

Usulan Perbaikan Kualitas Produk Baja Coil Menggunakan Metode *P-Charts* dan *Fault Tree Analysis* Guna Mengurangi Defect di PT Krakatau Steel (Persero), Tbk.

Fani Junianto Setiawan, Andrian Emaputra*, Argaditia Mawadati
Institut Sains & Teknologi AKPRIND; email: juniawan182@gmail.com,
andrian.emaputra@akprind.ac.id, mawadati@akprind.ac.id

* Corresponding author

Abstrak

*PT. Krakatau Steel (Persero), Tbk merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di industri manufaktur, dengan salah satu produksinya menghasilkan produk baja lembaran panas (Coil). Produksi yang dihasilkan yaitu sebesar 159.594 ton dan menghasilkan produk defect sebesar 99.626 ton. Jumlah produk defect terbanyak terdapat pada cacat wavy sebesar 33.945 ton, telescope sebesar 17.219 ton, indentasi sebesar 9.447 ton dan edge defect sebesar 10.063 ton. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis defect, faktor-faktor yang mempengaruhi defect serta usulan perbaikan kualitas guna mengurangi produk defect untuk produksi selanjutnya. Dalam penelitian ini menggunakan metode *P-Charts* yang bertujuan untuk menganalisa jenis defect terbesar dan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) yang bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab yang mempengaruhi defect terbesar pada produk baja coil. Terdapat alat bantu yang digunakan yaitu *checksheet*, *histogram*, *pareto*, dan *diagram sebab akibat*. Dari hasil penelitian yang dilakukan terdapat 4 data yang menunjukkan kondisi *out-of-control* dan *lower-of-control*. Dalam analisis metode FTA terdapat faktor-faktor yang menyebabkan defect wavy yaitu: faktor mesin, manusia, metode dan material. Berdasarkan tahap implementasi 5W+1H, dapat mengusulkan diantaranya membuat jadwal pengawasan mesin lebih banyak, perlunya penerapan jadwal istirahat operator agar teratur, melakukan perawatan preventif terhadap mesin dan membuat jadwal pengawasan lebih banyak agar bahan baku dalam kondisi baik.*

Kata Kunci: Perbaikan Kualitas, Coil, *P-Chart*, *Fault Tree Analysis*, PT Krakatau Steel (Persero), Tbk.

Abstract

*PT. Krakatau Steel (Persero), Tbk is a State-Owned Enterprise (BUMN) which is engaged in the manufacturing industry, with one of its productions producing hot sheet steel (Coil). The resulting production is 159,594 tons and a defect product is 99,626 tons. The highest number of defective products was found in wavy with 33,945 tons, telescope with 17,219 tons, indentation with 9,447 tons and edge defect with 10,063 tons. Therefore, this study aims to determine the type of defect, the factors that influence the defect and the proposed quality improvement in order to reduce product defects for subsequent production. In this study using the *P-Charts* method which aims to analyze the largest type of defect and the *Fault Tree Analysis* (FTA) method which aims to identify the causal factors that affect the largest defect in steel coil products. There are tools used, namely *checksheets*, *histograms*, *Pareto*, and *cause-and-effect diagrams*. From the results of the research conducted, there are 4 data that show the *out-of-control* and *lower-of-control* conditions. In the analysis of the FTA method, there are factors that cause defect wavy, namely: machine, human, method and material factors. Based on the implementation stage of 5W+1H, we can propose, among others, to make more machine control schedules, the need for regular operator rest schedules, to carry out preventive maintenance on machines and to make more control schedules for raw materials.*

Keywords: *Quality Improvement, Coil, P-Charts, Fault Tree Analysis, PT Krakatau Steel (Persero), Tbk.*

Kelompok BoK yang bersesuaian dengan artikel: *Quality & Reliability Engineering*

Saran format untuk mensitasi artikel ini:

Setiawan, F.J., Emaputra, A., dan Mawadati, A. (2023). Usulan Perbaikan Kualitas Produk Baja Coil Menggunakan Metode *P-Charts* dan *Fault Tree Analysis* Guna Mengurangi *Defect* di PT. Krakatau Steel (Persero), Tbk. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri (SENASTI) 2023*, 261-270.

