

USULAN PENURUNAN TINGKAT KECACATAN PRODUK PELAT BAJA DENGAN METODE SIX SIGMA

Muhamad Bob Anthony

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya

Email: tonipbmti@gmail.com

Abstrak – Penelitian ini bertujuan untuk memaksimalkan penurunan tingkat kecacatan produk untuk menuju zero defect. Peneliti menggunakan metode six sigma melalui 5 tahap penyelesaian yaitu, define, measure, analyze, improve, dan control. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tingkat sigma dan nilai DPMO (Defect per Million Opportunities) dari perusahaan sebesar 3,47 dengan kemungkinan kerusakan sebesar 24.239 lembar untuk satu juta produksi. Setelah dilakukan analisa lebih jauh menggunakan diagram pareto didapati bahwa jenis cacat cutting fault transfer defect adalah yang paling banyak terjadi dengan prosentase kerusakan sebesar 43%. Dan berdasarkan hasil analisis diagram tulang ikan dapat diketahui faktor utama penyebab kerusakan dalam proses produksi berasal dari faktor pekerja (manusia), diikuti oleh faktor mesin, material dan metode kerja. Usulan perbaikan yang dapat dilakukan oleh perusahaan diantaranya adalah melakukan pembaharuan terhadap metode-metode dan SOP (standard operating procedure) yang sudah ada serta dilakukannya pengawasan terhadap kinerja operator dan pengembangan pengetahuan serta merencanakan penjadwalan perawatan yang baik.

Kata kunci: Diagram Pareto, Diagram tulang ikan, DPMO, Six Sigma

Abstract -- This study aims to maximize the decline in the level of product defects to lead to zero defects. Researchers use the six sigma method through 5 stages of completion, namely, define, measure, analyze, improve, and control. Based on the results of the study it can be concluded that the sigma level and the value of DPMO (Defect per Million Opportunities) of the company amounted to 3.47 with possible damage of 24,239 sheets for one million productions. After further analysis using the Pareto diagram, it found that the cutting fault transfer defect was the most common with a percentage of damage of 43%. And based on the results of the analysis of fishbone diagrams, it can be seen that the main factors causing contamination in the production process come from the worker factor (human), followed by machine factors, material, and work methods. The proposed improvements that can be made by the company include updating existing methods and SOPs (standard operating procedures) and monitoring the operator's performance and developing knowledge and planning proper maintenance scheduling.

Keywords: DPMO, Fish bone diagram, Pareto diagram, Six Sigma

PENDAHULUAN

Persaingan industri yang ketat memacu setiap perusahaan industri manufaktur maupun jasa untuk memiliki keunggulan kompetitif yaitu dalam segi kualitas (*quality*), harga (*cost*), ketepatan waktu pengiriman (*delivery time*) dan fleksibilitas (*flexibility*). Keunggulan kompetitif tersebut dapat tercapai dengan melakukan perbaikan secara terus menerus (*continuous improvement*). Faktor kualitas produk merupakan faktor penting karena sebagai penentu tingkat kepuasan yang diperoleh konsumen (Ghanimata & Kamal, 2012). Pandangan untuk selalu melakukan yang terbaik untuk konsumennya membuat perusahaan-perusahaan memunculkan terobosan-terobosan baru dalam meningkatkan kualitas produknya. Peningkatan kualitas

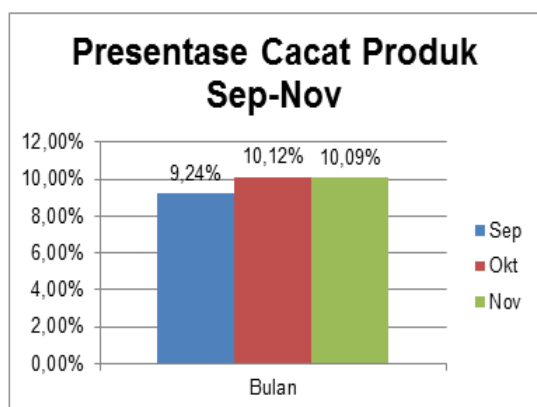
manajemen industri sangat ditentukan oleh adanya unsur input, proses, output dan pengendalian produk sebelum produk tersebut digunakan konsumen. Adapun dalam pengendalian kualitas itu sendiri, banyak metode yang dikenal, tetapi dari sekian banyak metode tersebut belum mampu membuktikan *performance*-nya dalam masalah peningkatan kualitas secara dramatik menuju tingkat kecacatan nol (*zero defect*).

