunjukkan bahwa jenis cacat *manhole* dengan frekuensi tertinggi berada pada paling kiri. Semakin ke kanan menunjukkan frekuensi jumlah produk cacat semakin rendah. Berdasarkan diagram pareto didapati bahwa jenis cacat dengan persentase tertinggi yaitu keropos/lubang-lubang sebesar 40,5% dengan frekuensi sebesar

113 pcs, lalu persentase jenis cacat tertinggi kedua berupa jenis cacat jendul sebesar 26,52% dengan frekuensi 74 pcs. Dilanjutkan jenis cacat tulisan tidak timbul memiliki persentase 17,2% dengan frekuensi sebesar 48 pcs. Kemudian cacat retak memiliki persentase 11,11% dengan frekuensi sebesar 31 pcs. Sedangkan jenis cacat yang memiliki persentase paling rendah yaitu jenis cacat permukaan tidak rata sebesar 4,66% dengan frekuensi 13 pcs.

Dari hasil diagram pareto diperoleh bahwa jenis cacat dengan persentase terbesar yaitu keropos/lubang-lubang. Oleh karena itu, jenis cacat tersebut perlu dilakukan analisis dan diidentifikasi faktor penyebabnya yang mengakibatkan sebesar 40,5% produk cacat keropos untuk dapat dilakukan perbaikan guna mengurangi jumlah produk cacat.

5.3.2 Analisis *Fishbone Diagram*

Setelah dilakukan analisis dan identifikasi menggunakan diagram pareto untuk memperoleh jenis cacat yang menjadi prioritas untuk diperbaiki, selanjutnya menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya jenis cacat tersebut menggunakan *fishbone diagram*. Berdasarkan hasil diagram pareto diperoleh bahwa jenis cacat dominan dan menjadi prioritas untuk diperbaiki yaitu jenis cacat keropos dengan persentase 40,5%. Adapun beberapa faktor yang menjadi penyebab terjadinya jenis cacat keropos yang diidentifikasi menggunakan *fishbone diagram* dijelaskan pada masing-masing faktor di bawah ini.

a. Faktor *Man* (manusia)

Faktor manusia yang menyebabkan produk cacat keropos antara lain operator kurang teliti dan kelelahan otot tangan dan kaki pada operator. Operator kurang teliti disebabkan karena kurangnya pengetahuan terkait ketentuan dalam proses pengecoran yang sesuai standar. Selain itu, kurangnya pengawasan dan himbauan terhadap prosedur kerja juga belum diterapkan dengan maksimal dan pengawasan tidak selalu dilakukan pada setiap proses. Ketegasan oleh kepala bagian yang diberikan juga belum maksimal dikarenakan adanya perbedaan rentang usia antara kepala bagian dan operator, sehingga kepala bagian merasa tidak enak jika terus menegur. Faktor lain yang menjadi penyebab yaitu karena kurangnya pelatihan pada proses pengecoran, selama ini belum ada pelatihan yang dilakukan untuk operator, pihak perusahaan hanya mengandalkan pengalaman bekerja operator. Hal tersebut dikarenakan faktor biaya dan waktu yang dibutuhkan. Kemudian, untuk faktor kelelahan otot tangan dan kaki disebabkan oleh sistem bekerja yang

continue dan menggunakan tenaga fisik, yang membuat tidak fokus dan tidak menyepelekan prosedur sehingga perlu memberikan jeda waktu istirahat di setiap selesai pencetakan.

b. Faktor *Machine* (mesin)

Faktor selanjutnya yaitu mesin. Untuk faktor mesin yang mengakibatkan cacat keropos yaitu karena ledel yang berkerak akibat penggunaannya secara *continue* tanpa dilakukan pembersihan berkala, ledel yang berkerak mempengaruhi pada hasil akhir produk berupa lubang-lubang permukaan karena adanya kerak ledel pada proses sebelumnya, oleh karena itu perusahaan perlu menjadwalkan pengecekan dan pembersihan ledel setiap sebelum dan sesudah digunakan.

c. Faktor *Method* (metode)

Faktor metode yang menyebabkan jenis cacat keropos yaitu pemadatan pasir yang kurang padat, teknik penuangan cairan logam tidak sesuai, dan pasir cetak terlalu lembab. Untuk faktor pemadatan pasir kurang padat disebabkan oleh operator yang tergesa-gesa dalam mengerjakan yang mengakibatkan pasir mudah rontok pada cetakan sehingga pasir membuat keropos atau lubang-lubang sehingga perlu diberikan teguran agar operator memastikan pasir padat. Untuk faktor teknik penuangan cairan logam tidak sesuai disebabkan karena kecepatan penuangan terlalu lambat sehingga membuat suhu terlalu rendah yang mengakibatkan cairan logam membeku tidak sesuai dengan cetakan, perusahaan perlu melakukan pengawasan saat proses penuangan cairan logam baik ke ledel maupun saat penuangan ke cetakan. Selanjutnya untuk faktor pasir cetak terlalu lembab disebabkan oleh air yang terlalu banyak disiramkan pada pasir saat proses pencetakan, hal tersebut membuat munculnya uap air yang terjebak pada cetakan berupa rongga udara yang terjebak yang mengakibatkan keropos/lubang-lubang, sehingga perusahaan dapat membuat standar ukuran dalam pemberian air pada proses pencetakan.

d. Faktor Material

Faktor material yang mengakibatkan terjadinya cacat keropos antara lain bahan baku tercampur kotoran, terlalu rendahnya suhu logam cair, hewan kecil yang masuk dalam cetakan pasir. Faktor bahan baku tercampur kotoran disebabkan oleh kurangnya kebersihan area bahan baku, dapat dilakukan pemisahan bahan baku berdasar jenisnya dan pengecekan ulang bahan baku agar dapat mengurangi

kotoran yang tercampur. Kemudian untuk faktor terlalu rendahnya suhu logam cair yang diakibatkan karena pada logam cair tercampur kotoran aluminium pada ledel dan tidak ada pengecekan suhu pada cairan logam saat mendidih secara pasti sehingga perusahaan perlu memastikan ledel bersih sebelum digunakan dan mengecek titik didih logam cair. Selanjutnya faktor hewan kecil yang masuk dalam cetakan pasir disebabkan karena suhu udara dingin, jika suhu udara diluar dingin dapat memicu hewan masuk ke dalam cetakan, yang dapat dilakukan dengan menutup pada lubang masuk cairan logam pasir cetak.

e. Faktor *Environment* (lingkungan)

Faktor lingkungan yang mengakibatkan cacat keropos yaitu karena adanya sisa kotoran peleburan dan dari bahan baku yang berserakan, hal itu disebabkan karena kurangnya kesadaran akan kerapian lantai produksi, perusahaan dapat membuat jadwal penjadwalan tertulis untuk pembersihan lantai produksi dan memeriksa kebersihan sebelum dan sesudah pengecoran.

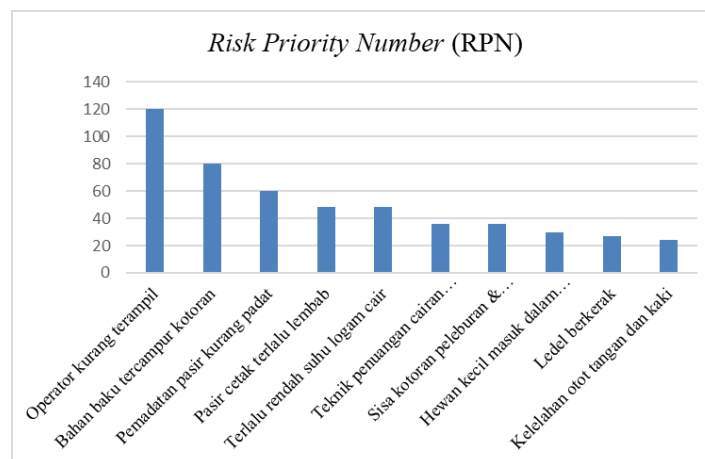
5.3.3 Analisis FMEA

Failure Mode & Effect Analysis (FMEA) dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab timbulnya produk cacat yang kemudian akan dilakukan pemberian nilai atau rating pada masing-masing penyebab kecacatan yang diperoleh dari hasil identifikasi pada *fishbone diagram*. Pemberian bobot nilai atau rating dilakukan dengan memberikan bobot nilai pada masing-masing kriteria FMEA yaitu *Severity* (tingkat keparahan), *Occurrence* (tingkat frekuensi), dan *Detection* (tingkat deteksi). Pemberian bobot nilai tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai *Risk Priority Number* (RPN).