1. Pendahuluan

Saat ini, kualitas produk tidak hanya diukur dari hasil produk saja, tetapi juga harus memperhatikan pengendalian kualitas, agar hasil implementasi sesuai dengan rencana yang telah diberikan.

PT. Krakatau Steel (Persero), Tbk merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) industri baja terbesar di Indonesia, didirikan pada tanggal 31 Agustus 1970. Produk dari PT. Krakatau Steel (Persero), Tbk adalah lembaran baja panas, lembaran baja dingin dan batang kawat. Hasil dari produk tersebut umumnya merupakan bahan baku untuk industri selanjutnya. PT. Krakatau Steel (Persero), Tbk memenuhi kebutuhan pasar lokal, internasional dan proyek-proyek pemerintah. Karena perannya yang sangat penting tersebut, keberadaan industri baja sangat strategis untuk mendorong kemajuan dan kemakmuran suatu negara (Prasetyo, 2010). Fokus penelitian ini pada produk baja coil yang dihasilkan dari divisi *Hot Strip Mill* (HSM) atau lembar baja panas yang menghasilkan produk *defect* mencapai 100 ribu ton/tahun yang memiliki persentase total produk *defect* mencapai 7% dengan jumlah tersebut melebihi toleransi yang ditargetkan oleh perusahaan sebesar 3% jumlah total untuk produk *defect*. Produk *Cold Rolled Coil* (CRC) yang memiliki jumlah tonnage cacat terbesar pada periode Januari – September 2009 dengan nilai 21,68% adalah produk dengan quality code Commercial Quality Unannealing (CQUN) (Desrianty et al., 2013). Berdasarkan angka tersebut dapat diketahui bahwa pada segi pengendalian kualitas yang dimiliki oleh perusahaan masih belum maksimal, sehingga diperlukannya perbaikan dalam pengendalian kualitas produk baja coil yang dihasilkan oleh perusahaan agar menjadi lebih baik.

Pada pengendalian kualitas ini, penelitian ini dilakukan menggunakan metode *P-Charts* dan *Fault Tree Analysis*. Metode *P-Charts* (*control chart*) digunakan untuk mengetahui proporsi sampel kecacatan agar dapat dicari solusi dan diperbaiki kualitas pada sebuah produk. Adapun alat bantu yang digunakan dalam pengendalian kualitas *P-Chart* ini adalah lembar pengecekan (*checksheet*), diagram histogram, diagram pareto, bagan kendali/peta kendali (*control chart*), dan diagram sebab akibat (Rahmah & Pawitan, 2017). Metode *Fault Tree Analysis* adalah metode analisis yang dapat digunakan untuk menganalisis dari kegagalan sistem, menampilkan faktor-faktor yang menjadi penyebab kegagalan utama, dan menemukan penyebab *defect* dalam produksi (Ferdiana & Priadythama, 2015; Hidayat & Rochmoeljati, 2020; Satriyo & Puspitasari, 2017).

Dalam tahap usulan perbaikan ini menggunakan tahap implementasi 5W+1H, tahap ini menyiapkan rencana perbaikan dan inspeksi untuk mencegah akar penyebab terulang

kembali dan mengurangi jumlah kesalahan. Dengan menggunakan metode P-Chart dan Fault Tree Analysis diharapkan dapat menemukan alternatif untuk meningkatkan kualitas produk dan memperbaiki kualitas produk yang dihasilkan selama proses produksi perusahaan.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada produk baja coil, bahwa masih terdapat jumlah *defect* yang masih cukup tinggi, sehingga perlu dilakukan pengendalian kualitas dan perbaikan dalam proses produksinya.

2. Metode

2.1. Peta Kendali

Peta kendali digunakan untuk mengidentifikasi penyimpangan dengan menetapkan batas kendali. Adapun langkah-langkah untuk membuat peta kendali p dapat dilihat pada Persamaan (1)-(4).