Salah satu metode yang sering dipakai dalam menurunkan tingkat kecacatan adalah metode *six sigma*. *Six sigma* merupakan suatu metode atau teknik pengendalian dan peningkatan kualitas dramatik yang merupakan terobosan baru dalam bidang manajemen kualitas (Gaspersz, 2001). *Six sigma* merupakan

proses disiplin tinggi yang membantu mengembangkan dan mengantarkan produk mendekati sempurna. *Six sigma* adalah suatu visi peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) untuk setiap transaksi produk baik barang maupun jasa (Trihendradi, 2006). Penerapan six sigma secara konsisten mampu meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan perusahaan (Banuelas, Antony, & Brace, 2005; Goh, Low, Tsui, & Xie, 2003; Kumar, Nowicki, Ramírez-Márquez, & Verma, 2008; Pheng & Hui, 2004; Rohimudin, Dwiputra, & Supriyadi, 2016)

Objek dalam penelitian ini merupakan perusahaan baja *multinasional* yang memproduksi *slab & plate* berkualitas tinggi dengan standar internasional. *Slab & plate* yang dihasilkan dipergunakan sebagai bahan pembuatan kapal, konstruksi bangunan serta berbagai jenis kebutuhan industri lainnya.

Berdasarkan data produksi perusahaan di tahun 2016, proses penipisan *slab* ke *plate* hingga proses *finishing* sering menimbulkan beberapa kecacatan pada produk jadi. Kecacatan-kecacatan ini disebabkan oleh banyak faktor sehingga harus ditelusuri faktor-faktor penyebabnya dan dilakukan pengembangan serta perbaikan secara terus menerus. Pada bulan september saja terdapat 3.329 lembar atau 9,24% cacat *surface* pada produk akhir dari total produksi 36.027 lembar. Di bulan Oktober dan November bahkan rata-rata kecacatan dalam produksi adalah sebesar 10,12% dan 10,09%.