Telah ditunjukkan pada Tabel 4.8 bahwa terdapat 10 penyebab yang menimbulkan cacat produk. Berdasarkan Tabel 4.8 diperoleh nilai RPN tertinggi pada penyebab cacat operator kurang teliti dengan nilai RPN sebesar 120 dengan nilai *Severity* 5, nilai *Occurrence* 6, dan *Detection* 4. Kemudian nilai RPN tertinggi kedua ada pada penyebab bahan baku tercampur kotoran didapat nilai RPN 80 dengan nilai *Severity* 4, *Occurrence* 5, dan *Detection* 4. Lalu nilai RPN tertinggi ketiga terdapat pada penyebab pemadatan pasir yang kurang padat didapat nilai RPN sebesar 60 dengan nilai *Severity* 5, *Occurrence* 4, dan *Detection* 3. Dilanjutkan 2 penyebab pada peringkat ke 4 dengan nilai RPN sama sebesar 48 yaitu pasir terlalu lembab dengan *Severity* 4, *Occurrence* 4, dan *Detection* 4, penyebab kedua peringkat 4 yaitu terlalu rendahnya suhu logam cair dengan *Severity* 4, *Occurrence* 3, dan *Detection* 4. Penyebab peringkat ke 5 dengan nilai RPN 36 yaitu teknik

penuangan cairan logam tidak sesuai dengan *Severity* 4, *Occurrence* 3, dan *Detection* 3, penyebab peringkat 5 selanjutnya yaitu sisa kotoran peleburan dan bahan baku berserakan dengan *Severity* 3, *Occurrence* 3, dan *Detection* 4. Lalu, penyebab pada peringkat 6 dengan nilai RPN sebesar 30 yaitu hewan kecil masuk dalam cetakan pasir dengan *Severity* 3, *Occurrence* 2, dan *Detection* 5. Kemudian, penyebab pada peringkat 7 dengan nilai RPN sebesar 27 yaitu ledel berkerak dengan *Severity* 3, *Occurrence* 3, dan *Detection* 3. Dan penyebab pada peringkat terakhir dengan nilai RPN 24 yaitu kelelahan otot tangan dan kaki dengan *Severity* 3, *Occurrence* 4, dan *Detection* 2.

Peringkat penyebab timbulnya cacat produk berupa keropos/lubang-lubang berdasarkan nilai RPN tertinggi hingga terendah akan dirangkum pada Gambar 5.1 di bawah ini.



Gambar 5. 1 *Risk Priority Number*

Berdasarkan Gambar 5.1, diperoleh bahwa penyebab atau *potential failure* dari jenis cacat keropos/lubang-lubang yang harus segera dilakukan perbaikan adalah operator kurang teliti diperoleh nilai RPN tertinggi sebesar 120 dan dengan bobot kriteria untuk *Severity* (tingkat pengaruh) sebesar 5 berada pada kategori sangat tinggi yang artinya efek cacat pada produk sebesar 20%-50%. Untuk *Occurrence* (tingkat frekuensi) sebesar 6 berada pada kategori cacat sering terjadi dengan frekuensi setiap hari. Kemudian *Detection* (tingkat deteksi) sebesar 4 dimana metode pengontrolan guna mendeteksi penyebab berada pada tingkat sedang.

5.4 *Improve*

Tujuan dari FMEA yaitu untuk memprioritaskan penyebab permasalahan. Dari prioritas penyebab permasalahan yang diperoleh kemudian akan dilakukan perbaikan atau *improve*. Pemberian solusi dengan dilakukan *improvement* dilakukan berdasarkan akar penyebab masalah yang diidentifikasi di tahap FMEA. Penyebab permasalahan yang diidentifikasi bertujuan untuk menentukan penyebab permasalahan yang menjadi prioritas untuk diselesaikan. Oleh karena itu, pada tahap *improve* akan menggunakan metode TRIZ dalam membantu memberikan usulan perbaikan berdasar nilai RPN tertinggi pada tahap FMEA. Sehingga metode FMEA dan TRIZ ini saling berintegrasi untuk dapat membantu menyelesaikan permasalahan. Dengan metode TRIZ dapat memperbaiki penyebab permasalahan timbulnya produk cacat dengan menemukan solusi alternatif yang ideal (Gamboa & Singgih, 2021). Berdasarkan analisis pada FMEA, penyebab permasalahan atau *potential failure* yang memiliki nilai RPN tertinggi yaitu pada permasalahan operator kurang teliti. Hal itu disebabkan karena kurangnya pengetahuan dan kurangnya kedisiplinan terhadap prosedur proses produksi, 2 hal tersebut membuat operator mengerjakan tidak sesuai standar.

Oleh karena itu, *improving parameter* yang dipilih yaitu *Degree of Responsibility of Supervisor* (2) dan *worsening parameter* yaitu *Stress or pressure* (11). Model dari masalah *engineering contradiction* yang terjadi adalah apabila kepala bagian meningkatkan tanggung jawab dalam proses produksi dengan memberikan arahan, pelatihan, serta pengawasan terkait pelaksanaan prosedur kerja secara rutin maka operator menjadi lebih teliti dalam mengerjakan pekerjaannya, akan tetapi apabila *supervisor* secara rutin memberikan arahan, pelatihan, dan pengawasan maka dapat memberikan dampak berupa tekanan atau *stress* yang dirasakan operator. Dengan meningkatkan tanggung jawab dari *supervisor* untuk memberikan arahan, pelatihan, dan pengawasan terkait prosedur pengecoran maka dapat membudayakan operator agar bekerja sesuai standar sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya produk cacat, karena itu parameter yang dipilih untuk ditingkatkan (*improving parameter*) yaitu *Degree of Responsibility of Supervisor* (2). Akan tetapi, terdapat dampak yang ditimbulkan dari parameter yang ingin diperbaiki yaitu mengganggu kinerja operator karena adanya tekanan lebih yang dirasakan karena adanya prosedur yang diperketat dan pengawasan pada setiap proses produksi secara rutin. Oleh karena itu, efek yang timbul karena adanya perbaikan (*worsening parameter*) yaitu *Stress or pressure* (11). Pertemuan *improving parameter*

dan *worsening parameter* menghasilkan *Inventive Principles* sebagai beberapa solusi alternatif ideal pada penyebab permasalahan. *Inventive Principles* yang terbentuk yaitu:

a. Prinsip nomor 10: *Prior action*

Prinsip *Prior action* merupakan memberikan tindakan awal dengan melakukan perubahan yang diperlukan dari suatu benda atau sistem dan mengatur benda atau sistem sehingga dapat berinteraksi.

b. Prinsip nomor 13: *The other way around*

Prinsip *The other way around* dengan membalikan tindakan yang digunakan untuk menyelesaikan masalah dan membuat benda bagian bergerak sebagian merancang karakteristik suatu benda dan membuat suatu objek bergerak.

c. Prinsip nomor 18: *Mechanical vibration*

Prinsip *Mechanical vibration* dengan Membuat suatu benda atau sistem bergetar, meningkatkan frekuensi benda atau sistem, menggunakan vibrator piezoelektrik yang bukan mekanik, dan menggunakan kombinasi ultrasonik dan osilasi medan elektromagnetik.

d. Prinsip nomor 29: *Pneumatics and hydraulics*

Prinsip *Pneumatics and hydraulics* dengan melakukan pemanfaatan gas atau angin.

Dari 4 *inventive principles* tersebut, prinsip nomor 10 berupa *Prior action* lah yang dipilih untuk dijadikan solusi alternatif yang ideal di mana sesuai dan cocok dengan penyebab permasalahan operator kurang teliti. Prinsip *Prior Action* (10) ini menyebutkan untuk memberikan tindakan awal dengan melakukan perubahan pada sistem dan mengatur sistem tersebut sehingga dapat berinteraksi.

Kemudian, usulan ide perbaikan yang sesuai dan cocok dengan perusahaan yaitu dengan mengatur sistem yaitu antara *supervisor* dan operator agar dapat berinteraksi dengan diterapkannya sistem *morning briefing* secara rutin yang dilakukan setiap hari sebelum memulai pekerjaan. Kemudian, mengubah keadaan sistem perusahaan dengan membuat prosedur pelaksanaan produksi secara tertulis guna membudayakan operator dalam bekerja agar sesuai standar sehingga dapat meningkatkan ketelitian. Kegiatan *morning briefing* dilakukan oleh kepala bagian dan seluruh operator pada proses produksi. Dimana sebelumnya pada perusahaan belum pernah dilakukan kegiatan *morning briefing*. Kegiatan *morning briefing* ini bertujuan untuk memberikan arahan, menyampaikan prosedur dalam proses pengecoran dan menyampaikan target yang harus dicapai pada hari itu. Kegiatan ini dilakukan untuk membudayakan operator agar

mengerjakan pekerjaan sesuai prosedur sehingga dapat memunculkan kesadaran operator dan menanamkan pola pikir operator.


