

Peningkatan Kualitas Baja Lembaran Dingin Dengan Metode *Failure Mode and Effects Analysis*

(Studi Kasus di PT. Krakatau Steel)

Arie Desrianty, Hendro Prasetyo, Raka Ananda Putra
Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional
Bandung, Indonesia
adesrianty@itenas.ac.id

Abstrak— PT. Krakatau Steel menghasilkan produk baja lembaran dingin/*cold rolled coil* (CRC) dengan 14 jenis *quality code*. Produk 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). Jenis cacat yang sering terjadi adalah *wavy edge*. Untuk menganalisis penyebab cacat pada CQUN digunakan *fishbone diagram* dan untuk meminimumkan cacat yang terjadi digunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Faktor penyebab *failure mode* untuk *defect wavy edge* sebanyak empat belas permasalahan dengan nilai RPN tertinggi adalah *thermal crown*. Untuk melakukan analisis perbaikan terhadap penyebab *failure mode* dilakukan dengan menggunakan konsep *pareto chart*. Usulan perbaikan dilakukan hanya untuk 80% akar penyebab masalah. Perbaikan yang dilakukan meliputi perbaikan sistem pengaturan proses produksi, pergantian alat, dan pergantian *standard*. Perbaikan-perbaikan tersebut menurunkan nilai RPN secara signifikan dan diharapkan dapat mengurangi jumlah cacat yang terjadi.

Kata kunci—*defect, FMEA, RPN*

I. PENDAHULUAN

PT. Krakatau Steel adalah salah satu perusahaan BUMN milik pemerintah yang bergerak dalam bidang industri baja. Berbagai macam produk baja yang dihasilkan dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan pasar dalam dan luar negeri, salah satunya adalah produk baja lembaran dingin yang diproduksi di Divisi *Cold Rolling Mill*. Pabrik ini menghasilkan produk baja lembaran dingin dengan 14 jenis *Quality Code*, yaitu *Commercial Quality 1, Commercial Quality 2, Commercial Quality 3, Commercial Quality 4, Commercial Quality 5, Commercial Quality Unannealing, Commercial Quality Uncleaning 1, Commercial Quality Uncleaning 3, Commercial Quality Uncleaning 7, Commercial Quality Uncleaning 8, Drawing Quality, Deep Drawing Quality, TIN, dan Hot Roll / Pickle Oil*.

Saat ini masih terdapat adanya cacat pada produk yang dihasilkan. Untuk menanggulangi cacat tersebut perusahaan telah menganalisis faktor penyebab cacat dari aspek mesin kemudian melakukan perbaikan dengan melakukan pergantian *roll* (*work roll* atau *back-up roll*). Namun tindakan tersebut masih belum mengurangi jumlah cacat secara signifikan.

Pada penelitian ini analisis mengenai cacat produk dilakukan terhadap proses produksi, desain produk, kualitas produk dan peralatan produksi. Metode analisis yang digunakan adalah *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Berdasarkan hasil analisis penelitian ini bertujuan untuk memberikan usulan perbaikan untuk sistem produksi baja lembaran dingin agar cacat produk dapat diminimisasi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) adalah suatu metode yang digunakan untuk menganalisis kehandalan dari suatu sistem, sub sistem dan komponen sistem (Lauritsen, 2006). Secara umum terdapat 3 elemen utama dari FMEA ini (T. Brusse & Gendre, 2002), yaitu:

- *Failure mode* dapat digambarkan sebagai cara penanggulangan kegagalan pada desain produk atau proses yang berdasarkan spesifikasi.
- *Effect* atau dampak dari suatu hasil dari *failure mode* pada pelanggan.
- *Cause* atau berarti sebuah elemen dari hasil desain di dalam *failure mode*.

Agar dapat mencapai hasil yang maksimal, kesinergian dari berbagai elemen dari sistem harus saling mendukung antara satu dengan yang lain.

