

Perancangan Sistem Pengendalian Kualitas di Perusahaan Besi Beton

Didik Wahjudi^{1*}, Nelson Sutanto¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

* Penulis korespondensi; E-mail: dwahjudi@petra.ac.id

ABSTRAK

Sebuah perusahaan penghasil besi beton menghadapi masalah kecacatan pada produk akhir dan tidak memiliki sistem pengendalian kualitas yang baik dan terstruktur. Hal ini menyebabkan menurunnya kepuasan pelanggan akibat tingginya kecacatan pada besi beton. Penelitian ini ingin mengurangi kecacatan dengan memakai *seven quality tools* dan *failure mode and effects analysis* (FMEA) serta merancang sistem pengendalian kualitas. Hasil penelitian menunjukkan setelah melakukan implementasi pengendalian kualitas, kecacatan besi beton di proses kritis dapat diminimalisir. Proses *roughing mill* mengalami penurunan kecacatan sebesar 37.98%, sedangkan pada proses *intermediate mill* mengalami penurunan kecacatan sebesar 38.20%. Faktor penyebab utama terjadinya produk cacat adalah faktor mesin (tidak dilakukan perawatan secara berkala), kemudian diikuti faktor manusia, faktor metode dan faktor material sebagai penyebab lain yang dapat menimbulkan kecacatan pada besi beton. Temuan penelitian ini menunjukkan efektifitas dari metode *seven quality tools* dan *failure mode and effects analysis* (FMEA) dalam menurunkan kecacatan.

Kata kunci: Pengendalian kualitas, besi beton, seven quality tools, failure mode and effect analysis.

ABSTRACT

A company producing concrete iron is facing the problem of defects in the final products and does not have a good and structured quality control system. This causes a decrease in customer satisfaction due to the high number of defects in the concrete iron. This research aims to reduce defects by using the seven quality tools and failure mode and effects analysis (FMEA) and designing a quality control system. The research results show that after implementing quality control, defects in concrete steel in critical processes can be minimized. The roughing mill process experienced a reduction in defects by 37.98%, while the intermediate mill process experienced a reduction in defects by 38.20%. The main factor causing defective products is the machine (not carrying out regular maintenance), followed by human factors, method, and material factors as other causes that can cause defects in concrete iron. The findings of this study show the effectiveness of the seven quality tools and failure mode and effects analysis (FMEA) in reducing defects.

Keywords: Quality control, concrete iron, seven quality tools, failure mode and effect analysis.

PENDAHULUAN

Perusahaan besi beton P.T. X di kawasan industri Driyorejo, Gresik memproduksi beberapa jenis besi beton dengan menggunakan mesin *reheating furnace*, *roughing mill*, *intermediate mill*, *finishing mill* dan *shear cutting*. Produksi besi beton diawali dengan pemanasan bahan baku di *reheating furnace* dengan temperatur $\pm 1000^{\circ}\text{C}$, kemudian diproses dengan menggunakan *roughing mill*, *intermediate mill* dan *finishing mill*. Proses pengerolan ini dilakukan sesuai dimensi yang akan dibentuk, semakin kecil diameter yang akan dibentuk maka proses pengerolannya makin banyak. Setelah proses pengerolan, besi beton akan ditempatkan di *cooling*

bed dan selanjutnya dilakukan proses *shear cutting*. Setelah selesai proses *shear cutting*, besi beton akan ditempatkan di Gudang penyimpanan.

Permasalahan yang sering terjadi di P.T. X ialah banyaknya keluhan pelanggan yang disebabkan oleh dimensi produk yang tidak konsisten. Dari survei awal didapati beberapa permasalahan, yaitu 1) kualitas bahan baku tidak homogen, 2) suhu *furnace* tidak dikontrol, dan 3) proses *roughing mill* hingga *finishing mill* tidak dijalankan sesuai dengan standar yang ditetapkan. Bila permasalahan ini diabaikan terus menerus, hal ini akan menimbulkan dampak negatif, yaitu penurunan kepercayaan pelanggan serta penurunan jumlah permintaan terhadap produk P.T. X.

Untuk menindaklanjuti kecacatan hasil produksi, P.T. X belum pernah melakukan upaya untuk mengendalikan atau meningkatkan kualitas produk. Selama ini, P.T. X hanya menjual hasil produksi yang cacat tersebut kepada pihak luar dengan harga lebih murah daripada produk yang tidak cacat. Oleh karena itu, pengendalian kualitas perlu dilakukan agar P.T. X dapat meningkatkan kualitas besi beton sesuai standar perusahaan. Dalam penelitian ini, penulis mengusulkan sistem pengendalian kualitas dengan memakai metode *seven quality tools* bagaimana dilakukan oleh Neyestani [1] dan Abdel-Hamid and Abdelhaleem [2]. Selain itu, penulis juga mengimplementasikan metode *failure mode and effects analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi penyebab kecacatan yang paling serius bagaimana dilakukan oleh Prayogi, et al. [3].