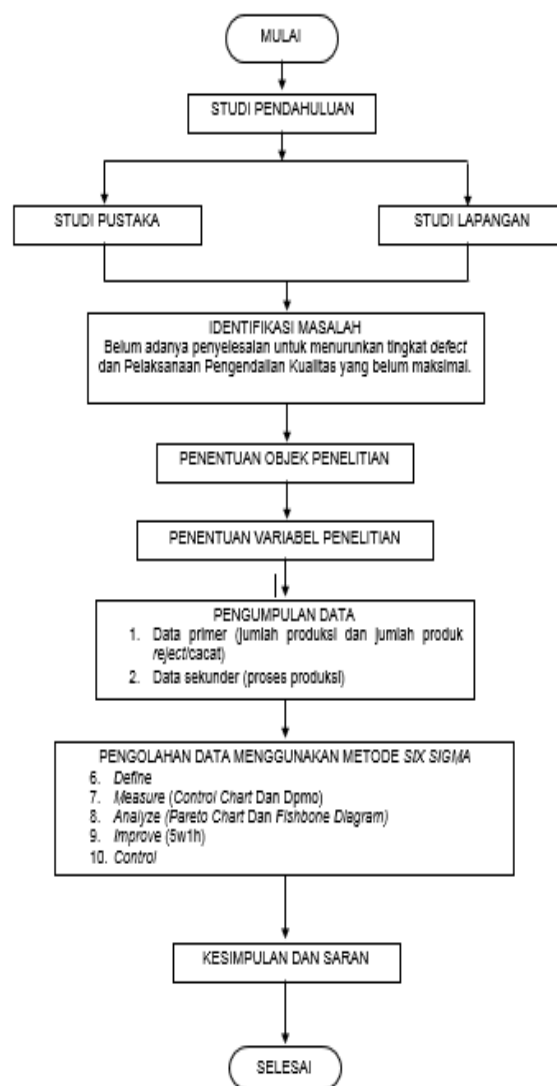


Gambar 1. Prosentase cacat produk september hingga november

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis terjadinya cacat yang terjadi pada proses *slab & plate* dengan menggunakan metode six sigma. Hasil analisa ini bisa dimanfaatkan perusahaan dalam meminimalkan atau menghilangkan penyebab terjadinya cacat tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan terhadap produk pelat baja cacat yang diproduksi oleh perusahaan baja *multinasional* yang memproduksi *slab & plate* berkualitas tinggi dengan standar internasional. Pengambilan data dilakukan dengan cara melihat data historis di *Plate Rolling Department* mulai bulan Januari hingga Desember 2016.



Gambar 2. Alur penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode six sigma melalui 5 tahap penyelesaian yaitu, *define, measure, analyze, improve* dan *control*. *Define* merupakan langkah pengoperasian pertama dalam peningkatan kualitas berdasarkan *Six Sigma*. Dalam langkah *define*, masalah (cacat produk) mulai diidentifikasi dan di kelompokkan (Breyfogle, 2003).

Measure merupakan pengukuran variabel proses melalui pemeriksaan kualitas data, studi

repeatability and reproducibility (R&R), dan membahas stabilitas proses (Ranjan Senapati, 2004). Pada tahap ini akan dilakukan pengukuran nilai sigma saat ini sebagai dasar penentuan tujuan peningkatan nilai sigma.

Analyze adalah langkah selanjutnya yang dilakukan untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah berdasarkan pada analisa data yang ada dengan menggunakan diagram pareto dan diagram tulang ikan (*fishbone diagram*) (Breyfogle, 2003).

Improve yaitu tahap dilakukannya pengujian dari solusi atau penyelesaian masalah serta rekomendasi usulan perbaikan yang di dilakukan untuk mengeliminasi penyebab masalah yang ada dengan menggunakan metode 5W+1H (*what, when, where, which, who, dan how*) (Breyfogle, 2003).

Control adalah tahap yang berisikan tentang ide atau cara pengontrolan berdasarkan dari penerapan perbaikan yang dilakukan. *Control* dilakukan untuk menyakinkan bahwa hasil-hasil yang diinginkan sedang dalam proses pencapaian (Breyfogle, 2003).

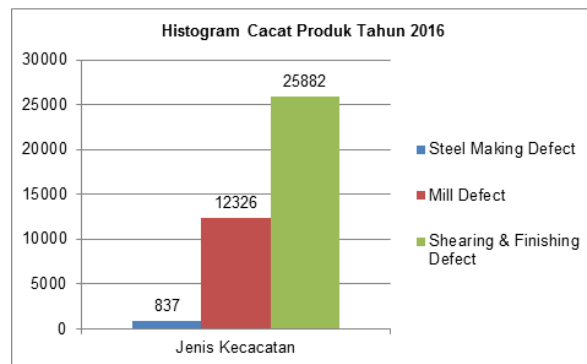
HASIL DAN PEMBAHASAN

Define

Tahap pertama dalam DMAIC adalah *Define*. Dalam tahap ini dilakukan dengan pendefinisian masalah-masalah standar kualitas atau mendefinisikan penyebab-penyebab cacat (*defect*) yang menjadi penyebab paling potensial.

Tabel 1. Data jumlah produksi dan cacat produk tahun 2016

Bulan	Jumlah Produksi (Lembar)	Jumlah Produk cacat (Lembar)
Januari	25705	2403
Februari	14509	1358
Maret	29457	2757
April	44424	4513
Mei	43231	4085
Juni	27567	2627
Juli	22918	2307
Agustus	30998	3180
September	36027	3399
Oktober	36253	3754
November	33294	3453
Desember	49690	5209
Total	394073	39045



Gambar 3. Histogram cacat produk tahun 2016

Dari gambar 3, dapat diketahui jenis kerusakan yang paling banyak terjadi adalah area *shearing & finishing* dengan jumlah sebanyak 25882 lembar. Setelah itu area *mill* sebanyak 12326 lembar dan area *Steel Making* sebanyak 837 lembar.