Tahap-tahap pelaksanaan metode FMEA (Ibrohim, 2009) untuk mengantisipasi resiko cacat pada produk baja lembaran dingin adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi mode-mode kegagalan potensial.
Pemindaian terhadap segala kemungkinan terjadinya kegagalan (*defect*) yang terdapat pada sistem secara menyeluruh dengan cara melihat pada sistem secara visualisasi cacat-cacat yang terjadi pada produk baja lembaran dingin. Data yang digunakan adalah data jumlah produksi dan jumlah produk cacat setiap *quality code*. Berdasarkan data tersebut dihitung nilai prosentase cacat setiap *quality code*. Mode kegagalan potensial ditentukan berdasarkan nilai prosentase cacat terbesar.
2. Identifikasi akibat kegagalan yang dialami oleh pelanggan ataupun sub-sistem.
Menentukan efek yang ditimbulkan dari kegagalan yang dialami oleh pelanggan ataupun sub-sistem. Efek yang

ditimbulkan dapat berupa keluhan pelanggan atas produk yang mengalami kegagalan, proses yang tidak terkontrol dengan baik, dan aliran produksi yang tidak berjalan dengan baik.

3. Menentukan nilai *severity*.

Severity rating menunjukkan seberapa serius efek yang ditimbulkan dari mode kegagalan. Kriteria *severity rating* menurut Stamatis (1995) dapat dilihat pada Tabel I.

Tabel I. Skala kualitatif untuk nilai *severity* (s)

Effect	Level	Criteria
No	1	No effect.
Very slight	2	Customer not annoyed. Very slight effect on product or system performance.
Slight	3	Customer slightly annoyed. Slight effect on product or system performance.
Minor	4	Customer experiences minor nuisance. Minor effect on product or system performance.
Moderate	5	Customer experiences some dissatisfaction. Moderate effect on product or system performance.
Significant	6	Customer experiences discomfort. Product performance degraded, but operable and safe. Partial failure but operable.
Major	7	Customer dissatisfied. Product performance severely affected but functional and safe. System impaired.
Extreme	8	Customer very dissatisfied. Product inoperable but safe. System inoperable.
Serious	9	Potential hazardous effect. Able to stop product without mishap-time dependent failure. Compliance with government regulation is in jeopardy.
Hazardous	10	Hazardous effect. Safety related-sudden failure. Non-compliance with government regulation.

4. Identifikasi penyebab-penyebab dari kegagalan.

Alat yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan adalah *cause-effect diagram* berdasarkan faktor-faktor *man, machine, material, methods, dan environment*.

5. Menentukan nilai *occurrence*.

Nilai ini mengestimasi probabilitas dari kegagalan dan mendapatkan alasan dari kegagalan tersebut selama jangka waktu tertentu dan pada bidang tertentu pula. Kriteria efek yang ditimbulkan oleh suatu kegagalan berdasarkan *occurrence rating* menurut Stamatis (1995) dapat dilihat pada Tabel II.

6. Identifikasi pengendalian proses.

Mengidentifikasi pengendalian proses yang telah dilakukan oleh perusahaan untuk mengatasi masalah kegagalan tersebut. Pengendalian dapat berupa penambahan alat penunjang, perbaikan mesin yang sudah tua, dan pengendalian produksi.

7. Menentukan nilai *detection*.

Nilai ini mengestimasi seberapa baik pengendalian proses dapat mendeteksi penyebab kegagalan ataupun kegagalan itu sendiri setelah peristiwa kegagalan terjadi, tetapi sebelum para pelanggan mengetahuinya. Kriteria efek yang ditimbulkan oleh suatu kegagalan berdasarkan *detection rating* menurut Stamatis (1995) dapat dilihat pada Tabel III.

Tabel II. Skala kualitatif untuk nilai *occurrence* (o)

Effect	Level	Criteria
Almost never	1	Failure unlikely. History shows no failure. (1 in 15,000,000)
Remote	2	Rare number of failures likely. (1 in 150,000)
Very slight	3	Very few failures likely. (1 in 15,000)
Slight	4	Few failures likely. (1 in 2,000)
Low	5	Occasional number of failures likely. (1 in 400)
Medium	6	Medium number of failures likely. (1 in 80)
Moderately high	7	Moderately high number of failures likely. (1 in 20)
High	8	High number of failures likely. (1 in 8)
Very high	9	Very high number of failures likely. (1 in 3)
Almost certain	10	Failure almost certain. History of failure exists from previous or similar designs. (1 in 2)

Tabel III. Skala kualitatif untuk nilai *detection* (d)

Effect	Level	Criteria
Almost certain	1	Proven detection methods available in concept stage.
Very high	2	Proven computer analysis available in early design stage.
High	3	Simulation and/or modelling in early stage.
Moderately high	4	Tests on early prototype system dements.
Medium	5	Tests on preproduction system components.
Low	6	Tests on similar system components.
Slight	7	Tests on product with prototypes with system components installed.
Very slight	8	Proving durability tests on product with system components installed.
Remote	9	Only unproven or unreliable technique(s) available.
Almost impossible	10	No known techniques available.