Usulan perbaikan yang diberikan peneliti dengan melakukan *morning briefing* sebelum dilakukannya proses produksi. Kegiatan ini dapat meningkatkan kinerja dari operator, dimana menurut Dadang & Heriyanto (2020), adanya *briefing* mampu memberikan pengaruh signifikan terhadap kinerja karyawan. Selain itu, menurut Pramana *et al.*, (2022) *supervisor* dan *briefing* memiliki peran penting terhadap kinerja karyawan dibuktikan bahwa peran *supervisor* dan *briefing* memiliki pengaruh yang positif terhadap kinerja karyawan. Dengan adanya peran lebih dari *supervisor* untuk mengajari, mengarahkan maka secara tidak langsung dapat meningkatkan keterampilan operator. Memberikan *morning briefing* memiliki tujuan untuk memberikan semangat kerja. Selain itu perlu diberikan pelatihan untuk operator untuk meningkatkan ketrampilan, karena pihak perusahaan tidak menghendaki jika pelatihan secara rutin karena faktor biaya maka pelatihan dapat dilakukan dengan *supervisor* memberikan arahan dan pengawasan untuk operator secara rutin pada setiap proses produksi. Menurut Zulkarnaen *et al.*, (2018), adanya pelatihan kerja mampu memberikan pengaruh signifikan terhadap produktivitas kerja, yang apabila pelatihan kerja ditingkatkan maka produktivitas kerja meningkat sebesar 74%. Cara kerja dalam penerapan *morning briefing* pada operator di antaranya:


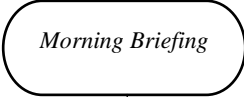
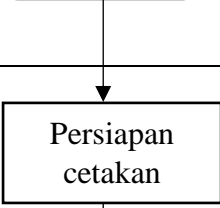
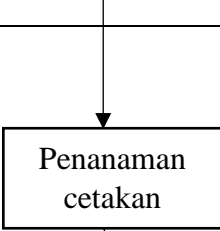
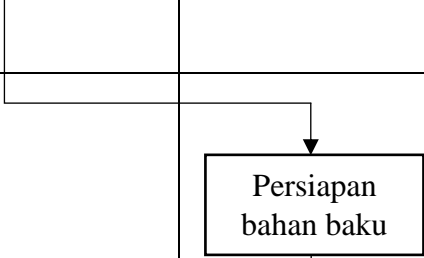
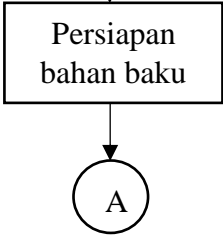
1. *Morning Briefing* dilakukan setiap hari sebelum dimulainya kegiatan produksi selama 10 menit yaitu pukul 08.15-08.25.
2. *Morning Briefing* dilakukan oleh kepala bagian dan seluruh operator yang bekerja pada proses produksi.
3. *Morning Briefing* menjadi tanggung jawab kepala produksi
4. *Morning Briefing* dilakukan dengan menyampaikan prosedur pelaksanaan produksi, target produksi, menekankan hal penting yang menjadi evaluasi sebelumnya agar kesalahan tidak terulang kembali.


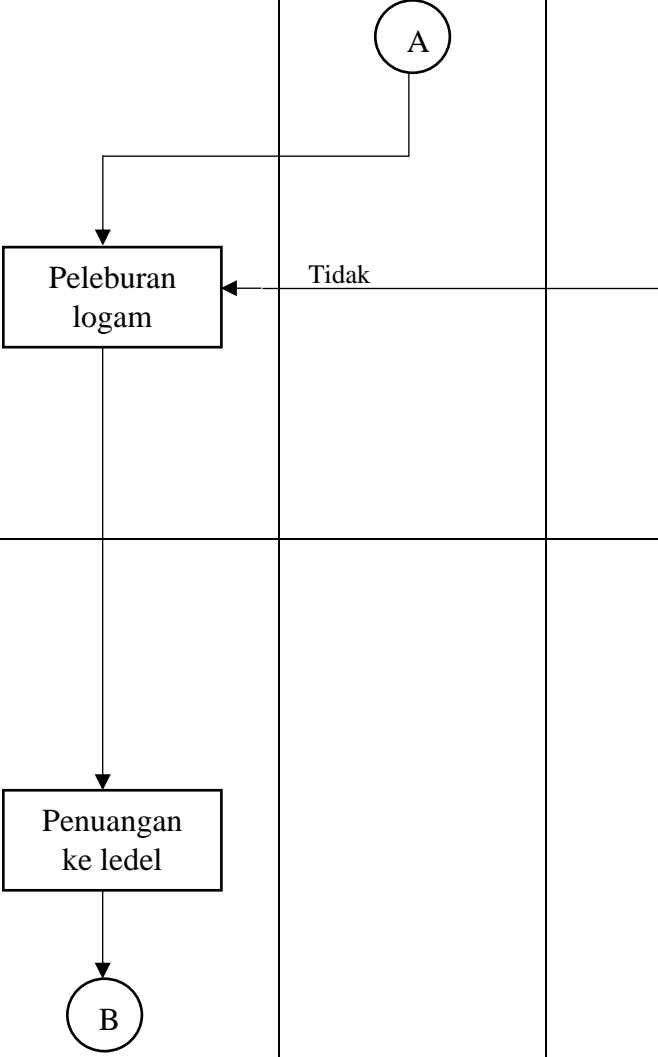
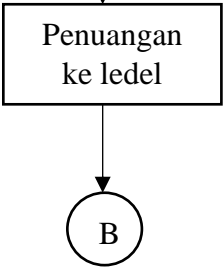
Usulan ide selanjutnya berdasarkan prinsip *Prior action* (10) yaitu mengubah keadaan sistem dengan memperketat aturan pada proses produksi. Akan dibuat prosedur pelaksanaan proses produksi secara tertulis kemudian akan ditempel pada area produksi, karena pada perusahaan belum ada prosedur pelaksanaan tertulis dan ditempel pada area produksi. Tujuan usulan pembuatan SOP tentang tata pelaksanaan proses pengecoran ini untuk menjadi acuan atau standar agar dapat memperjelas prosedur dari awal proses pengecoran hingga selesai sehingga dapat membantu seluruh operator agar lebih


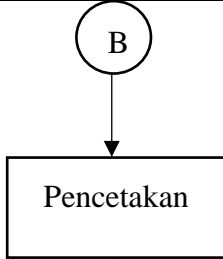
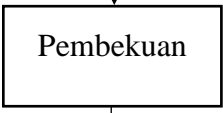
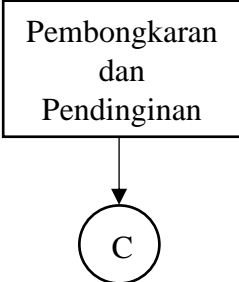
mengetahui secara rinci tanpa harus bergantung dengan kepala produksi. Kemudian dilakukan pengawasan periodik atau berulang terhadap pelaksanaan SOP produksi agar dalam pelaksanaan SOP yang telah dibuat dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan dan dapat membudayakan pekerja guna mengurangi risiko terjadinya produk cacat. Adapun usulan pembuatan standar operasional prosedur untuk proses produksi ditunjukkan pada Tabel 5.1 di bawah ini.


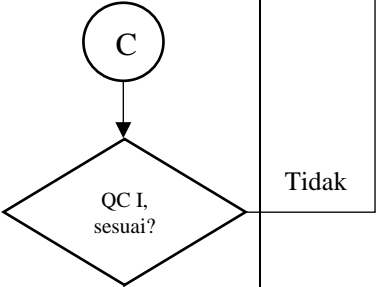
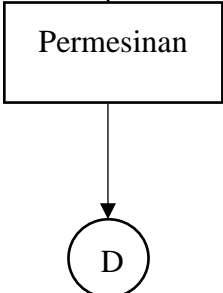
Tabel 5. 1 SOP Proses Pengecoran


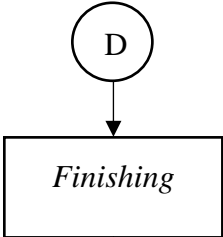
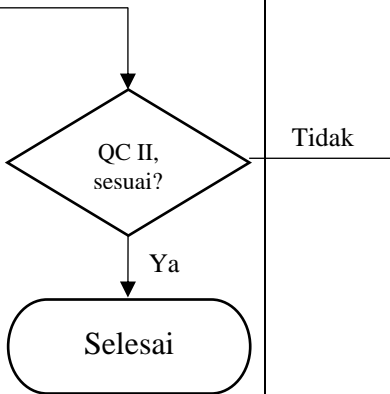
 <p style="text-align: center;">PT. MEGA JAYA LOGAM</p>	Nomor : Dokumen :
	Mulai Berlaku :
STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES PENGECORAN	Revisi :
	Tanggal Revisi :
	Halaman :
<p>1. Tujuan: Sebagai pedoman untuk memastikan aktivitas proses pengecoran dapat berjalan dengan baik dan sistematis agar dapat mencapai produk dengan standar kualitas yang telah ditetapkan perusahaan.</p> <p>2. Ruang Lingkup Prosedur ini mencakup pedoman pelaksanaan yang berisi ketentuan pada proses pengecoran bagi setiap operator</p> <p>3. Penanggung Jawab: 3.1 Kepala Bagian Produksi 3.2 Kepala Bagian <i>Quality Control</i></p>	


 <p style="text-align: center;">PT. MEGA JAYA LOGAM</p>	Nomor : Dokumen :		
	Mulai Berlaku :		
STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES PENGECORAN	Revisi :		
	Tanggal Revisi :		
	Halaman :		
4. Flowchart Prosedur Produksi			
Prosedur	Ka. Produksi	Ka. Quality Control	Keterangan
1. Melakukan <i>morning briefing</i> selama 10 menit.			
2. Membuat pola cetakan sesuai desain <i>customer</i>			
3. Menanam cetakan pada pasir basah oleh 2 orang bagian pencetak			
4. Menyiapkan bahan baku dengan pengecekan oleh kepala <i>quality control</i> .			