Dari data diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa dari tempat berasalnya *defect* didapatkan 2 tempat yang cukup tinggi yaitu area *mill* dan area *shearing & finishing*. Untuk itu dalam penelitian ini difokuskan pada 2 tempat terjadinya cacat tersebut, karena di area ini produk paling banyak menghasilkan cacat.

Pada area *mill* dan *shearing & finishing* terdapat 3 *defect* utama yang terjadi yaitu *rolling surface defect*, *cutting fault & transfer defect* dan *marking revision*. Berikut penjelasan mengenai *defect-defect* tersebut.

a. Rolling surface defect

Rolling surface defect merupakan kecacatan produk yang terjadi karena adanya benda/material asing yang ada pada permukaan produk baik berasal dari dalam maupun luar material. Kecacatan ini terjadi dimulai dari proses pemanasan hingga penipisan dari *slab* ke *plate* (Gambar 4).

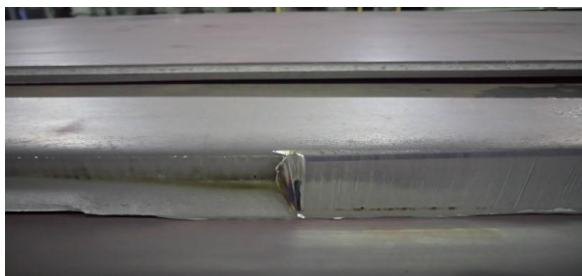


Gambar 4. Rolling surface defect

b. Cutting fault & transfer defect

Kecacatan ini berasal dari area *shearing & finishing* yaitu terjadinya ketidaksempurnaan pada sisi hasil pemotongan pelat dan munculnya cacat akibat *material flow* (proses perjalanan

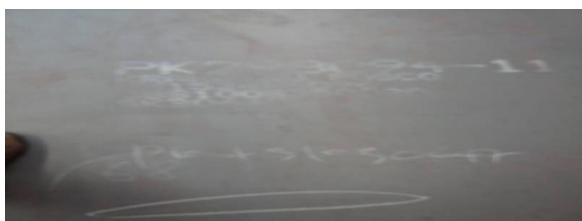
produk dari satu proses ke proses lainnya) (Gambar 5).



Gambar 5. Cutting fault & transfer defect

c. Marking revision

Kecacatan ini berwujud pada kurang baiknya hasil penandaan identitas dari produk (Gambar 6)..



Gambar 6. Marking revision

Measure

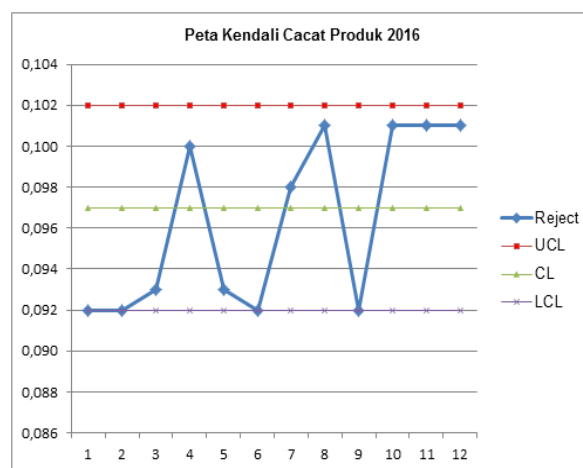
Pada tahap kedua yaitu *measure*, pertama dilakukan identifikasi CTQ (*critical to quality*) dari cacat produk (Tabel 2). Kemudian dari hasil data yang telah diambil, dilakukan tahap pengukuran dan analisa melalui analisis diagram kontrol (*control chart*) untuk mengetahui apakah kecacatan produk masih dalam batas kendali atau tidak. Setelah itu dilakukan perhitungan DPMO dan nilai *six sigma*.

Tabel 2. CTQ produk pelat baja

No.	Critical To Quality (CTQ)	Keterangan
1.	Rolling Surface Defect	Kecacatan ini terjadi pada proses <i>furnace</i> dan <i>rolling</i> dari <i>slab</i> ke pelat. Kondisi pelat menjadi cacat akibat adanya benda asing baik dari dalam maupun luar material.
2.	Cutting Fault and Transfer Defect (Machine)	Kondisi dari kecacatan pelat ini adalah adanya pemotongan yang tidak sempurna/ kurang baik sehingga menyisakan <i>excess material</i> pada hasil pemotongan.
3.	Cutting Fault and Transfer Defect (Gas)	Kondisi dimana tanda/identitas pada pelat tidak lengkap/jelas.
4.	Marking Revision	Kondisi dimana tanda/identitas pada pelat tidak lengkap/jelas.