Menghitung persentase defect

$$P = \frac{np}{n} \quad (1)$$

Dengan:

np = Jumlah defect/bulan

n = Jumlah produksi/bulan

Menghitung garis pusat/ Center Line (CL)

$$CL = \bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} \quad (2)$$

Dengan:

$\sum np$ = Jumlah total defect

$\sum n$ = Jumlah total produksi

Menghitung batas kendali atas/ Upper Control Limit (UCL)

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

Dengan:

\bar{p} = Rata- rata kecacatan produk

n = Jumlah produksi/bulan

Menghitung batas kendali bawah/ Lower Control Limit (LCL)

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (4)$$

Dengan:

\bar{p} = Rata- rata kecacatan produk

n = Jumlah produksi/bulan





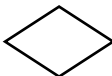


2.2. Fault Tree Analysis

Menurut Bayu et al. (2018) Fault Tree Analysis adalah alat analisis pohon kesalahan yang menerjemahkan secara grafis faktor-faktor kesalahan yang menjadi penyebab gagalnya sistem. Teknik ini berguna mendeskripsikan dan memberi penilaian dari kejadian yang terjadi di dalam sistem. Menurut Priyanta (2000) ada 5 tahapan untuk melakukan analisa dengan Fault Tree Analysis (FTA) antara lain:

- a. Mengidentifikasi masalah dan kondisi batas dari sistem yang dituju.
- b. Mendeskripsi model grafis pohon kesalahan.
- c. Mencari minimal cut set dari analisa pohon kesalahan.
- d. Melakukan analisis kualitatif dari pohon kesalahan.
- e. Melakukan analisis kuantitatif dari pohon kesalahan.

Simbol-simbol yang digunakan dalam Fault Tree Analysis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Simbol-Simbol pada Fault Tree Analysis (Djamal & Azizi, 2015)

Simbol	Keterangan
	Top Event
	Logic: Event OR
	Logic: Event AND
	Transferred Event
	Undeveloped Event
	Basic Event
	Intermediate Event

Manfaat dari metode Fault Tree Analysis dalam pengendalian kualitas adalah (Ferdiana & Priadythama, 2015):

- a. Dapat menentukan faktor-faktor penyebab yang paling besar menyebabkan kegagalan terbesar.
- b. Menentukan tahapan peristiwa yang paling mungkin menyebabkan kegagalan.
- c. Menganalisa penyebab sumber risiko sebelum kesalahan terjadi.
- d. Menyelidiki penyebab terjadinya kegagalan.

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Krakatau Steel. Penelitian dimulai dengan pembuatan pareto diagram untuk mengetahui jenis cacat yang paling dominan pada produk coil. Kemudian pembuatan P-chart untuk mengetahui penyimpangan yang terjadi pada produk coil. Setelah itu, *fault tree analysis* dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor utama yang menyebabkan *defect*. Kemudian metode 5W+1H dikerjakan untuk mencari solusi perbaikan dari faktor utama yang ditemukan. Langkah ini didapat setelah sumber dan akar penyebab masalah didapat, dengan menyiapkan rencana perbaikan menggunakan 5W+1H

(What, Why, Who, Where, When, dan How). Pada tahap ini digunakan untuk mencegah akar penyebab terulang kembali dan mengurangi jumlah *defect*.