Seven Quality Tools

Seven quality tools adalah alat dasar yang digunakan untuk memecahkan permasalahan yang berkaitan dengan kualitas, yang terdiri dari histogram, check sheet, pareto chart, cause and effect diagram, process flowchart, scatter diagram, dan control chart [1]. Histogram berfungsi untuk menunjukkan distribusi data secara visual dan membantu manajemen dalam membuat keputusan untuk meningkatkan proses yang berkelanjutan. Check sheet merupakan borang sederhana dengan format tertentu yang dapat membantu pengguna untuk mencatat data secara sistematis [4]. Cause and effect diagram yang juga disebut sebagai fishbone diagram merupakan salah satu alat untuk menemukan akar permasalahan secara sistematis. Pareto diagram menunjukkan permasalahan yang ada dengan urutan banyaknya kejadian yang terjadi, sehingga dengan Pareto diagram dapat menentukan prioritas perbaikan permasalahan yang terjadi dengan kata lain masalah yang paling signifikan diselesaikan terlebih dahulu [2]. Process flowchart merupakan representasi visual dari urutan langkah dan keputusan yang diperlukan untuk melakukan suatu proses. Metode ini berguna untuk mempelajari, merencanakan, meningkatkan dan mengkomunikasikan proses yang kompleks dengan cara yang jelas untuk menangani cacat dan masalah dalam proses. Scatter diagram adalah metode yang dipakai untuk menunjukkan hubungan antara dua variabel dan menentukan jenis hubungannya. Control chart merupakan metode untuk mengendalikan suatu proses serta mempelajari perubahan proses dari waktu ke waktu [2].

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA dapat dianggap sebagai sekelompok kegiatan sistematis yang bertujuan untuk mengenali dan mengevaluasi potensi kegagalan suatu produk/proses dan dampaknya [5, 6]. Selain dipakai untuk mengidentifikasi kegagalan sebagai bagian dari

manajemen risiko, FMEA juga dipakai untuk memprioritaskan sebuah aktifitas atau solusi. Selain itu, FMEA juga dipakai untuk melakukan asesmen terhadap *waste* dalam konsep *lean manufacturing*, sebagaimana yang diusulkan oleh [7]. FMEA memakai tiga parameter penilaian dalam penggunaannya, yaitu *severity*, *occurrence* dan *detection*. Ketiga hal tersebut diperlukan untuk menghitung RPN (*risk priority number*), yang merupakan hasil kali dari antara nilai *severity*, *occurrence* dan *detection*. FMEA menghasilkan rekomendasi aktifitas atau solusi yang perlu dilakukan untuk mengeliminasi suatu kegagalan [8, 9].

METODE

Langkah awal dalam merancang pengendalian kualitas di P.T. X ialah mengidentifikasi bentuk-bentuk kecacatan yang terjadi dengan melakukan observasi di lapangan dan wawancara pihak manajemen perusahaan. Hasil dari langkah awal ini ialah bentuk-bentuk kecacatan yang terjadi dapat diketahui. Setelah bentuk kecacatan diketahui, langkah kedua adalah membuat *check sheet* untuk pengambilan data. Ketika *check sheet* telah dibuat, langkah ketiga ialah melakukan pengambilan data melalui observasi lapangan dengan memakai check sheet yang telah dibuat. Hasilnya ialah data tingkat kecacatan yang terjadi dapat diketahui dan dilakukan analisis. Langkah keempat dalam penelitian ini dengan menganalisis data untuk mendapatkan kecacatan yang sering terjadi dengan tools pareto diagram. Hasilnya ialah tingkat kecacatan yang perlu mendapat prioritas perbaikan. Langkah kelima dalam penelitian ini melakukan analisa akar penyebab permasalahan dengan memakai metode cause and effect diagram. Melalui tool ini, setiap akar penyebab timbulnya kecacatan dapat ditemukan. Setelah akar penyebab kecacatan ditemukan, langkah keenam ialah mencari usulan solusi terhadap setiap akar penyebab permasalahan melalui wawancara dengan pihak manajemen perusahaan. Langkah ketujuh ialah implementasi solusi dari akar permasalahan yang memiliki RPN tinggi dan sedang. Setelah solusi dilakukan, hasil implementasi dievaluasi dengan menghitung nilai RPN pasca implementasi. Langkah terakhir dari penelitian ini ialah menerapkan peta control untuk memastikan proses-proses kritis berada dalam keadaan terkendali (in control). Hasil akhir dari penelitian peta kontrol yang dapat dipakai untuk mengetahui proses yang terkendali dan yang di luar kendali, sehingga proses dapat dihentikan untuk mencegah kecacatan yang tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Permasalahan yang dihadapi oleh P.T. X adalah terjadinya keluhan pelanggan karena banyaknya