Tabel 3. Data produksi dan produk cacat tahun 2016

Bulan	Jumlah Produksi (Lembar)	Jenis Cacat			Jumlah Produk cacat (Lembar)	Presentase Produk Cacat (%)
		Rolling Surface Defect (Lembar)	Cutting Fault & Transfer Defect (Lembar)	Marking Revision (Lembar)		
1	25705	798	1099	476	2373	9,23
2	14509	596	597	148	1341	9,24
3	29457	989	1416	326	2731	9,27
4	44424	1464	2256	737	4457	10,03
5	43231	1469	1496	1058	4023	9,31
6	27567	1209	699	637	2545	9,23
7	22918	719	910	609	2238	9,77
8	30998	1138	1266	731	3135	10,11
9	36027	696	1583	1050	3329	9,24
10	36253	1063	1526	1079	3668	10,12
11	33294	1016	1414	928	3358	10,09
12	49690	1169	2218	1623	5010	10,08
Total	394073	12326	16480	9402	38208	
Rata-rata	32839,42	1027,17	1373,33	783,50	3184	9,64



Gambar 7. Peta kendali p-chart kecacatan produk tahun 2016

Dari gambar 7 dapat dilihat bahwa semua titik berada di dalam batas kendali sehingga bisa ditarik kesimpulan bahwa proses terkendali. Walaupun dalam batas kendali, namun kecacatan pelat masing diatas batas dari target perusahaan hal ini menunjukkan bahwa pengendalian kualitas untuk produk jadi masih

harus ditingkatkan.

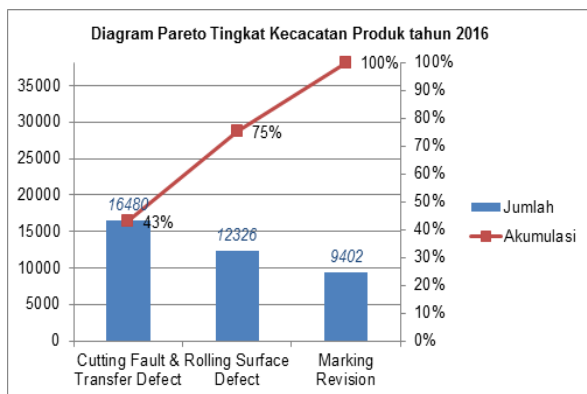
Tabel 4. Data hasil perhitungan nilai DPMO dan nilai sigma tahun 2016

Bulan	Jumlah Produksi (Lembar)	Jumlah Produk cacat (Lembar)	Presentase Produk Cacat (%)	DPU	DPO	DPMO	Nilai Sigma
1	25705	2373	9,23	0,092	0,023	23079,167	3,49
2	14509	1341	9,24	0,092	0,023	23106,348	3,49
3	29457	2731	9,27	0,093	0,023	23177,852	3,49
4	44424	4457	10,03	0,100	0,025	25082,163	3,46
5	43231	4023	9,31	0,093	0,023	23264,556	3,49
6	27567	2545	9,23	0,092	0,023	23080,132	3,49
7	22918	2238	9,77	0,098	0,024	24413,125	3,47
8	30998	3135	10,11	0,101	0,025	25283,889	3,45
9	36027	3329	9,24	0,092	0,023	23100,730	3,49
10	36253	3668	10,12	0,101	0,025	25294,458	3,45
11	33294	3358	10,09	0,101	0,025	25214,753	3,45
12	49690	5010	10,08	0,101	0,025	25206,279	3,45
Total	394073	38208	115,72	0,097	0,024	24239,2	3,47
Rata-rata	32839,42	3184	9,64	0,096434	0,0241086	24108,6	

Dari tabel 4 dapat terlihat bahwa nilai *sigma* pada tahun 2016 sebesar 3,47 dengan kemungkinan kerusakan sebesar 24.239 lembar untuk satu juta produksi. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai *sigma* masih harus ditingkatkan karena perusahaan merupakan perusahaan multinasional yang bersaing sehingga dengan meningkatkan nilai *sigma* ke tahun berikutnya dapat meningkatkan keuntungan perusahaan dan menurunkan tingkat kerugian yang diakibatkan oleh cacat produk.