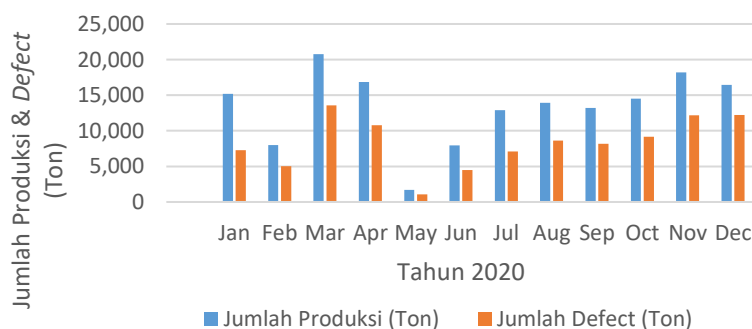
3. Hasil dan Pembahasan

Langkah pertama dalam melakukan pengendalian kualitas statistik adalah membuat daftar periksa. Lembar ini berguna untuk menyederhanakan pengumpulan dan analisis data. Hal ini juga berguna untuk mengidentifikasi area masalah berdasarkan jenis atau frekuensi penyebabnya dan memutuskan apakah akan memperbaikinya. Hasil pengumpulan data dengan menggunakan check sheet bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Check Sheet

Bulan (2020)	Jumlah Produksi (Ton)	Jumlah Defect (Ton)	Jenis Defect										PR (%)
			Wavy	Telescope	Indentasi	Edge Defect	Roll Mark	Thicness Change	Water Descaler	Scale Elongated	Thicness Out	Loose	
Jan	15.184	7.256	1.758	1.003	991	585	751	492	520	81	245	830	0.5
Feb	7.984	5.042	2.360	1.003	505	146	111	400	198	17	25	277	0.6
Mar	20.771	13.558	5.026	3.514	881	509	453	398	722	434	640	981	0.7
Apr	16.843	10.797	3.953	2.451	679	977	662	469	426	510	513	157	0.6
May	1.703	1.073	302	42	110	190	160	14	45	15	91	104	0.6
Jun	7.933	4.496	944	1.233	298	434	478	198	209	158	81	463	0.6
Jul	12.889	7.083	1.962	1.122	906	917	589	582	153	142	312	398	0.5
Aug	13.935	8.637	3.617	1.097	460	1.313	361	234	11	328	463	753	0.6
Sep	13.218	8.163	2.852	1.187	843	755	486	402	144	124	1225	145	0.6
Oct	14.517	9.163	3.161	769	1.171	1.114	998	485	276	108	998	83	0.7
Nov	18.186	12.159	3.659	1.993	1.371	1.930	1.049	956	312	268	441	180	0.7
Dec	16.431	12.199	4.351	1.805	1.232	1.193	1.008	850	468	464	431	397	0.7
Total	159.594	99.626	33.945	17.219	9.447	10.063	7.106	5.480	3.484	2.649	5.465	4.768	0.6

Dari hasil yang sudah diketahui dari *check sheet* maka hasil dari diagram histogram dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Histogram Produk Defect

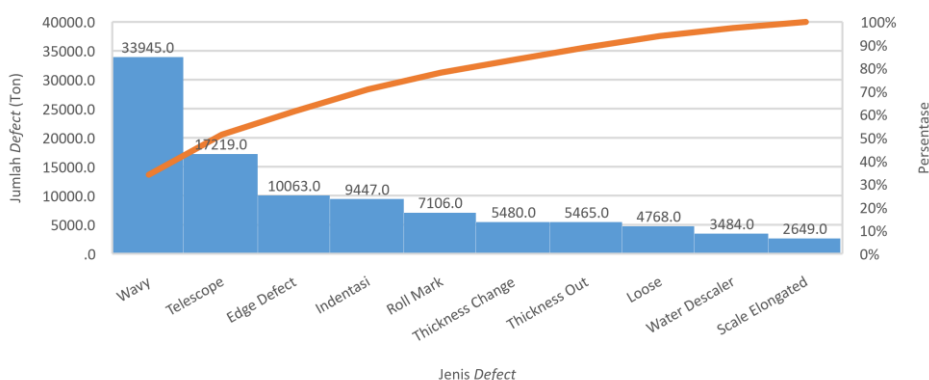
Dari gambar histogram tersebut, dapat kita amati bahwa dari jumlah produksi setiap bulan selama 1 tahun, masing-masing jumlah defect masih cukup tinggi setiap bulannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian kualitas dan perbaikan dalam proses produksinya.