besi beton yang cacat dan dimensi yang tidak konsisten. Terjadinya kecacatan pada besi beton ini disebabkan karena adanya proses kritis dalam suatu proses produksi P.T. X yang sering menghasilkan kecacatan pada besi beton. Proses produksi kritis terjadi di *roughing mill* dan *intermediate mill*. Kedua proses tersebut menyumbang kecacatan terbesar dalam proses produksi P.T. X. Oleh karena itu, dibutuhkan pembuatan peta kontrol untuk dapat membedakan proses *roughing mill* dan *intermediate mill* yang terkendali dan yang tidak terkendali. Gambar 1 memberikan lima kecacatan yang sering terjadi, yaitu cacat sirip, *miss roll*, dimensi besi beton tidak bundar, dimensi besi beton terlalu besar, dan gelombang pada besi beton.



Gambar 1. Jenis Kecacatan Produk Besi Beton Polos

Pada penelitian ini, waktu interval yang ditentukan ialah 30 menit dan jumlah sampel yang akan diambil sebanyak 30. Sampel data produksi terendah ialah 481 kg dan data produksi tertinggi 600 kg dalam 30 menit produksi. Dengan mengetahui data produksi terendah dan tertinggi, maka ukuran sampel dapat dihitung. Ukuran sampel (n) dengan data produksi terendah dan tertinggi ialah 20 lonjor. Langkah selanjutnya melakukan pengambilan data kecacatan di proses *roughing mill* dan *intermediate mill* dengan ukuran sampel 20 lonjor dengan interval setiap 30 menit. Hasil pengambilan data sebanyak 30 sampel dengan ukuran sampel masing-masing sebesar 20 lonjor ditunjukkan pada Tabel 1.

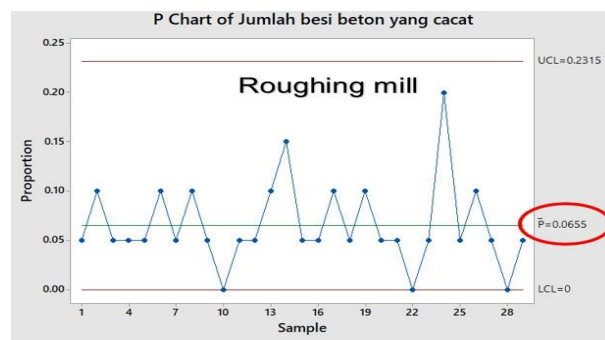
Ketika pengambilan sampel dan data kecacatan diketahui, langkah selanjutnya adalah membuat peta kontrol untuk mengetahui proporsi cacat di proses kritis, yaitu di *roughing mill* dan *intermediate mill*. Peta kontrol proporsi cacat p dipilih karena data bersifat atribut mengingat kecacatan yang terjadi berupa cacat visual dan tidak menerima cacat produk satu produk sekalipun.

Dari data di Tabel 1 di atas, untuk peta kontrol coba-coba didapat bahwa data sampel ke-11 di luar batas kontrol, sehingga dihapus dengan asumsi terjadi penyebab khusus. Peta kontrol yang diperoleh setelah menghapus data ke-11 diberikan oleh Gambar 2. Dari peta kontrol tersebut, didapat proporsi kecacatan proses untuk proses *roughing mill* sebesar 6.55%. Proporsi kecacatan untuk *intermediate mill* didapat sebesar 6.21% dari peta kontrol yang diperoleh dengan menghapus data yang di luar kontrol, yaitu data ke-21. Gambar 3 memberikan peta kontrol untuk proses *intermediate mill*. Selain

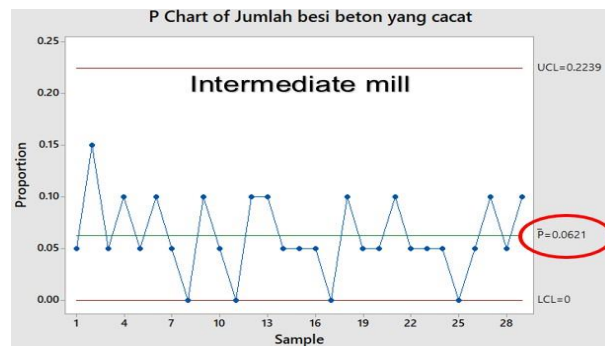
peta kontrol, beberapa *tools* seperti *check sheet*, *Pareto diagram*, *cause and effect diagram* akan diulas pada bagian Gambar 2 dan 3.