 <p style="text-align: center;">PT. MEGA JAYA LOGAM</p>	Nomor : Dokumen :		
	Mulai Berlaku :		
STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES PENGECORAN	Revisi :		
	Tanggal Revisi :		
	Halaman :		
5. Meleburkan bahan baku logam dengan komposisi 80% gram, 20% besi rongsok selama 60 menit pada suhu 1350°C - 1400°C. (60 menit)			
6. Menuang cairan logam ke ledel sedekat mungkin dan dalam waktu secepatnya. Memastikan roda ledel berfungsi baik dan ledel bersih.			


	PT. MEGA JAYA LOGAM		Nomor : Dokumen :	
			Mulai Berlaku :	
STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES PENGECORAN			Revisi :	
			Tanggal Revisi :	
			Halaman :	
7. Mencetak cairan logam dengan menuang cairan ke pasir cetak				
8. Menunggu cairan beku selama 15 menit, dilanjutkan 30 menit agar suhu turun (45 menit)				
9. Membongkar cetakan dari pasir dan memindahkan logam ke bagian pendinginan sementara dilanjutkan memindahkan logam dengan <i>crane</i> oleh operator <i>crane</i> .				

 <p style="text-align: center;">PT. MEGA JAYA LOGAM</p>		Nomor : Dokumen :	
		Mulai Berlaku :	
STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES PENGECORAN		Revisi :	
		Tanggal Revisi :	
		Halaman :	
10. Mengecek hasil produk disesuaikan dengan standar yang ditetapkan.			
11. Merapikan produk dengan mesin gerinda, melakukan pendempulan, dan pengelasan.		Ya	

	PT. MEGA JAYA LOGAM		Nomor : Dokumen :
			Mulai Berlaku :
STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES PENGECORAN			Revisi :
			Tanggal Revisi :
			Halaman :
12. Melakukan pengecatan disesuaikan <i>design customer.</i>			
13. Melakukan pengecekan kembali sebelum produk dikirim ke <i>customer.</i>			
5. Uraian Prosedur Produksi			
5.1 Morning Briefing			
1. <i>Morning Briefing</i> dilakukan setiap hari sebelum di mulainya kegiatan produksi selama 10 menit yaitu pukul 08.15-08.25.			
2. <i>Morning Briefing</i> menjadi tanggung jawab kepala produksi			
3. <i>Morning Briefing</i> diikuti oleh seluruh operator yang bekerja pada proses produksi.			
4. <i>Morning Briefing</i> dilakukan untuk membangun semangat kerja, menyampaikan prosedur pelaksanaan produksi, target produksi, dan			

 <p style="text-align: center;">PT. MEGA JAYA LOGAM</p>	Nomor : Dokumen :
	<p>Mulai Berlaku :</p>
<p>STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES PENGECORAN</p>	Revisi :
	Tanggal Revisi :
	Halaman :
<p>menekankan hal penting yang menjadi evaluasi sebelumnya agar kesalahan tidak terulang kembali</p> <p>5.2 Persiapan cetakan</p> <p>Persiapan cetakan dilakukan dengan membuat pola cetakan sesuai dengan desain yang telah ditetapkan <i>customer</i>. Pembuatan cetakan menggunakan bahan alumunium.</p> <p>5.3 Menanam cetakan pada pasir</p> <p>Pola cetakan yang sudah jadi kemudian ditanam dalam pasir. Memastikan pasir basah sebelum digunakan untuk menanam cetakan agar padat dengan sempurna. Dalam melakukan aktivitas ini dilakukan oleh 2 orang bagian pencetakan</p> <p>5.4 Persiapan bahan baku</p> <p>Memastikan bahan baku telah dilakukan pengecekan agar tidak terdapat kotoran yang tercampur.</p> <p>Untuk bahan baku terdiri dari bahan baku utama dan tambahan</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Bahan baku utama terdiri dari gram (bekas <i>finishing</i> permesinan) dan besi rongsok b. Bahan baku tambahan terdiri dari karbon dan pasir silika. <p>5.5 Peleburan logam</p> <p>Sebelum bahan baku dicampurkan pada tungku induksi, memastikan tungku induksi bersih dari kotoran peleburan. Untuk produk FC komposisi bahan menggunakan perbandingan gram sebanyak 80% dan besi rongsok 20%, jika kapasitas 500 kg maka 400 kg gram dan 100 kg besi rongsok. Untuk FCD menggunakan rongsok besi plat. Untuk FC menggunakan rongsok besi biasa.</p>	

 <p style="text-align: center;">PT. MEGA JAYA LOGAM</p>	Nomor : Dokumen :
	<p>Mulai Berlaku :</p>
<p>STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES PENGECORAN</p>	Revisi :
	Tanggal Revisi :
	Halaman :
<p>Suhu peleburan 1350°C - 1400°C selama 60 menit. Pengukuran suhu menggunakan termokoper dan warna cairan logam berubah menjadi putih.</p> <p>5.6 Penuangan</p> <p>Memastikan ledel bersih dari kotoran peleburan yang masuk didalamnya. Memastikan roda ledel dapat berjalan dengan baik untuk meminimalisir suhu turun. Penuangan cairan logam ke ledel dari tungku dilakukan dalam waktu secepatnya dan sedekat mungkin dengan ledel. Karena suhu cairan dapat turun dengan cepat hanya dalam hitungan detik dan menjadi beku. Memastikan gayung untuk pengambilan cairan logam bersih dari kotoran peleburan.</p> <p>5.7 Pencetakan</p> <p>Proses penuangan cairan logam ke dalam cetakan pasir dilakukan dengan waktu singkat dan secepat mungkin untuk menghindari suhu turun berlebih. Dilakukan oleh 2 operator cetak yang menuang dalam 1 cetakan agar cairan mampu memenuhi cetakan.</p> <p>5.8 Pembekuan</p> <p>Proses pembekuan membutuhkan waktu 15 menit. Pada saat proses pembekuan jika pasir terlihat kering mulai memberikan air sedikit demi sedikit pada permukaan pasir cetak. Setelah 15 menit, pasir tidak langsung dibongkar, menunggu 30 menit agar suhu turun.</p> <p>5.9 Pembongkaran dan pendinginan</p> <p>Pembongkaran dilakukan setelah 45 menit. Dilakukan oleh operator <i>crane</i> menuju ke bagian penampungan untuk pendinginan.</p> <p>5.10 Pembersihan dan <i>quality control</i> tahap 1</p>	

 <p style="text-align: center;">PT. MEGA JAYA LOGAM</p>	Nomor : Dokumen :		
	Mulai Berlaku :		
STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES PENGECORAN	Revisi :		
	Tanggal Revisi :		
	Halaman :		
<p>Pembersihan dan pengecekan dilakukan di bawah arahan kepala bagian QC. Jika terdapat produk yang tidak sesuai standar maka dilakukan perbaikan jika memungkinkan, jika tidak, maka dipindahkan ke bagain area bahan baku.</p> <p>5.11 Permesinan Proses permesinan dilakukan dengan mesin gerinda, pendempulan, dan pengelasan. Proses ini operator menggunakan alat pelindung diri.</p> <p>5.12 <i>Finishing</i> Tahap terakhir dari produksi yaitu dengan pengecatan. Pengecatan disesuaikan dengan desain produk.</p> <p>5.13 <i>Quality Control II</i> Tahap terakhir dari produksi sebelum dikirimkan ke pelanggan yaitu pengecekan kembali. Memastikan produk agar sesuai standar dan tidak ditemukan produk tidak sesuai standar.</p>			
DISPOSISI	NAMA	JABATAN	PARAF
Dibuat oleh			
Diperiksa oleh			
Disetujui oleh			

SOP yang berisikan pedoman dan ketentuan dalam proses pengecoran, kemudian di cetak untuk ditempelkan pada area produksi. Selama ini belum ada SOP tertulis dalam proses pengecoran yang ditempel. Tujuan perbaikan ini agar operator dapat menjalankan aktivitas pengecoran sesuai dengan ketentuan yang telah dibuat dan operator dapat

memahami dan menjadi lebih teliti pada setiap proses pengecoran secara runtut sehingga dapat membantu meminimasi risiko terjadinya cacat produk.