8. Menghitung nilai RPN (*Risk Priority Number*) untuk menentukan nilai prioritas tindakan yang harus diambil.

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

9. Menentukan *action* yang harus diambil.

Tindakan yang harus diambil yang diharapkan dapat memperbaiki masalah kegagalan yang terjadi selama proses produksi berlangsung. Tindakan tersebut dapat bersifat memperbaiki (*corrective action*) ataupun mengantisipasi (*preventive action*).

10. Menghitung nilai *severity, occurrence, detection*, dan RPN yang baru.

Setelah mengetahui tindakan yang harus dilakukan untuk mengatasi masalah kegagalan tersebut, kemudian dilakukan perhitungan nilai RPN yang baru berdasarkan nilai *rating S, O, dan D* yang didapatkan dari *action* yang dilakukan.

Analisis dan usulan perbaikan dari hasil penelitian ini dilakukan untuk memperbaiki sistem yang bekerja pada saat proses produksi baja lembaran dingin berlangsung. Analisis tersebut meliputi faktor operator, mesin, metode, bahan baku atau lingkungan dari tiap cacat yang akan dianalisis. Analisis tersebut dilakukan dengan menggunakan *tools* tambahan yaitu *pareto chart*.

III. HASIL PENELITIAN

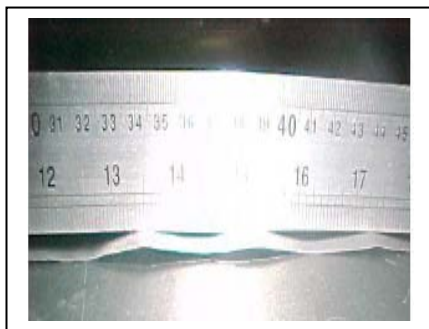
Hasil penelitian berdasarkan tahapan pelaksanaan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) adalah sebagai berikut:

1. Mode kegagalan potensial selama proses berlangsung. Berdasarkan data jumlah produksi dan jumlah cacat untuk setiap *quality code*, produk baja lembaran dingin yang memiliki prosentase cacat terbesar adalah *quality code Commercial Quality Unannealing* (CQUN) dengan nilai jumlah persentase sebesar 21,680 %. *Flow process* baja lembaran dingin CQUN adalah:

- *Continous Pickling Line* (CPL), menghilangkan sisa-sisa oksida yang menempel pada baja lembaran panas (*Hot Rolled Coil/HRC*) yang sebelumnya telah diproses di pabrik *Hot Strip Mill* (HSM) agar tidak meninggalkan jejak kotoran pada *strip*.
- *Tandem Cold Mill* (TCM), proses pereduksian ketebalan *strip* sebanyak lima kali. *Strip* akan langsung dikirim ke konsumen yang hanya menginginkan *strip* untuk direduksi saja.
- *Electrolytic Cleaning Line 1* (ECL 1), proses *trimming* (pemotongan) sisa hasil *rolling* di bagian kanan dan kiri *strip* serta proses pencucian untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada *strip*.

2. Akibat kegagalan yang dialami oleh pelanggan ataupun sub-sistem.

Cacat pada baja lembaran dingin CQUN diklasifikasikan berdasarkan proses terjadinya cacat dan tempat cacat tersebut. Jenis cacat yang paling sering terjadi adalah *wavy edge*. *Wavy edge* terjadi pada proses *finishing rolling* dari pabrik HSM. Cacat yang terjadi adalah tepi kanan dan kiri *strip* menjadi bergelombang seperti pada Gambar I.