Tabel 1. Data Ukuran Sampel dan Kecacatan di Proses Kritis

No	n (lonjor)	Roughing mill		Intermediate mill		
		D ₁	p ₁ = D ₁ /n	D ₂	p ₂ = D ₂ /n	
1	07.00-07.30	20	1	0.05	1	0.05
2	07.30-08.00	20	2	0.10	3	0.15
3	08.00-08.30	20	1	0.05	1	0.05
4	08.30-09.00	20	1	0.05	2	0.10
5	09.00-09.30	20	1	0.05	1	0.05
6	09.30-10.00	20	2	0.10	2	0.10
7	10.00-10.30	20	1	0.05	1	0.05
8	10.30-11.00	20	2	0.10	0	0.00
9	11.00-11.30	20	1	0.05	2	0.10
10	11.30-12.00	20	0	0.00	1	0.05
11	12.00-12.30	20	5	0.25	0	0.00
12	12.30-13.00	20	1	0.05	2	0.10
13	13.00-13.30	20	1	0.05	2	0.10
14	13.30-14.00	20	2	0.10	1	0.05
15	14.00-14.30	20	3	0.15	1	0.05
16	14.30-15.00	20	1	0.05	1	0.05
17	15.00-15.30	20	1	0.05	0	0.00
18	15.30-16.00	20	2	0.10	2	0.10
19	16.00-16.30	20	1	0.05	1	0.05
20	16.30-17.00	20	2	0.10	1	0.05
21	20.00-20.30	20	1	0.05	5	0.25
22	20.30-21.00	20	1	0.05	2	0.10
23	21.00-21.30	20	0	0.00	1	0.05
24	21.30-22.00	20	1	0.05	1	0.05
25	22.00-22.30	20	4	0.20	1	0.05
26	22.30-23.00	20	1	0.05	0	0.00
27	23.00-23.30	20	2	0.10	1	0.05
28	23.30-00.00	20	1	0.05	2	0.10
29	00.00-00.30	20	0	0.00	1	0.05
30	00.30-01.00	20	1	0.05	2	0.10
Total	600	43	0.0717	41	0.0683	



Gambar 2. Peta Kontrol p untuk *Roughing Mill*



Gambar 3. Peta Kontrol P *Intermediate Mill*

Dari Gambar 4. dan Gambar 5. dapat dilihat bahwa 81.40% cacat disumbang oleh cacat sirip, *miss roll* dan dimensi kebesaran pada proses *roughing mill*. Untuk penyumbang cacat terbesar pada proses *intermediate mill* sama dengan cacat pada proses *roughing mill* namun persentase kumulatifnya hanya 75.60%. Oleh sebab itu, penelitian ini dibatasi untuk mencari akar penyebab permasalahan pada ketiga cacat tersebut. Analisis akar penyebab permasalahan dengan memakai *cause and effect diagram* yang dilakukan melalui wawancara dengan Kepala Bagian Produksi dan Supervisor Senior menemukan 14 akar penyebab permasalahan yang menimbulkan cacat sirip, *miss roll* dan dimensi besi beton kebesaran. Selanjutnya, kedua narasumber tersebut diminta untuk memberikan penilaian *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) untuk setiap akar penyebab dengan memakai tabel kriteria penilaian *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang diberikan pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4. Hasil penilaian S, O, dan D untuk setiap akar permasalahan dan nilai RPN masing-masing diberikan pada Tabel 5. Nilai S, O, dan D yang ditampilkan merupakan hasil rata-rata penilaian kedua responden. Penilaian yang memiliki selisih lebih dari 2 dikonsolidasi kepada kedua responden. Dengan demikian, tidak ada penilaian yang berbeda lebih dari 2. Nilai RPN merupakan hasil perkalian nilai, S, O, dan D.

Akar penyebab permasalahan cacat sirip yang krusial terjadi karena faktor mesin, yaitu sisa besi menempel di *mill* akibat mesin *trouble* dan tidak adanya penjadwalan perawatan berkala. Usulan solusi yang diperoleh dari wawancara dengan kedua responden ialah dengan membuat jadwal perawatan mesin dan penggantian komponen sesuai umurnya. Selain itu, diusulkan adanya batasan putaran penyetelan *guide* alur karena saat ini operator memutar penyetelan tidak sesuai dengan standar. Usulan solusinya ialah Kepala Bagian Produksi memasang penyetelan *guide* dengan model *fix setting*.