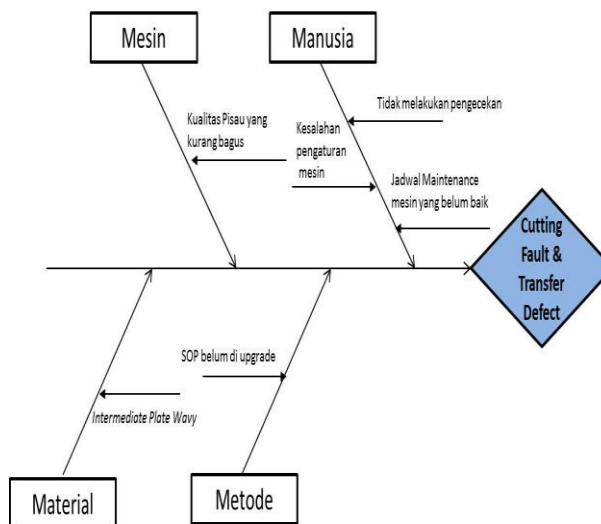
Analyze

Pada tahap ini, hasil olahan data akan dianalisa untuk mencari faktor penyebab terjadinya kecacatan pada produk baja yang dihasilkan dengan diagram pareto (Gambar 8) dan diagram tulang ikan (*Fishbone diagram*).



Gambar 8. Diagram pareto tingkat kecacatan produk tahun 2016

Dari diagram pareto di atas, dapat kita lihat bahwa kecacatan produk didominasi oleh *cutting fault & transfer defect* sebesar 43%, *rolling surface defect* sebesar 32% dan *marking defect* 25%. Karena *marking defect* utamanya terjadi pada keadaan *offline* dan berkaitan dengan kecacatan lainnya. Dengan itu usulan perbaikan akan dilakukan dengan memfokuskan pada jenis penyebab kecacatan terbesar yaitu *cutting fault & transfer defect*.



Gambar 9. Fishbone diagram penyebab cacat *cutting fault & transfer defect*

Adapun gambar *fishbone diagram* penyebab cacat *cutting fault & transfer defect* dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Faktor manusia
 - Operator tidak melakukan pemeriksaan secara terjadwal terhadap kualitas pisau yang dipakai untuk memotong produk.
 - Operator salah dalam mengatur *gap* (celah) dari pisau sehingga terjadi *excess material* (kelebihan material).
 - Operator tidak melakukan pemeriksaan atau pembersihan secara berkala terhadap *roll table* dan fasilitas *flow material* sehingga menyebabkan adanya benda asing yang menempel pada *roll table* dan fasilitas sehingga menyebabkan goresan pada permukaan produk.
 - Pengaturan jadwal *maintenance* (perawatan) yang belum maksimal oleh *planner*.
2. Faktor mesin
 - Pada faktor mesin, kualitas pisau yang kurang bagus menyebabkan hasil pemotongan yang tidak sempurna.

3. Faktor material
 - *Intermediate Plate* dalam keadaan bergelombang.
4. Faktor metode
 - SOP (*standard operating procedure*) belum maksimal di *upgrade* (revisi) sehingga ada beberapa metode yang seharusnya sudah diubah tapi belum diubah.

Improve

Tahap selanjutnya dalam tahapan DMAIC adalah *improve*. Pada tahap ini, hasil analisa menggunakan diagram tulang ikan pada tahap sebelumnya dilakukan usulan perbaikan untuk mengurangi bahkan menghilangkan cacat yang terjadi pada produk menggunakan metode 5W+1H (*what, when, where, which, who, dan how*) (Tabel 5).