Hasil pendataan melalui persentase akumulasi yang telah dibuat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase Kumulatif

No	Jenis Defect	Jumlah (Ton)	Persentase	Persentase Kumulatif
1	Wavy	33.945	34	34
2	Telescope	17.219	17	51
3	Edge Defect	10.063	10	61
4	Indentasi	9.447	9	70
5	Roll Mark	7.106	7	77
6	Thickness Change	5.480	5	82
7	Thickness Out	5.465	5	87
8	Loose	4.768	4	91
9	Water Descaler	3.484	3	94
10	Scale Elongated	2.649	2	100
	Total	99.626	100	

Dari Tabel 3. Persentase Kumulatif maka dapat disusun diagram pareto (Gambar 2).



Gambar 2. Diagram Pareto Produk Defect

Dari hasil pengolahan data produk baja coil, jumlah produk *defect* terbanyak terdapat pada jenis *defect wavy* sebesar 33.945 ton dengan persentase komulatif sebesar 34%. Jadi perbaikan bisa difokuskan pada penyebab *defect wavy*. Jenis cacat *wavy* menjadi jenis cacat yang sering ditemui pada produk coil (Putri et al., 2022).

Menghitung persentase defect

$$p = \frac{np}{n} = \frac{7.256}{15.184} = 0,48$$

Menghitung garis pusat/ Center Line (CL)

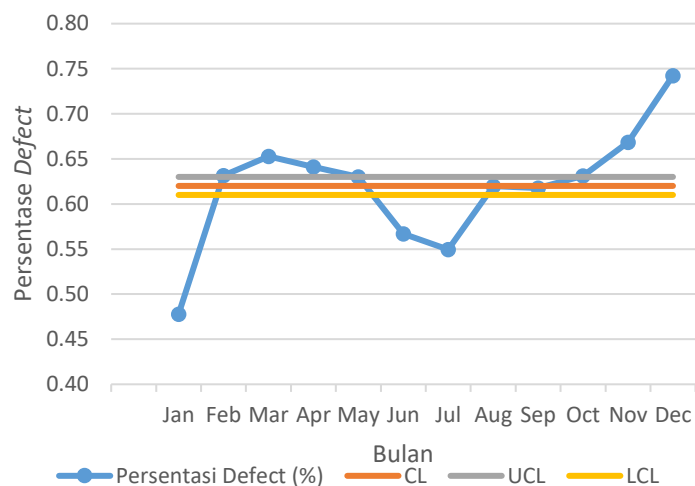
$$CL = \bar{P} = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{99.626}{159.594} = 0,62$$

Menghitung batas kendali atas/ Upper Control Line (UCL)

$$UCL = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}} = 0,62 + 3 \sqrt{\frac{0,62(1-0,62)}{159.594}} = 0,63$$

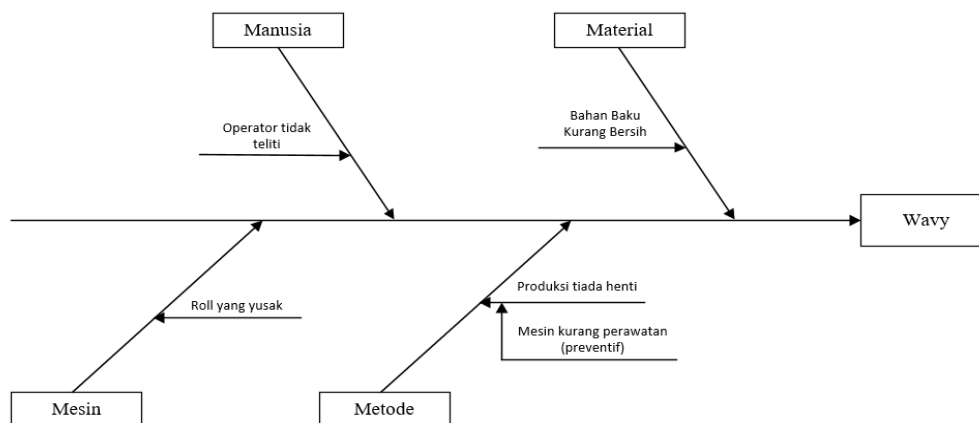
Menghitung batas kendali bawah/ Lower Control Limit (LCL)

$$LCL = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}} = 0,62 - 3 \sqrt{\frac{0,62(1-0,62)}{159.594}} = 0,611$$