Tipe kecacatan (<i>roughing mill</i>)	Jam						Total
	07.00-09.30	09.30-12.00	12.00-14.30	14.30-17.00	20.00-22.30	22.30-01.00	
Miss roll	1	3	2	1	2	3	12
Sirip	3	2	4	2	1	2	14
Diameter besi tidak bundar	1	0	2	2	1	0	6
Dimensi besi kebesaran	1	1	2	2	3	0	9
Gelombang	0	0	2	0	0	0	2
Total	6	6	12	7	7	5	43

Tipe kecacatan (<i>intermediate mill</i>)	Jam						Total
	07.00-09.30	09.30-12.00	12.00-14.30	14.30-17.00	20.00-22.30	22.30-01.00	
Miss roll	2	2	2	1	2	1	10
Sirip	3	1	2	2	3	1	12
Diameter besi tidak bundar	1	2	1	2	2	0	8
Dimensi besi kebesaran	2	1	1	0	1	4	9
Gelombang	0	0	0	0	2	0	2
Total	8	6	6	5	10	6	41

Gambar 4. Check sheet Proses Kritis

Jenis cacat	Cacat di <i>roughing mill</i>	Persentase	Persentase kumulatif	Cacat di <i>intermediate mill</i>	Persentase	Persentase kumulatif
Sirip	14	32.56%	32.60%	12	29.27%	29.30%
Miss roll	12	27.91%	60.50%	10	24.39%	53.70%
Dimensi kebesaran	9	20.93%	81.40%	9	21.95%	75.60%
Dimensi tidak bundar	6	13.95%	95.30%	8	19.51%	95.10%
Gelombang	2	4.65%	100%	2	4.88%	100%
Total	43			41		

Gambar 5. Pareto Table

Tabel 2. Kriteria Penilaian Severity (Dampak Kegagalan)

Skor	Efek	Deskripsi Dampak Kegagalan
1	Tidak ada	Tidak ada pengaruh terhadap kualitas produk besi beton.
2	Sangat kecil	Besi beton dapat di produksi dengan adanya efek kegagalan/cacat sangat kecil.
3	Kecil	Besi beton dapat di produksi dengan adanya efek kegagalan/cacat kecil.
4	Sangat rendah	Terdapat efek sangat rendah terhadap kegagalan/cacat pada kualitas besi beton, namun belum memerlukan perbaikan.
5	Rendah	Produksi tetap berjalan dalam keadaan normal, namun menimbulkan kecacatan besi beton dan perlu perawatan mesin. Operator dan <i>supervisor</i> tidak puas karena kinerja mesin/hasil kualitas menurun.
6	Sedang	Produksi tetap berjalan dalam keadaan normal, namun menimbulkan kecacatan besi beton. Operator dan <i>supervisor</i> sangat tidak puas dengan kinerja mesin, hasil kualitas, dan <i>skill</i> operator.
7	Tinggi	Kualitas besi beton sangat terpengaruh, proses produksi terhambat karena mesin macet dan perlunya operator melakukan perawatan/pelatihan.
8	Sangat tinggi	Kualitas besi beton dipengaruhi pada tingkat tinggi (kemungkinan produk rusak dan produksi diberhentikan), besi beton tidak dapat digunakan sesuai dengan kegunaannya, namun masih bisa dijual kepada tukang loak dengan harga tinggi.
9	Serius	Kualitas besi beton dipengaruhi pada tingkat serius, dapat membahayakan mesin/operator dengan peringatan. Besi beton tidak dapat digunakan sesuai dengan kegunaannya, namun masih bisa dijual kepada tukang loak dengan harga rendah.
10	Ekstrim	Besi beton tidak dapat digunakan sesuai dengan kegunaan dan fungsinya, dapat membahayakan mesin/operator tanpa peringatan.

Tabel 3. Kriteria Penilaian Occurrence (Frekuensi Kegagalan)

Skor	Deskripsi Frekuensi Kegagalan
1	Sangat sulit terjadi Hampir tidak ada peluang terjadi (<10%).
2	Berpeluang sangat kecil terjadi Peluang terjadinya berkisar antara 11-20%.
3	Berpeluang kecil terjadi Peluang terjadinya berkisar antara 21%-30%.
4	Berpeluang sedikit terjadi Peluang terjadinya berkisar antara 31%-40%.
5	Beberapa kejadian Peluang terjadinya berkisar antara 41%-50%.
6	Banyak kejadian Peluang terjadinya berkisar antara 51%-60%.
7	Sering terjadi Peluang terjadinya berkisar antara 61%-70%.
8	Sangat mungkin terjadi Peluang terjadinya berkisar antara 71%-80%.
9	Sangat sering terjadi Peluang terjadinya berkisar antara 81%-90%.
10	Hampir pasti terjadi Peluang terjadinya lebih dari 90%.