Tabel 4.7. Usulan perbaikan *cutting fault & transfer defect* dengan 5W+1H

No.	Faktor Penyebab	Permasalahan	What	Why	Where	When	Who	How
1	Faktor Manusia	Operator tidak melakukan pemeriksaan secara terjadwal terhadap kualitas pisau yang dipakai untuk memotong pelat.	Tidak melakukan pemeriksaan secara terjadwal terhadap kualitas pisau	Tidak ada jadwal pemeriksaan	Mesin Pemotongan	Pada saat pemotongan produk	Operator	Standar pisau untuk pemotongan plate yaitu 50.000x potong. Untuk itu dibuat <i>Checklist</i> dimana setelah 40.000x pemotongan dibuat <i>checksheet</i> untuk pemeriksaan hasil pemotongan produk
2		Operator salah dalam mengatur gap dari pisau sehingga terjadi <i>excess material</i> berupa <i>cutting chip</i> dan <i>burr</i>	Salah dalam mengatur gap dari pisau	Operator kurang teliti	Mesin Pemotongan	Pada saat pemotongan produk	Operator	Jika ada perpindahan tebal pada saat pemotongan produk, operator mesin pemotongan harus mengecek hasil pemotongan produk pertama (Pasang kamera di F/S dan M/S)
3	Faktor Manusia	Operator tidak melakukan pemeriksaan atau pembersihan secara berkala terhadap <i>roll table</i> dan fasilitas <i>flow material</i> sehingga menyebabkan adanya benda asing yang menempel pada <i>roll table</i> dan fasilitas dan menyebabkan goresan pada permukaan pelat.	Tidak melakukan pemeriksaan atau pembersihan secara berkala terhadap <i>roll table</i> dan fasilitas <i>flow material</i>	Lini produksi padat	Mesin Pemotongan dan area <i>flow material</i>	Pada saat pemotongan produk dan proses <i>flow material</i>	Operator	Operator melakukan pemeriksaan atau pembersihan secara berkala terhadap <i>roll table</i> dan fasilitas <i>flow material</i> minimal 1 x untuk 1 <i>shift</i> (pada saat line tidak terlalu padat/awal <i>shift</i>) dengan mengisi <i>Checksheets</i>

Tabel 4.7. Usulan perbaikan *cutting fault & transfer defect* dengan 5W+1H (lanjutan)

No.	Faktor Penyebab	Permasalahan	What	Why	Where	When	Who	How
4	Faktor Manusia	Pengaturan jadwal <i>maintenance</i> yang belum maksimal oleh <i>planner</i>	Pengaturan jadwal <i>maintenance</i> yang belum maksimal	Waktu produksi yang padat serta jadwal <i>maintenance</i> yang kadang-kadang berubah	Mesin Pemotongan	Waktu produksi	<i>Production and Maintenance planner</i>	Pembuatan Jadwal Produksi dan <i>Maintenance</i> harus tepat, untuk itu produksi harus berjalan lancar dengan adanya <i>maintenance</i> yang teratur sehingga tidak ada <i>maintenance</i> dadakan. <i>Planner</i> harus melakukan <i>reschedule</i> yang tepat jika terjadi masalah pada bagian produksi
5	Faktor Mesin	Kualitas pisau yang kurang bagus menyebabkan hasil coak ataupun pemotongan yang tidak sempurna.	Hasil pemotongan coak ataupun pemotongan tidak sempurna.	Kualitas pisau kurang bagus	Mesin Pemotongan	Pada saat pemotongan produk	<i>Material Mgt.</i>	Melakukan pemeriksaan terhadap kualitas pisau yang akan digunakan
No.	Faktor Penyebab	Permasalahan	What	Why	Where	When	Who	How
6	Faktor Material	<i>Intermediate Plate wavy</i>	Pelat tipis dengan ketebalan <10mm sering berbentuk bergelombang sehingga menghasilkan pemotongan yang jelek.	Proses <i>Leveling</i> yang tidak sempurna	<i>Hot Leveller</i> dan Mesin Pemotongan	Proses <i>Leveling</i> dan pemotongan	Operator, <i>foreman, engineer</i>	Dibutuhkan <i>Improvement</i> dari <i>Engineer</i> . Selain itu Operator pemotongan harus lebih berhati-hati dalam memotong pelat <i>wavy</i> . Lakukan pemeriksaan setiap ada pelat <10mm minimal 3 <i>Mother Plate</i> serta atur <i>settingan gap</i> dengan cepat & tepat ketika terdapat cacat max. 3x
7	Faktor Metode	SOP (<i>Standard Operating Procedure</i>) belum maksimal di <i>upgrade</i> sehingga ada beberapa metode yang seharusnya sudah di ubah tapi belum diubah.	SOP belum <i>upgrade</i>	Tidak adanya pengawasan dari atasan	Mesin Pemotongan	Waktu produksi	<i>Foreman, supervisor, engineer</i>	Beberapa <i>point</i> dalam SOP harus sering di <i>upgrade</i> terutama dalam hal pemeriksaan fasilitas. Karena banyak sekali cacat yang muncul akibat dari waktu pemeriksaan fasilitas yang tidak terjadwal