Gambar 3. Diagram P-Charts

Gambar 3 menunjukkan keadaan tidak terkendali atau *out-of-control*, ada 4 data yang berada di luar batas kendali atas, yaitu pada bulan Maret, April, November dan Desember, sedangkan untuk porsi bagian *defect* dengan kondisi *lower-of-control*, terdapat 3 data berada di luar batas kontrol bawah, yaitu data bulan Januari, Juni dan Juli, sehingga dapat dikatakan bahwa proses tersebut belum terkendali. Dengan ini maka perlu dilakukannya pengendalian kualitas agar prosesnya terkendali.



Gambar 4. Diagram Fishbone

a. Faktor Mesin

Hal yang dipengaruhi oleh faktor mesin yaitu mesin roll rusak, yang menyebabkan produk coil menjadi rusak pada saat proses finishing. Pada produk *wire rod mill*, perawatan disarankan untuk melibatkan bagian perawatan, *maintenance* harus rutin walaupun tidak sedang produksi, dan menyediakan jumlah *spare part* yang memadai (Fachrur & Karningsih, 2017).

b. Faktor Manusia

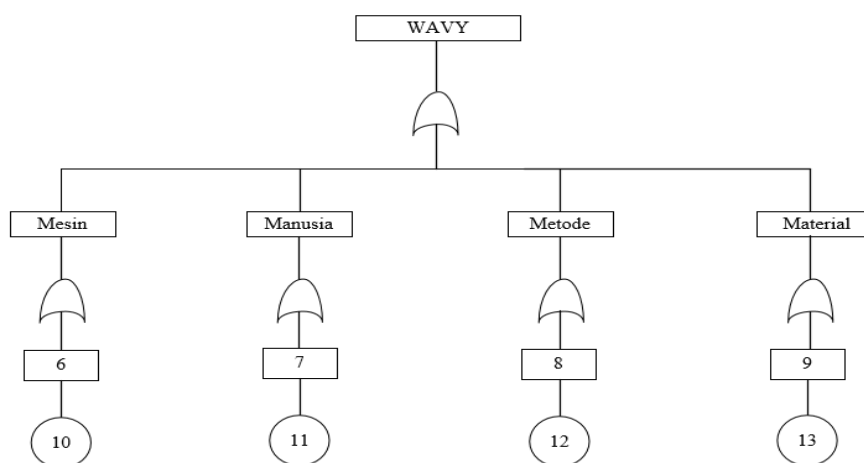
Hal yang dipengaruhi oleh faktor manusia yaitu operator kurang teliti yang menyebabkan proses produksi baja coil menjadi kurang maksimal. Hal ini juga terjadi pada produk pipa spiral (Putra et al., 2022).

c. Faktor Metode

Hal yang dipengaruhi oleh faktor metode yaitu produksi tiada henti yang menyebabkan mesin kurangnya perawatan rutin. Hal ini juga terjadi pada PT. XYZ pada divisi HSM (*Hot Strip Mill*) dengan beban penggunaan mesin yang berlebih (Khadijah et al., 2013).

d. Faktor Material

Hal yang dipengaruhi oleh faktor material yaitu bahan baku kurang bersih yang menyebabkan kualitas dari bahan baku menjadi tidak baik.