Untuk besi beton 8 mm, operator perlu memutar tombol penyetelan dari batas titik nol sebanyak 5 kali putaran penuh dan putaran tidak dapat diputar lagi (maksimal). Akar penyebab permasalahan cacat *miss roll* yang krusial terjadi pada faktor manusia dan

mesin. Untuk faktor mesin, belum ada batasan penyetelan yang jelas seperti akar penyebab permasalahan pada cacat sirip. Untuk faktor manusia, ketika belum ada penyetelan model *fix setting*, operator seringkali tidak memutar penyetelan secara tepat. Hal ini dapat menyebabkan besi beton terlepas dari alur akibat penyetelan yang kurang putarannya. Untuk mencegah hal tersebut perlu implementasi solusi *fix setting* pada *guide* alur. Akar penyebab permasalahan cacat dimensi besi kebesaran yang krusial terjadi pada faktor manusia. Akar penyebabnya ialah operator seringkali mengurangi jumlah standar pengerolan yang sudah berlaku. Usulan solusinya ialah melakukan perbaikan SOP terkait standar pengerolan besi beton 8 mm. Untuk *roughing mill*, besi beton dilakukan pengerolan sebanyak lima kali dan *intermediate mill* dilakukan pengerolan sebanyak dua kali. Selain perbaikan SOP, pihak P.T. X melakukan *redesign* alur *mill* agar besi beton yang kebesaran tidak bisa lanjut ke proses pengerolan berikutnya.

Tabel 0. Kriteria Penilaian Detection (Terdeteksi Sebelum Akibat Efek Terjadi)

Skor	Deskripsi Terdeteksi Sebelum Dampak Terjadi
1	Hampir selalu terdeteksi Mendeteksi dan menghindari kegagalan/kecacatan besi beton 100%
2	Kemungkinan sangat besar Kemungkinan deteksi yang sangat besar sebelum terjadinya kecacatan besi beton/kerusakan mesin.
3	Kemungkinan besar Kemungkinan besar akan terdeteksi sebelum kecacatan/kerusakan terjadi.
4	Kemungkinan cukup besar Kemungkinan cukup besar akan terdeteksi sebelum kecacatan terjadi, ada SOP proses produksi yang dapat menghindari timbulnya kecacatan/kerusakan. Memiliki peluang yang baik untuk dideteksi sebelum kecacatan terjadi, ada SOP proses produksi yang dapat menghindari timbulnya cacat/kerusakan beberapa kali.
5	Sedang Memiliki peluang yang rendah untuk mendeteksi sebelum kecacatan terjadi. Tidak ada mekanisme yang jelas dari <i>supervisor</i> /kabag produksi untuk menghindari kecacatan.
6	Rendah Kemungkinan akan terdeteksi setelah cacat terjadi. Namun ada inspeksi beberapa kali.
7	Sangat rendah Memiliki peluang yang sedikit untuk mendeteksi setelah kecacatan terjadi.
8	Sedikit Memiliki peluang yang sangat sedikit untuk dideteksi setelah kecacatan terjadi.
9	Sangat sedikit Tidak terdeteksi setelah kegagalan/kecacatan terjadi
10	Sama sekali tidak terdeteksi

Untuk memastikan efektifitas dari solusi perbaikan, semua solusi diimplementasikan. Setelah mengimplementasikan solusi yang diusulkan, bagian akhir dari penelitian ini ialah mengukur tingkat kecacatan akhir dan memastikan proses kritis berada dalam keadaan terkendali. Ukuran sampel untuk evaluasi efektifitas solusi perlu menggunakan ukuran sampel baru karena ukuran sampel sebelum implementasi solusi belum ideal. Hal ini dilakukan agar menghindari kecacatan yang tidak terdeteksi atau sama dengan nol yang disebabkan ukuran sampel yang terlalu kecil. Rumus ukuran sampel baru yaitu:

$$n > ((1-p)/p) * L^2 \tag{1}$$

Keterangan:

p (*roughing mill*) = 7.17% dan p (*intermediate mill*) = 6.83%

L = besar simpangan batas kendali, dipakai L = 3

Dari rumus di atas, didapatkan hasil ukuran sampel *roughing mill* = 117 dan ukuran sampel *intermediate mill* = 123. Namun hal ini tidak dimungkinkan karena perusahaan tidak memiliki mesin otomatis untuk melakukan inspeksi hampir 100% dari jumlah produksi. Oleh karena itu, ukuran sampel diambil sebesar 60 lonjor atau sekitar 50% dari perhitungan sampel di atas. Dengan catatan, setiap 30 menit produksi P.T. X menghasilkan besi beton sejumlah 128 lonjor. Pengambilan data dilakukan seperti pengambilan data kecacatan pada Tabel 1. di atas.