Control

Dalam penelitian ini, tahap *control* diserahkan kepada pihak perusahaan karena langkah *improvement* belum dapat diimplementasikan sehingga belum diketahui penekanan yang harus dilakukan untuk

pengontrolan dan *monitoring*. Tahap *control* bertujuan untuk memastikan bahwa perbaikan tersebut dapat berlangsung secara terus menerus atau berkesinambungan dan tidak berjalan dalam waktu yang singkat saja.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan tingkat *sigma* dan nilai DPMO (*Defect per Million Opportunities*) dari produksi pelat pada tahun 2016 sebesar 3,47 dengan kemungkinan kerusakan sebesar 24.239 lembar untuk satu juta produksi dengan jenis kerusakan yang paling banyak terjadi adalah area *shearing & finishing* dengan jumlah sebanyak 25.882 lembar. Setelah itu area *mill* sebanyak 12.326 lembar dan area *steel making* sebanyak 837 lembar. Kemudian setelah dilakukan analisa lebih jauh menggunakan diagram pareto didapati bahwa jenis cacat *cutting fault & transfer defect* adalah yang paling banyak terjadi dengan prosentase kerusakan 43%. Usulan perbaikan yang dapat dilakukan diantaranya yaitu melakukan pembaharuan terhadap metode-metode dan SOP (*standard operating procedure*) yang sudah ada serta dilakukannya pengawasan terhadap kinerja operator dan pengembangan pengetahuan serta tak lupa untuk merencanakan penjadwalan *maintenance* (perawatan) yang baik sehingga masalah-masalah kecacatan dapat diminimalisir dan kualitas produk terjaga untuk mencapai *zero defect* dan kepuasan pelanggan.

DAFTAR PUSTAKA

- Banuelas, R., Antony, J., & Brace, M. (2005). An application of Six Sigma to reduce waste. *Quality and Reliability Engineering International*, 21(6), 553–570.
- Breyfogle, F. W. (2003). *Implementing six sigma: smarter solutions using statistical methods*. John Wiley & Sons.
- Gaspersz, V. (2001). *Total Quality Management*. PT. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Ghanimata, F., & Kamal, M. (2012). *Analisis pengaruh harga, kualitas produk, dan lokasi terhadap keputusan pembelian (Studi pada Pembeli Produk Bandeng Juwana Elrina Semarang)*. Fakultas Ekonomika dan Bisnis.
- Goh, T. N., Low, P. C., Tsui, K.-L., & Xie, M. (2003). Impact of Six Sigma implementation on stock price performance. *Total Quality Management & Business Excellence*, 14(7), 753–763.
- Kumar, U. D., Nowicki, D., Ramírez-Márquez, J. E., & Verma, D. (2008). On the optimal selection of process alternatives in a Six Sigma implementation. *International Journal of Production Economics*, 111(2), 456–467.
- Pheng, L. S., & Hui, M. S. (2004). Implementing and applying Six Sigma in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(4), 482–489.
- Ranjan Senapati, N. (2004). Six Sigma: myths

and realities. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 21(6), 683–690.

- Rohimudin, R., Dwiputra, G. A., & Supriyadi, S. (2016). Analisis Defect pada Hasil Pengelasan Plate Konstruksi Baja dengan Metode Six Sigma. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 2(1), 1–10.

- Trihendradi, C. (2006). *Statistik Six Sigma dengan Minitab: Panduan Cerdas Inisiatif Kualitas*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.