5.5 Control

Tahap *control* ini dilakukan dengan pengawasan terhadap pelaksanaan *morning briefing* dan pelaksanaan prosedur/SOP yang telah diusulkan. Pengawasan ini berada di bawah tanggung jawab kepala bagian produksi dan *quality control*. Namun, setiap operator juga memiliki tanggung jawab masing-masing dalam melaksanakan pekerjaannya. Menurut Djaelani & Retnowati (2022), dengan adanya pengawasan dapat membantu membentuk produktivitas kerja. Pengawasan yang dilakukan harus dilakukan secara terus menerus guna mengontrol terhadap pelaksanaan pelatihan dan SOP. Hasil dari pengawasan yang dilakukan didokumentasikan dengan tujuan dapat menjadi pedoman bagi perusahaan dalam meminimasi terjadinya cacat produk di kemudian hari dan pengawasan ini dilakukan secara terus menerus. Kesuksesan solusi ide yang diberikan bergantung dari tanggung jawab seluruh tenaga kerja yang ada di perusahaan, jadi tidak hanya bagian produksi dan *quality control* saja.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil pembahasan yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini:

1. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa jumlah cacat untuk produk *manhole* pada periode Oktober 2022-Maret 2023 sebesar 279 pcs atau sebesar 9,31% dari total produksinya. Lalu, diperoleh nilai DPMO dan nilai sigma pada periode Oktober 2022 – Maret 2023 sebesar 17766,37, sedangkan untuk nilai rata-rata sigma adalah 3,66. Dari hasil nilai rata-rata sigma tersebut, PT. Mega Jaya berada dalam rata-rata Industri di Indonesia. Namun, apabila PT. Mega Jaya Logam melakukan perbaikan maka nilai sigma tersebut dapat terus meningkat sehingga dapat mengurangi permasalahan produk cacat.
2. Berdasarkan hasil identifikasi, jenis cacat paling dominan pada proses produksi *manhole* di PT. Mega Jaya Logam adalah keropos/lubang-lubang. Hal itu didapatkan dari hasil analisis menggunakan diagram pareto di mana diketahui bahwa jenis cacat keropos/lubang-lubang memiliki persentase kecacatan sebesar 40,5% dari total produk *manhole* yang mengalami kecacatan.
3. Berdasarkan hasil analisis menggunakan *Failure Mode and Analysis* (FMEA) diketahui faktor penyebab cacat produk *manhole* yang menjadi prioritas perbaikan dengan perolehan nilai RPN tertinggi yaitu terdapat pada faktor manusia berupa operator kurang teliti dengan nilai RPN sebesar 120.
4. Usulan *design* perbaikan yang diberikan guna mengurangi kecacatan pada produk *manhole* pada PT. Mega Jaya Logam melalui analisis pada metode TRIZ yaitu menerapkan kegiatan *morning briefing* dilanjutkan pembuatan SOP untuk pelaksanaan proses produksi serta meningkatkan pengawasan menjadi lebih ketat

terhadap operator guna proses pengontrolan SOP produksi yang telah dibuat agar berjalan sesuai tujuan.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka saran yang dapat direkomendasikan oleh peneliti diantaranya:

1. Bagi Perusahaan

Saran yang dapat diberikan kepada PT. Mega Jaya Logam yaitu perusahaan melakukan pengendalian kualitas secara periodik dengan mempertimbangkan usulan perbaikan sebagai perbaikan untuk mengurangi terjadinya kecacatan pada produk.

2. Bagi Penelitian Selanjutnya

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu dapat mengidentifikasi faktor penyebab untuk seluruh jenis cacat yang ada serta memberikan usulan perbaikan untuk semua penyebab permasalahan tidak hanya berdasarkan berpacu pada nilai RPN tertinggi saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, R., & Imaroh, T. S. (2020). Strategy for Quality Control of “Ayam Kampung” Production Using Six Sigma-DMAIC Method (Case Study in CV. Pinang Makmur Food). *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 5(1), 538–553. Retrieved from www.ijisrt.com538
- Anggraini, Y. N. (2021). *USULAN PENERAPAN METODE SIX SIGMA DAN THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING (TRIZ) UNTUK UPAYA MENGURANGI PRODUK*. Islamic University of Indonesia.
- Anisa Rosyidasari, & Iftadi, I. (2020). Implementasi Six Sigma dalam Pengendalian Kualitas Produk Refined Bleached Deodorized Palm Oil. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 6(2), 113–122. <https://doi.org/10.30656/intech.v6i2.2420>
- Assauri, S. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Boangmanalu, E., Abigail, T., Sembiring, A., & Tampubolon, J. (2020). Minimizing damage of product using six sigma and triz methods. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 801(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/801/1/012101>
- Borrer, C. M. (2009). *The certified quality engineer handbook (3rd ed.)*. (3rd ed.). Amerika: ASQ Quality Press.
- Cahyabuana, B. D., & Pribadi, A. (2015). Konsistensi Penggunaan Metode FMEA (Failure Mode Effects and Analysis) terhadap Penilaian Risiko Teknologi Informasi (Studi kasus: Bank XYZ). *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 9.
- Costa, J. P., Lopes, I. S., & Brito, J. P. (2019). Six Sigma Application for Quality Improvement of the Pin Insertion Process. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1592–1599. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.126>
- Dadang, D., & Heriyanto, F. (2020). PENGARUH BRIEFING KERJA DAN PERAN SUPERVISOR TERHADAP KINERJA KARYAWAN PADA PT.GMF AEROASIA Tbk. *Dynamic Management Journal*, 4(1), 53–60. <https://doi.org/10.31000/dmj.v4i1.2490>
- Djaelani, M., & Retnowati, E. (2022). Pengaruh Pengawasan Kerja Dan Penerapan Program Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Terhadap Produktivitas Pekerja Proyek Konstruksi. *Jurnal Ilmiah Satyagraha*, 5(2), 32–38. <https://doi.org/10.47532/jis.v5i2.481>
- Domb, E., Miller, J., Macgran, E., & Slocum, M. (2007). The 39 Features of Altshuller’s Contradiction Matrix. *The TRIZ Journal*, 1–4. Retrieved from <http://www.triz-journal.com/archives/1998/11/d/index.htm>

- Ernawati, D. (2019). Pengaruh Kualitas Produk, Inovasi Produk Dan Promosi Terhadap Keputusan Pembelian Produk Hi Jack Sandals Bandung. *JWM (Jurnal Wawasan Manajemen)*, 7(1), 17. <https://doi.org/10.20527/jwm.v7i1.173>
- Erni, N., Sriwana, I. K., & Yolanda, W. T. (2017). Peningkatan Kualitas Pelayanan Dengan Metode Servqual Dan Triz Di Pt. Xyz. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 2(2), 92–100. <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v2i2.483>
- Fithri, P. (2019). Six Sigma Sebagai Alat Pengendalian Mutu Pada Hasil Produksi Kain Mentah Pt Unitex, Tbk. *Jati Undip: Jurnal Teknik Industri*, 14(1), 43. <https://doi.org/10.14710/jati.14.1.43-52>
- Fitriana, R., Saragih, J., & Larasati, D. P. (2020). Production quality improvement of Yamalube Bottle with Six Sigma, FMEA, and Data Mining in PT. B. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 847(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/847/1/012011>
- Gamboa, P., & Singgih, M. L. (2021). *Waste Minimization in a Concrete Block Company Using Lean Six Sigma, ECRS and TRIZ Methods*. 180–188. Surakarta: Proceedings of the Second Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.
- Gaspersz, V. (2002). *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, V. (2005). *Total quality management (TQM)*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Halim, A. P., Gunawan, F., Adirga, G., Tania Larisa, G., Christella, J., Immanuel, M., ... Gunawan, S. (2019). Kegiatan Pengembangan Usaha Terhadap Usaha Es Nonidi Desa Cijedil. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Indonesia*, 1(2), 314–333. <https://doi.org/10.21632/jpmi.1.2.314-333>
- Harahap, B., Parinduri, L., Ama, A., & Fitria, L. (2018). Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Six Sigma (Studi Kasus : PT. Growth Sumatra Industry). *Cetak) Buletin Utama Teknik*, 13(3), 1410–4520.
- Hartanti, L. P. S., Mulyono, J., & Mayang, V. (2022). Penerapan Fmea Dan Fuzzy Fmea Dalam Penilaian Risiko Lean Waste Di Industri Manufaktur. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 11(2), 293–304. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v11i2.50552>
- Heizer, J., & Render, B. (2001). *Prinsip-Prinsip Manajemen Operasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Ilham, M. I. E., & Renosari, P. (2023). Usulan Perbaikan Kualitas dengan Metode Six Sigma & Triz untuk Meminimalisir Jumlah Produk Cacat Pada Divisi Cetak. *Bandung Conference Series: Industrial Engineering Science*, 3(1), 77–87. <https://doi.org/10.29313/bcsies.v3i1.5943>
- Ilham, M. N. (2012). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Menggunakan Statistika Proccesing Control (SPC) Pada PT. Bosowa Media Grafika. Universitas Hassanudin.
- Khomah, I., & Siti Rahayu, E. (2015). Aplikasi Peta Kendali p sebagai Pengendalian Kualitas Karet di PTPN IX Batujamus/Kerjoarum. *AGRARIS: Journal of*