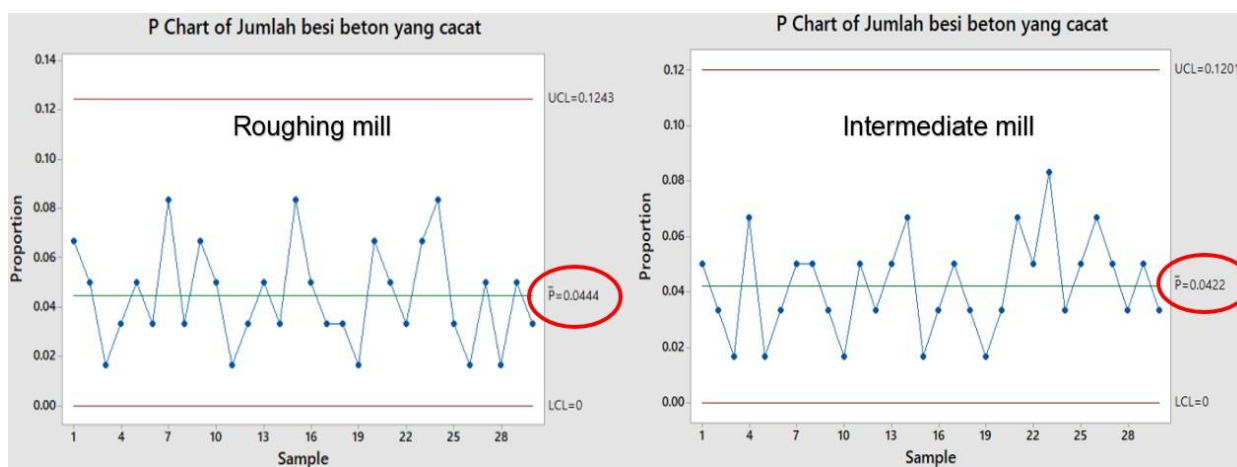
Dari data kecacatan setelah implementasi perbaikan, diperoleh peta kontrol *p* untuk *roughing mill* dan *intermediate mill*, seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Dari peta kontrol tersebut, proporsi kecacatan *roughing mill* menurun sebesar 32.21%, yaitu dari 6.55% menjadi 4.44%, sedangkan proporsi kecacatan *intermediate mill* menurun sebesar 32.04%, dari 6.21% menjadi 4.22%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengendalian kualitas yang diharapkan dapat menurunkan jumlah produk yang cacat maupun produk tidak konsisten. Ditemukan 14 akar penyebab permasalahan terjadinya kecacatan (8 akar penyebab permasalahan dengan RPN tinggi dan sedang). Penelitian ini melakukan wawancara usulan solusi dan implementasi dengan pihak internal. Hasil evaluasi proses krisis menunjukkan penurunan proporsi kecacatan pada proses kritis. Proses *roughing mill* mengalami penurunan proporsi kecacatan sebesar 32.21% sedangkan proporsi kecacatan *intermediate mill* mengalami penurunan sebesar 32.04%. Masalah yang dibahas pada penelitian ini terbatas pada metode *quality tools* dan FMEA. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menerapkan

Tabel 5. Akar penyebab kecacatan dan nilai RPN masing-masing

No.	Faktor	Akar Penyebab Kecacatan	S	O	D	RPN
1	Manusia	Operator tidak melakukan pemeriksaan alur rolling dan mesin	7	5.5	4	154
2	Manusia	Operator tidak segera mengambil besi beton yang terjepit saat mesin trouble	5.5	4.5	6	149
3	Manusia	Kelalaian operator saat akan memasukkan besi beton ke alur	5	3.5	4.5	79
4	Manusia	Operator salah <i>setting guide</i> alur, besi beton keluar dari alurnya	6.5	5.5	5.5	197
5	Manusia	Operator seringkali mengurangi jumlah pengerolan besi beton	8	4.5	5	180
6	Manusia	Kurangnya pelatihan dan penyuluhan kepada operator	6.5	5.5	4	143
7	Lingkungan	Suhu area pabrik panas akibat proses <i>reheating furnace</i>	2.5	1.5	2	8
8	Mesin	Tidak ada perawatan secara berkala	8	6	5.5	264
9	Mesin	Sisa besi menempel di alur <i>mill</i>	5.5	4.5	6	149
10	Mesin	Penyetelan <i>guide</i> kurang tepat/salah, tidak ada batas yang jelas	7	6.5	5	228
11	Metode	Sistem kejar target hasil produksi	4	2	3	24
12	Metode	Belum ada pengawasan <i>supervisor</i> pada <i>shift</i> malam	5	3	4.5	68
13	Metode	Belum ada peraturan resmi untuk mematuhi SOP	4.5	3.5	4.5	71
14	Material	<i>Supplier</i> bahan baku besi beton berbeda-beda	5	2.5	4	50