Gambar 5. Bagan Fault Tree Analysis

Keterangan FTA dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Keterangan Bagan Fault Tree Analysis

Kode	Keterangan	Kode	Keterangan
1	Wavy	8	Produksi tiada henti
2	Mesin	9	Bahan baku kurang bersih
3	Manusia	10	Produk menjadi rusak
4	Metode	11	Proses produksi kurang maksimal
5	Material	12	Mesin kurang perawatan (<i>preventif</i>)
6	Roll yang rusak	13	kualitas bahan baku tidak baik
7	Operator tidak teliti		

Pada identifikasi *top event*, berdasarkan hasil yang didapatkan melalui pengolahan data diagram pareto, hasil produk *defect wavy* pada hasil proses produksi baja coil yang mencapai jumlah defect paling tertinggi yaitu sebesar 33.945 ton. Oleh karena itu, *top level event* yang akan dianalisis dari hasil *defect* proses produksi baja coil, yaitu *wavy*. Pada penelitian lain pada *cold rolled coil*, jenis kecacatan yang paling sering muncul adalah *stoppage mark*, *bad trimmer*, dan *over pickle* (Subana et al., 2021).

Penentuan *minimum cut set*

$$\begin{aligned}
 \text{Top event} &= 1 \\
 &= 2 + 3 + 4 + 5 \\
 &= [6] + [7] + [8] + [9] \\
 &= [10] + [11] + [12] + [13]
 \end{aligned}$$

Pada *basic event*, hasil dari minimum *cut set* dapat diperoleh 4 *basic event* yang menjadi penyebab terjadinya *defect wavy*. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Basic Event

Kode	Keterangan
10	Produk menjadi rusak
11	Proses produksi kurang maksimal
12	Mesin kurang perawatan (preventif)
13	kualitas bahan baku tidak baik

Pada usulan perbaikan dengan implementasi 5W+1H, berdasarkan hasil dari implementasi 5W+1H, maka hasil faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya *defect* pada produk baja coil saat proses produksi dapat menentukan langkah selanjutnya yaitu membuat usulan perbaikan. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Usulan Perbaikan dengan Implementasi 5W+1H

Kode	Faktor	Usulan Perbaikan
10	Roll yang rusak	Membuat jadwal pengawasan mesin lebih banyak
11	Operator Kurang teliti	Perlunya penerapan jadwal istirahat operator agar teratur
12	Kurang perawatan preventif	Melakukan perawatan preventif terhadap mesin
13	Bahan baku kurang bersih	Membuat jadwal pengawasan lebih banyak agar bahan baku tidak menimbulkan flek

Pada perusahaan lain, cacat yang sering terjadi adalah cacat F70A (*serrated edge*). Kecacatan tersebut diminimalisir dengan setting level temperatur coil sebesar 890°C dan *break cut area* dengan $\geq 40\%$ area pemotongan atau pemakanan coil (Trenggonowati et al., 2020).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan metode P-Charts dan Fault Tree Analysis, jenis cacat (*defect*) yang paling tinggi ditemukan pada jenis *defect wavy* sebanyak 33.945 ton. Maka *defect wavy* harus benar-benar diperhatikan oleh perusahaan agar dapat terkendali.

Faktor penyebab yang mempengaruhi *defect wavy* pada produk baja coil yang telah dianalisa dengan metode Fault Tree Analysis (FTA) dan alat bantu metode lainnya adalah: (1) mesin, (2) manusia, (3) metode, (4) material. Empat faktor tersebut menyebabkan: (1) roll yang rusak yang menyebabkan hasil produk menjadi rusak pada proses finishing, (2) operator tidak teliti yang menyebabkan proses produksi kurang maksimal, (3) proses produksi tiada henti yang menyebabkan kurangnya perawatan preventif pada mesin produksi, dan (4) bahan baku kurang bersih yang menyebabkan terjadinya flek pada permukaan baja coil.

Hasil identifikasi yang telah dilakukan dengan menggunakan implementasi 5W+1H guna memberikan usulan perbaikan adalah: (1) membuat jadwal pengawasan mesin lebih banyak, (2) perlunya penerapan jadwal istirahat operator agar teratur, (3) melakukan perawatan preventif terhadap mesin, dan (4) membuat jadwal pengawasan lebih banyak agar bahan baku tidak menimbulkan flek.