- Agribusiness and Rural Development Research*, 1(1), 12–24.
<https://doi.org/10.18196/agr.113>
- Kiki, E., Lie, D., Efendi, E., & Sisca, S. (2019). Analisis Pengendalian Kualitas (Qualitycontrol) Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Yang Dihasilkan Pada Cv Bina Tehnik Pematangsiantar. *SULTANIST: Jurnal Manajemen Dan Keuangan*, 7(1), 24–33. <https://doi.org/10.37403/sultanist.v7i1.134>
- Kuswardana, A., Mayangsari, N. E., & Amrullah, H. N. (2017). Analisis Penyebab Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode RCA (Fishbone Diagram Method and 5-Why Analysis) di PT. PAL Indonesia. *Conference on Safety Engineering and Its Application*.
- Lestari, S., & Junaidy, M. H. (2019). Pengendalian Kualitas Produk Compound AT-807 di Plant Mixing Center dengan Metode Six sigma pada Perusahaan Ban di Jawa Barat. *Journal Industrial Servicess*, 5(1), 100–106. Retrieved from <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jiss/article/view/6510>
- Lia, C. K., Rizky, N., & Kemala, M. S. (2016). Pengaruh Dimensi Kualitas Produk Terhadap Minat Beli Ulang Konsumen Gelamai Merk Erina Kecamatan Payakumbuh Barat Kota Payakumbuh Oleh. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Meliani, I. Z. (2022). *Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Six Sigma Dan Theory Of Inventive Problem Solving (Triz) Pada Proses Produksi Kain Batik (Studi Kasus: Pt. Batik Banten Mukarnas)*. Islamic University of Indonesia.
- Mridha, J. H., Hasan, S. M. M., Shahjalal, M., & Ahmed, F. (2019). Implementation of Six Sigma to Minimize Defects in Sewing Section of Apparel Industry in Bangladesh. *Global Journal of Researches in Engineering*, (January), 1–7. <https://doi.org/10.34257/gjrejvol22is3pg1>
- Nasution, S., & Sodikin, R. D. (2018). Proses Pembuatan Karton Box. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 20(2).
- Octavia, M., & Noya, S. (2019). Penerapan Metode Six Sigma untuk Mengurangi Jumlah Produk Cacat pada Proses Produksi di PT. Rukun Citra Abadi. *Oktober*, 17(2), 1963. <https://doi.org/10.12928/si.v17i2.13560>
- Pinanggih, L. S. (2017). *Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma Dan Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch (Triz) (Studi Kasus Di Koperasi Agro Niaga Jabung Kabupaten Malang, Jawa Timur)*. Brawijaya University, Malang.
- Prabowo, R., & Wijaya, S. (2020). Integrasi New Seven Tools dan TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) untuk Pengendalian Kualitas Produk Kran (Studi Kasus: PT. Ever Age Valves Metals – Wringinanom, Gresik). *Jurnal Teknik Industri*, 10(1), 22–30. <https://doi.org/10.25105/jti.v10i1.8386>
- Pramana, S. B., Harahap, A. T., & Firah, A. (2022). *PENGARUH PERAN SUPERVISOR DAN BRIEFING TERHADAP KINERJA KARYAWAN PADA PT. ASTRA HONDA MOTOR TITIPAPAN MEDAN*. 7(2), 54–65.
- Purnomo, D. H., & Lukman, M. (2020). Reduce Waste using Integration of Lean Six

- Sigma and TRIZ Method: A Case Study in Wood Industry. *Jurnal Teknik Industri*, 21(2), 139–152. <https://doi.org/10.22219/jtiumm.vol21.no2.139-152>
- Putri, A. D., As'ad, N. R., & Oemar, H. (2019). Perbaikan Kualitas dengan Menggunakan Metode TRIZ untuk Meminimasi Cacat pada Proses Pembuatan Al-Qur ' an di PT Sygma Exa Grafika. *Prosiding Teknik Industri*, 4(2), 473–480.
- Rahmatullah, D. D. (2016). *Analisis Pengendalian Kualitas Proses Sealing dengan Metode Six Sigma dan TRIZ (Studi Kasus di KSU Brosem Kota Batu)*. Brawijaya University.
- Ratnadi, R., & Suprianto, E. (2020). Pengendalian Kualitas Produksi Menggunakan Alat Bantu Statistik (Seven Tools) Dalam Upaya Menekan Tingkat Kerusakan Produk. *Jurnal Indept*, 6(2), 11. Retrieved from <https://jurnal.unnur.ac.id/index.php/indept/article/view/178/0>
- Rizki, A. A., Shofi, D., & Bachtiar, I. (2017). Perbaikan kualitas dengan minimasi cacat pada proses pengemasan obat solid menggunakan metode TRIZ. *Prosiding Teknik Industri*, 3(2), 284–291.
- Sari, D. P., Marpaung, K. F., Calvin, T., Mellysa, M., & Handayani, N. U. (2018). Analisis Penyebab Cacat Menggunakan Metode FMEA dan FTA pada Departemen Final Sanding PT Ebako Nusantara. *Prosiding Seminar Sains Nasional Dan Teknologi*, 1(1). <https://doi.org/10.36499/PSNST.V1I1.2338>
- Sifa, S. G. (2022). *Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Integrasi Six SIGMA DAN FMEA PADA PRODUK SARUNG TENUN GOYOR (Studi Kasus UMKM Sarung Goyor di Pematang)* (Islamic University of Indonesia). Islamic University of Indonesia. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- Sirine, H., Kurniawati, E. P., Pengajar, S., Ekonomika, F., Bisnis, D., & Salatiga, U. (2017). PENGENDALIAN KUALITAS MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA (Studi Kasus pada PT Diras Concept Sukoharjo). *AJIE-Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 02(03), 2477–3824. Retrieved from <http://www.dirasfurniture.com>
- Soemohadiwidjojo, A. T. (2017a). *Six Sigma : Metode Pengukuran Kinerja Perusahaan Berbasis Statistik* (Edisi 1; Andriansyah, Ed.). Jakarta: Raih Asa Sukses.
- Soemohadiwidjojo, A. T. (2017b). *Six Sigma : Metode Pengukuran Kinerja Perusahaan Berbasis Statistik* (1st ed.; Andriansyah, Ed.). Jakarta: Raih Asa Sukses.
- Spreafico, C., & Russo, D. (2016). TRIZ Industrial Case Studies: A Critical Survey. *Procedia CIRP*, 39, 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.165>
- Suseno, & Ashari, T. A. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Base Plate Dengan Menggunakan Metode Lean Six Sigma (Dmaic) Pada Pt Xyz. *JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(6), 1321–1332. Retrieved from <http://bajangjournal.com/index.php/JCI>
- Tanti Octavia, Lia Magdalena Prabudy, & Daniel Indarto Prajogo. (2000). STUDI TENTANG PETA KENDALI p YANG DISTANDARISASI UNTUK PROSES PENDEK KUALITAS. *Jurnal Teknik Industri*, 2(1), 53–64. Retrieved from

- <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/ind/article/view/15988>
- Tiafani, R., Desrianty, A., & Caecilia, S. (2014). Rancangan Perbaikan Alat Bantu Jalan Anak (Baby Walker) Menggunakan Metode Theory of Inventive Problem Solving (Triz) *. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional Januari*, 1(3), 70–79.
- Utomo, Y., Jumali, M. A., & Nalurita, S. Di. (2022). *Analisis Critical to Quality (CTQ) pada Percetakan Koran di PT Temprina Media Grafika (Jawa Pos Group)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.36456/waktu.v20i02.5876>
- Wulandari, E. putri, Lubis, marina yustiana, & Yanuar, agus alex. (2018). Usulan Perbaikan untuk Meminimasi Defect Short Mold Pada Proses Peleburan Produk Grip Panjang di CV. Gradient dengan Menggunakan Six Sigma. *E-Proceeding of Engineering*, 5(2), 3031–3038.
- Zhang, J., Chai, K.-H., & Tan, K.-C. (2015). 40 Inventive Principles with Applications in Service. *Metodolog.Ru*, (October 2011), 1–8. Retrieved from <https://www.metodolog.ru/triz-journal/archives/2003/12/d/04.pdf>
- Zuhandini, D. S. (2020). *Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Integrasi Six Sigma dan TRIZ pada Produksi Blackboard (Studi Kasus: PT. Phoenix Agung Pratama)* (Islamic University of Indonesia). Islamic University of Indonesia. Retrieved from <https://dspace.uui.ac.id/123456789/29191>
- Zulkarnaen, W., Suarsa, A., & Kusmana, R. (2018). Pengaruh Pelatihan Kerja Dan Stres Kerja Terhadap Produktivitas Kerja Karyawan Bagian Produksi Departemen R-Pet Pt. Namasindo Plas Bandung Barat. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 2(3), 151–177. <https://doi.org/10.31955/mea.vol2.iss3.pp151-177>

LAMPIRAN

A-Daftar Pertanyaan FMEA



DAFTAR PERTANYAAN FMEA

Assalamualaikum wr.wb

Dengan hormat,

Perkenalkan saya Zalfa Alya Firdaus mahasiswi Program Studi Teknik Industri angkatan 2019 Universitas Islam Indonesia. Melalui daftar pertanyaan ini saya memohon ketersediaan Bapak/Ibu untuk mengisi daftar pertanyaan terkait potensi kegagalan yang mungkin terjadi di perusahaan. Daftar pertanyaan ini digunakan dalam membantu menyelesaikan tugas akhir saya. Seluruh data dan informasi responden akan dijamin kerahasiannya. Atas ketersediaannya saya mengucapkan terima kasih.