Gambar 6. Peta Kontrol P Proses Kritis Setelah Implementasi Solusi

metode desain eksperimen untuk mengurangi kecacatan lebih lanjut sebagaimana dilakukan oleh [10-13]. Selain itu, pihak manajemen perusahaan dapat mempertimbangkan untuk menerapkan *poka-yoke* agar kesalahan dapat diminimalisasi, khususnya proses krisis di P.T. X [14, 15].

DAFTAR PUSTAKA

[1] B. Neyestani, Seven basic tools of quality control: The appropriate techniques for solving quality problems in the organizations, 2017, doi: <https://doi.org/10.2139/ssrn.2955721>.
 [2] M. Abdel-Hamid and H. M. Abdelhaleem, Improving the Construction Industry Quality Using the Seven Basic Quality Control Tools, *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, vol. 7, no. 6, pp. 412-420, 2019, doi: <https://doi.org/10.4236/jmmce.2019.76028>.
 [3] M. F. Prayogi, D. P. Sari, and A. Arvianto, Analisis Penyebab Cacat Produk Furniture Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA) (Studi Kasus Pada P.T. Ebako Nusantara), *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 5, no. 4, pp. 1-8, 2016.

[4] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, 7th edition ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2013.
 [5] Ford Motor Company, *Failure Mode and Effects Analysis: FMEA Handbook (with Robustness Linkages)*. Dearborn, MI: Ford Motor Company, 2011.
 [6] R. E. McDermott, R. J. Mikulak, and M. R. Beauregard, *The Basics of FMEA*. New York, NY: Taylor & Francis Group, LLC, 2009.
 [7] R. V. B. de Souza and L. C. R. Carpinetti, A FMEA-based approach to prioritize waste reduction in lean implementation, *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 31, no. 4, pp. 346-366, 2014, doi: <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2012-0058>.
 [8] D. Wahjudi and A. Cahyadi, Implementasi FMEA untuk Peningkatan Produktifitas di PT. X, *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 19, no. 2, pp. 45-50, 2022, doi: <https://doi.org/10.9744/jtm.19.2.45-50>.
 [9] D. Wahjudi and Y. D. P. Projesa, "An FMEA-Based Approach to Waste Reduction A Case on a Make-to-Order Company," *Advances in Economics, Business and Management Research*, vol. 177, pp. 7-11, 2021, doi: <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.210522.002>.

- [10] D. Wahjudi and R. Roynaldo, Implementasi Perancangan Eksperimen untuk Mengurangi Kecacatan di Proses Injection Molding P.T. X, *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 20, no. 1, pp. 13-17, 2023, doi: <https://doi.org/10.9744/jtm.20.1.13-17>.
- [11] R. Alimin, D. Wahjudi, H. Gunawan, and P. P. Poernomo, Regression Equations to Determine the Stages of Electric Current in Electrical Discharge Machining (EDM) According to the Level of Desired Surface Roughness with Shortest Processing Time, in *The 1st International Conference on Automotive, Manufacturing, and Mechanical Engineering (IC-AMME 2018)*, Bali, Indonesia, R. H. Setyobudi *et al.*, Eds., 2019, vol. 130: E3S Web of Conferences, doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913001024>.
- [12] D. C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments*, Ninth Edition ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2017.
- [13] N. T. Eulia, Implementasi Desain Eksperimen Untuk Mengurangi Pemborosan Material Dalam Produksi Besi Beton Di P.T. Hanil Jaya Steel, Bachelor Thesis, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra, Surabaya, 01011487/MES/2023, 2023.
- [14] A. Zhang, Quality improvement through Poka-Yoke: from engineering design to information system design, *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, vol. 8, no. 2, 2014, doi: <https://doi.org/10.1504/ijssca.2014.064260>.
- [15] J. K. Liker, *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*, 2nd Edition ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2021.