Daftar Pustaka

Bayu, Rukmana, A. N., & Bachtiar, I. (2018). Perbaikan Kualitas Produk Tepung Kaolin dengan

- Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di PT. Industri Mineral Indonesia Provinsi Bangka Belitung. *Prosiding Teknik Industri*, 4(2), 301–307.
- Desrianty, A., Prasetyo, H., & Putra, R. A. (2013). Peningkatan Kualitas Baja Lembaran Dingin dengan Metode Failure Mode and Effects Analysis (Studi Kasus di PT. Krakatau Steel). *Prosiding Seminar Nasional TEKNOIN*, 4, 74–80.
- Djamal, N., & Azizi, R. (2015). Identifikasi dan Rencana Perbaikan Penyebab Delay Produksi Melting Proses dengan Konsep Fault Tree Analysis (FTA) di PT. XYZ. *Jurnal Intech Teknik Industri*, 1(1), 34–45.
- Fachrur, A. R., & Karningsih, P. D. (2017). Perbaikan Kualitas Wire Rod Steel di PT. Krakatau Steel (persero) Tbk. Cilegon Menggunakan Pendekatan Six Sigma. *Jurnal Studi Manajemen Dan Bisnis*, 4(1), 210–223.
- Ferdiana, T., & Priadythama, I. (2015). Analisis Defect Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Berdasarkan Data Ground Finding Sheet (GFS) PT. GMF AEROASIA. *Prosiding Seminar Nasional Industrial Engineering Conference (IDEC) 2016*, 1–8.
- Hidayat, M. T., & Rochmoeljati, R. (2020). Perbaikan Kualitas Produk Roti Tawar Gandeng dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di PT. XXZ. *Juminten: Jurnal Manajemen Industri Dan Teknologi*, 01(04), 70–80.
- Khadijah, A., Bahauddin, A., & Ferdinant, P. F. (2013). Perancangan Perbaikan Proses Produksi Baja dengan Pendekatan Lean Manufacturing. *Jurnal Teknik Industri*, 1(3), 258–264.
- Prasetyo, P. E. (2010). Struktur dan Kinerja Industri Besi dan Baja Indonesia Tidak Sekuat dan Sekokoh Namanya. *Jejak*, 3(1), 12–27. <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jejak/article/view/4661/3873>
- Priyanta, D. (2000). *Keandalan dan Perawatan* (Issue March). Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Putra, G. D., Pangestu, P. A., & Puspitasari, I. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Produk dengan Menggunakan Analisis P-Chart untuk Mengetahui Penyebab Produk Rusak di PT. Krakatau Steel. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, 3(1), 7–10.
- Putri, A. S., Riza, H., & Pamungkas, A. (2022). Quality Control of Hot-Rolled Coil Production Process with Six Sigma Method in Hot Strip Mill Division of Steel Company. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2873–2884. <https://doi.org/10.46254/an12.20220529>
- Rahmah, A. N., & Pawitan, G. (2017). Aplikasi Statistical Process Control (SPC) dalam Pengendalian Kualitas Produksi Susu di PT. Ultra Peternakan Bandung Selatan. *Journal of Accounting and Business Studies*, 2(1), 1–18.
- Satriyo, B., & Puspitasari, D. (2017). Analisis Pengendalian Kualitas dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis untuk Meminimumkan Cacat pada Crank Bed di Lini Painting PT. Sarandi Karya Nugraha. *Jurnal Teknik Industri*, 20, 1–7.
- Subana, M., Sahrupi, S., & Supriyadi, S. (2021). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Coil dengan Pendekatan Metode Six Sigma. *JITEKH*, 9(1), 46–51. <https://doi.org/10.35447/jitekh.v9i1.333>
- Trenggonowati, D. L., Ulfah, M., Arina, F., & Wardhani, A. M. (2020). Pengendalian Kualitas Continuous Tandem Cold Mill (CTCM) Menggunakan Metode Taguchi pada Divisi Cold Rolling Mill di PT. XYZ. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16(2), 293–307. <https://doi.org/10.36055/tjst.v16i2.9242>