A. Identitas Responden

Nama :
Jabatan :
Pengalaman Bekerja :

B. Petunjuk Pengisian Pertanyaan

Pada pertanyaan ini dimohon Bapak/Ibu mengisi jawaban dikolom kosong *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Jawaban yang diisikan merupakan persepsi dari Bapak/Ibu terhadap faktor risiko yang terjadi di perusahaan dengan memberikan angka 1 sampai dengan 6 pada masing-masing kolom *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D).

C. Tabel *Severity*, *Occurrence*, *Detection* Keterangan

1. *Severity*

Severity (S) merupakan penilaian dampak permasalahan yang ditimbulkan oleh suatu risiko, yang mana untuk menurunkan tingkat kegagalan risiko ini hanya dapat dilakukan dengan melakukan perubahan pada proses dan bagaimana menjalankan suatu aktivitas tertentu.

A-Daftar Pertanyaan FMEA (Lanjutan)

Kriteria *Severity*

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	Skor
Sangat Rendah	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk. Dalam satu bulan produksi, terjadi <1% dari hasil produksi mengalami <i>rework</i> .	1
Rendah	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk. Dalam satu bulan produksi, terjadi 1% - 5% dari hasil produksi mengalami <i>rework</i> .	2
Sedang	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk. Dalam satu bulan produksi, terjadi 5% - 10% dari hasil produksi mengalami <i>rework</i> .	3
Tinggi	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk. Dalam satu bulan produksi, terjadi 10% - 20% dari hasil produksi mengalami <i>rework</i> .	4
Sangat Tinggi	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk. Dalam satu bulan produksi, terjadi 20% - 500% dari hasil produksi mengalami <i>rework</i> .	5
Berbahaya	Dapat mempengaruhi proses produksi dan terjadi kecacatan pada produk. Dalam satu bulan produksi, terjadi >50% dari hasil produksi mengalami <i>rework</i> .	6

Sumber: Hartanti *et al.*, (2022)

A-Daftar Pertanyaan FMEA (Lanjutan)

2. Occurrence

Occurrence merupakan seberapa sering penyebab kesalahan atau kegagalan terjadi. Nilai skor *occurrence* disesuaikan dengan frekuensi perkiraan dari kesalahan atau kegagalan yang dapat terjadi.

Kriteria Occurrence

<i>Occurrence</i>	Peluang Kejadian	Skor
Tidak pernah	Terjadi satu kali dalam >1 tahun	1
Jarang	Terjadi satu kali dalam 1-6 bulan	2
Kadang-kadang	Terjadi satu kali dalam 1-3 bulan	3
Cukup sering	Terjadi satu kali dalam satu bulan	4
Sering	Terjadi satu kali dalam satu minggu	5
Sangat Sering	Terjadi setiap hari.	6

Sumber: Hartanti *et al.*, (2022)

3. Detection

Detection merupakan penilaian kemampuan kontrol produk atau proses untuk mendeteksi failure mode/kegagalan.

<i>Effect</i>	<i>Detection</i>	Skor
Pasti	Sumber permasalahan langsung terdeteksi dan hasil deteksi akurat	1
Sangat Mudah	Dibutuhkan inspeksi visual untuk mendeteksi sumber permasalahan dan hasil deteksi akurat	2
Mudah	Dibutuhkan alat bantu dalam mendeteksi sumber permasalahan dan sumber permasalahan dapat diketahui setelah terjadi	3
Sedang	Dibutuhkan alat bantu dalam mendeteksi sumber permasalahan dan sumber permasalahan dapat diketahui jika adanya analisis lebih lanjut	4

A-Daftar Pertanyaan FMEA (Lanjutan)

<i>Effect</i>	<i>Detection</i>	<i>Skor</i>
Sulit	Dibutuhkan alat bantu khusus yang lebih detail dalam mendeteksi sumber permasalahan dan sumber permasalahan sulit terdeteksi	5
Sangat Sulit	Sumber permasalahan tidak dapat terdeteksi	6

Sumber: Hartanti *et al.*, (2022)

A-Daftar Pertanyaan FMEA (Lanjutan)

TABEL. PENILAIAN SEVERITY, OCCURANCE, DAN DETECTION

Berikut merupakan tabel penilaian *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) untuk kegunaan yang terjadi pada jenis cacat keropos/lubang-lubang berdasarkan faktor berikut:

<i>Failure Mode</i>	<i>Potential Failure</i>	<i>Severity</i>	<i>Cause of Failure</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Current Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Rank</i>
Keropos/lubang-lubang	Operator kurang teliti		Operator terburu-buru sehingga pengerjaan tidak sesuai prosedur kerja pada SOP dan kurangnya pengawasan oleh <i>supervisor</i> .		Membuat prosedur pelaksanaan produksi secara tertulis dan meningkatkan pengawasan serta arahan saat proses pengerjaan			
	Kecelakaan otot tangan dan kaki		Pekerjaan dilakukan dengan berdiri dan menggunakan tenaga fisik selama 8 jam per hari jika		Memberikan jeda waktu istirahat di sela-sela pekerjaan			

A-Daftar Pertanyaan FMEA (Lanjutan)

Failure Mode	Potential Failure	Severity	Cause of Failure	Occurrence	Current Control	Detection	RPN	Rank
	Ledel berkerak		Penggunaan ledel secara <i>combine</i> tanpa dilakukan pembersihan berkala		Membuat penyadwalan pembersihan ledel setiap sebelum digunakan			
	Pemudatan pasir yang kurang padat		Operator cetak tergesa-gesa dalam mengerjakan		Melakukan pengawasan dan memberi teguran agar operator memastikan pasir padat.			
	Teknik penuangan cairan logam tidak sesuai		Kecelakaan penuangan terlalu lambat sehingga suhu terlalu rendah		Melakukan pengawasan sehingga kecapatan penuangan sesuai			
	Pasir cetak terlalu		Terlalu banyak pemberian air pada		Membuat standar ukuran			


A-Daftar Pertanyaan FMEA (Lanjutan)














Failure Mode	Potential Failure	Severity	Cause of Failure	Occurrence	Current Control	Detection	RPN	Rank
	lambab		proses pencetakan		pemberian air untuk proses pencetakan			
	Bahan baku tercampur kotoran		Kurangny a kebersihan area bahan baku		Memisahkan bahan baku berdasarkan jenisnya dan melakukan pengecekan ulang pada bahan baku			
	Terdalu rendahnya suhu logam cair		Logam cair yang tercampur kotoran aluminium pada ledel dan tidak adanya pengecekan posisi pada suhu logam cair saat mendidih		Melakukan pembersihan ledel sebelum digunakan dan mengecek titik didih pada cairan logam.			
	Hewan kecil masuk dalam		Suhu udara lingkungan dingin		Menutupi bang pada bang masuk			

A-Daftar Pertanyaan FMEA (Lanjutan)


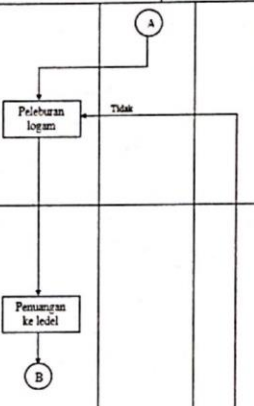
<i>Failure Mode</i>	<i>Potential Failure</i>	<i>Severity</i>	<i>Cause of Failure</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Current Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Rank</i>
	cetakan pasir Sisa kotoran peleduran dan bahan baku berserakan		Kurangnya kesadaran terkait kerapian lantai produksi		cairan logam pada pasir cetak Membuat penjadwalan tertulis untuk pembersihan lantai produksi dan memeriksa kebersihan sebelum dan sesudah pengecoran			


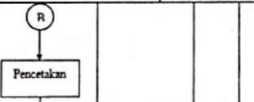
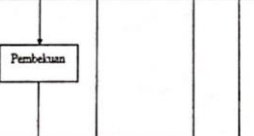
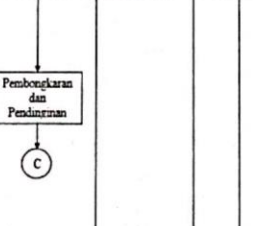
B-SOP Produksi

 PT. MEGA JAYA LOGAM	Nomor Dokumen :
	Mulai Berlaku :
STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES PENGECORAN	Revisi :
	Tanggal Revisi :
	Halaman :
<p>1. Tujuan: Sebagai pedoman untuk memastikan aktivitas proses pengecoran dapat berjalan dengan baik dan sistematis agar dapat mencapai produk dengan standar kualitas yang telah ditetapkan perusahaan.</p> <p>2. Ruang Lingkup Prosedur ini mencakup pedoman pelaksanaan yang beras ketetapan pada proses pengecoran bagi setiap operator</p> <p>3. Penanggung Jawab: 3.1 Kepala Bagian Produksi 3.2 Kepala Bagian Quality Control</p>	

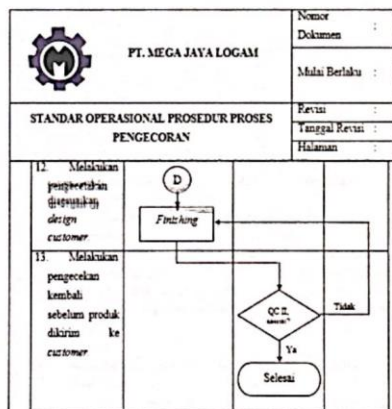
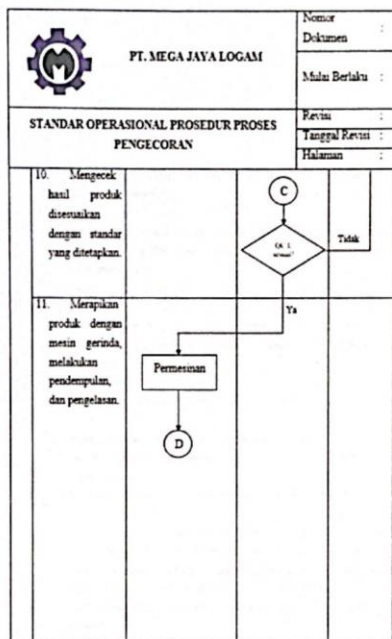
 PT. MEGA JAYA LOGAM	Nomor Dokumen :																				
	Mulai Berlaku :																				
STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES PENGECORAN	Revisi :																				
	Tanggal Revisi :																				
	Halaman :																				
<p>4. Flowchart Prosedur Produksi</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Prosedur</th> <th style="width: 20%;">Ks. Produksi</th> <th style="width: 20%;">Ks. Quality Control</th> <th style="width: 30%;">Keterangan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Melakukan <i>morning briefing</i> selama 10 menit.</td> <td style="text-align: center;">  </td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Membuat pola cetakan sesuai desain customer</td> <td style="text-align: center;">  </td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Menanam cetakan pada pasir basah oleh 2 orang bagian pencetak</td> <td style="text-align: center;">  </td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. Menyapkan bahan baku dengan pengecekan oleh kepala <i>quality control</i>.</td> <td></td> <td style="text-align: center;">  </td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Prosedur	Ks. Produksi	Ks. Quality Control	Keterangan	1. Melakukan <i>morning briefing</i> selama 10 menit.				2. Membuat pola cetakan sesuai desain customer				3. Menanam cetakan pada pasir basah oleh 2 orang bagian pencetak				4. Menyapkan bahan baku dengan pengecekan oleh kepala <i>quality control</i> .			
Prosedur	Ks. Produksi	Ks. Quality Control	Keterangan																		
1. Melakukan <i>morning briefing</i> selama 10 menit.																					
2. Membuat pola cetakan sesuai desain customer																					
3. Menanam cetakan pada pasir basah oleh 2 orang bagian pencetak																					
4. Menyapkan bahan baku dengan pengecekan oleh kepala <i>quality control</i> .																					

B-SOP Produksi (lanjutan)

	PT. MEGA JAYA LOGAM		Nomor Dokumen :
			Mulai Berlaku :
STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES PENCECORAN			Revisi :
			Tanggal Revisi :
			Halaman :
5. Meleburkan bahan baku logam dengan komposisi 80% gran, 20% besi rongkok selama 60 menit pada suhu 1350°C - 1400°C. (60 menit)			
6. Menuang cairan logam ke ledel sedikit-sedikit mungkin dan dalam waktu secepatnya. Memastikan roda ledel berfungsi baik dan ledel bersih.			

	PT. MEGA JAYA LOGAM		Nomor Dokumen :
			Mulai Berlaku :
STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES PENCECORAN			Revisi :
			Tanggal Revisi :
			Halaman :
7. Mencetak cairan logam dengan menuang cairan ke pasir cetak.			
8. Menunggu cairan beku selama 15 menit, dilanjutkan 30 menit agar suhu turun (45 menit)			
9. Membongkar cetakan dari pasir dan memindahkan logam ke bagian pendinginan sementara dilanjutkan memindahkan logam dengan crane oleh operator crane.			

B-SOP Produksi (lanjutan)





5. Uraian Prosedur Produksi

5.1 Morning Briefing


1. *Morning Briefing* dilakukan setiap hari sebelum di mulanya kegiatan produksi selama 10 menit yaitu pukul 08.15-08.25.
2. *Morning Briefing* menjadi tanggung jawab kepala produksi
3. *Morning Briefing* dikun oleh seluruh operator yang bekerja pada proses produksi.
4. *Morning Briefing* dilakukan untuk membangun semangat kerja, menyampaikan prosedur pelaksanaan produksi, target produksi, dan

B-SOP Produksi (lanjutan)

	PT. MEGA JAYA LOGAM	Nomor Dokumen :
		Mulai Berlaku :
STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES FENGEORAN		Revisi :
		Tanggal Revisi :
		Halaman :
<p>menekankan hal penting yang menjadi evaluasi sebelumnya agar kesalahan tidak terulang kembali</p> <p>5.2 Persiapan cetakan Persiapan cetakan dilakukan dengan membuat pola cetakan sesuai dengan desain yang telah ditetapkan customer. Pembuatan cetakan menggunakan bahan aluminium.</p> <p>5.3 Memanaskan cetakan pada pasir Pola cetakan yang sudah jadi kemudian ditanam dalam pasir. Memastikan pasir basah sebelum digunakan untuk menanam cetakan agar padat dengan sempurna. Dalam melakukan aktivitas ini dilakukan oleh 2 orang bagian pencetakan</p> <p>5.4 Persiapan bahan baku Memastikan bahan baku telah dilakukan pengecekan agar tidak terdapat kotoran yang tercampur. Untuk bahan baku terdiri dari bahan baku utama dan tambahan a. Bahan baku utama terdiri dari gram (bekas <i>fruit/bug</i> permesinan) dan besi rongkok b. Bahan baku tambahan terdiri dari karbon dan pasir silika.</p> <p>5.5 Peleburan logam Sebelum bahan baku dicampurkan pada tungku induksi, memastikan tungku induksi bersih dari kotoran peleburan. Untuk produk FC komposisi bahan menggunakan perbandingan gram sebanyak 80% dan besi rongkok 20%, jika kapasitas 500 kg maka 400 kg gram dan 100 kg besi rongkok. Untuk FCD menggunakan rongkok besi plat. Untuk FC menggunakan rongkok besi biasa.</p>		

	PT. MEGA JAYA LOGAM	Nomor Dokumen :
		Mulai Berlaku :
STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES FENGEORAN		Revisi :
		Tanggal Revisi :
		Halaman :
<p>Suhu peleburan 1350°C - 1400°C selama 60 menit. Pengukuran suhu menggunakan termokopel dan warna cairan logam berubah menjadi putih.</p> <p>5.6 Penuangan Memastikan lelel bersih dari kotoran peleburan yang masuk didalamnya. Memastikan roda lelel dapat berjalan dengan baik untuk meminimalisir suhu turun. Penuangan cairan logam ke lelel dari tungku dilakukan dalam waktu secepatnya dan sedekat mungkin dengan lelel. Karena suhu cairan dapat turun dengan cepat hanya dalam hitungan detik dan menjadi beku. Memastikan gayung untuk pengambilan cairan logam bersih dari kotoran peleburan.</p> <p>5.7 Pencetakan Proses penuangan cairan logam ke dalam cetakan pasir dilakukan dengan waktu singkat dan secepat mungkin untuk menghindari suhu turun berlebih. Dilakukan oleh 2 operator cetak yang menuang dalam 1 cetakan agar cairan mampu memenuhi cetakan.</p> <p>5.8 Pembekuan Proses pembekuan membutuhkan waktu 15 menit. Pada saat proses pembekuan jika pasir terlihat kering mulai memberikan air sedikit demi sedikit pada permukaan pasir cetak. Setelah 15 menit, pasir tidak langsung dibongkar, menunggu 30 menit agar suhu turun.</p> <p>5.9 Pembongkaran dan pendinginan Pembongkaran dilakukan setelah 45 menit. Dilakukan oleh operator <i>crane</i> menuju ke bagian penampungan untuk pendinginan.</p> <p>5.10 Pembersihan dan quality control tahap 1</p>		

B-SOP Produksi (lanjutan)

	PT. MEGA JAYA LOGAM			Nomor	:
				Dokumen	:
STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PROSES PENGECORAN				Mulai Berlaku	:
				Revisi	:
				Tanggal Revisi	:
<p>Pembersihan dan pengecekan dilakukan di bawah arahan kepala bagian QC. Jika terdapat produk yang tidak sesuai standar maka dilakukan perbaikan jika memungkinkan, jika tidak, maka dipindahkan ke bagian area bahan baku.</p> <p>5.11 Permesinan Proses permesinan dilakukan dengan mesin gerinda, pendempulan, dan pengelasan. Proses ini operator menggunakan alat pelindung diri.</p> <p>5.12 Finishing Tahap terakhir dari produksi yaitu dengan pengecatan. Pengecatan disesuaikan dengan desain produk.</p> <p>5.13 Quality Control II Tahap terakhir dari produksi sebelum dikirimkan ke pelanggan yaitu pengecekan kembali. Memastikan produk agar sesuai standar dan tidak ditemukan produk tidak sesuai standar.</p>				Halaman	:
					:
DISPOSISI	NAMA	JABATAN	PARAF		
Dibuat oleh					
Diperiksa oleh					
Ditetujui oleh					