Gambar 1. Contoh defect wavy edge

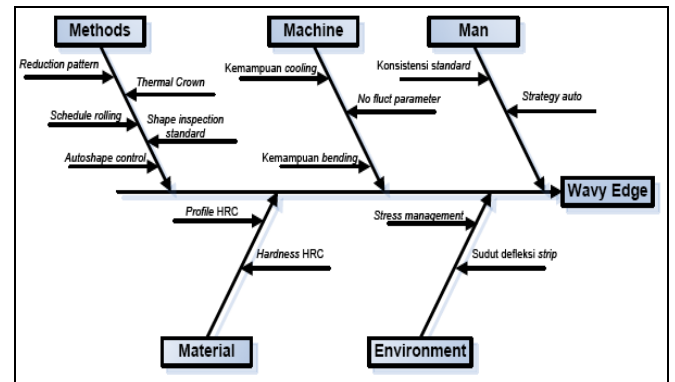
3. Nilai *severity*. Nilai *severity* untuk jenis cacat *wavy edge* seperti pada Tabel IV.

Tabel IV. Severity rating

Potential Failure Mode	Potential Causes	Severity Rating
Wavy edge	Strategy auto	6
	Konsistensi standar	6
	No fluct parameter	6
	Kemampuan cooling	6
	Kemampuan bending	6
	Thermal crown	6
	Shape inspection standard	6
	Reduction pattern	6
	Schedule rolling	5
	Autoshape control	5
	Profile HRC	6
	Hardness HRC	5
	Stress management	3
	Sudut defleksi strip	3

4. Penyebab kegagalan.

Cacat yang terjadi pada produk baja lembaran dingin ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti pada Gambar II.



Gambar 2. Fishbone diagram cacat wavy edge

- *Strategy auto*, *Shapemeter roll* tidak bekerja dengan baik saat dilakukan pengerolan secara *auto*.
- Konsistensi *standard*, *initial crown* (*crown* pada saat pertama kali *rolling*) tidak simetris antara OS (*Operation Side*) dengan DS (*Drive Side*) karena operator belum memeriksa kesimetrisan *initial crown* dan standar dari *roughness* (tingkat kekasaran *strip*).
- *No fluct parameter*, parameter pada peralatan pendukung pengerolan seperti *equipment* di *bending*, *roll force*, *tension*, *tranduser* dan *driver* berubah-ubah secara *continous*.
- Kemampuan *cooling*, bentuk dari *spray* untuk *coolant* akan menyimpang dan efeknya pada *strip* akan menyimpang pula.
- Kemampuan *bending*, proses *bending* positif (*bending* ketebalan *strip* bagian tengah yang lebih besar daripada kedua sisinya) terlalu maksimum. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kemungkinan retaknya tepi *strip* selama proses *rolling*, tetapi efeknya adalah timbulnya *defect wavy edge* sepanjang *rolling*.

- *Thermal crown*, suhu terlalu tinggi yaitu sebesar 110° C, sedangkan suhu yang baik untuk saat ini adalah berkisar antara 80-100° C.
- *Shape inspection standard*, inspeksi pada *strip* tidak terdeteksi dengan baik. Standar CRC tidak sesuai dengan permintaan *client*, baik berupa toleransi *defect*, waktu produksi, maupun toleransi *aging*.
- *Reduction pattern*, tingkat reduksi di tiap *stand* masih memungkinkan terjadinya *wavy*.
- *Schedule rolling*, *strip* tidak sesuai dengan *schedule* sehingga proses *bending* di stasiun kerja TCM menjadi lebih lama yang berakibat pembentukan *wavy* pada *strip*.
- *Autoshape control*, ABB *shapemeter* masih dilakukan secara manual.
- *Profile HRC*, sistem data *profile HRC* dari pabrik HSM masih berupa laporan *based-on-paper*, bukan dengan sistem LAN (*Local Area Network*) yang terkoneksi antara pabrik HSM dengan CRM sehingga kesalahan masih mungkin terjadi.
- *Hardness HRC*, tingkat kekerasan *hot rolled coil* dari pabrik HSM masih belum memenuhi spesifikasi untuk dilakukan pengerolan dingin.
- *Stress management*, pengaturan tingkatan *stress* pada *strip* masih secara visualisasi untuk pengerolan dingin manual.
- Sudut defleksi *strip*, terjadi penyimpangan sudut defleksi *strip* sebesar 5 derajat. Hal seperti ini biasa terjadi karena gaya yang dihasilkan oleh *backup roll* berakhir saat pelebaran *strip*.

5. Nilai *occurance*.

Nilai *occurance* untuk jenis cacat *wavy edge* seperti pada Tabel V.

Tabel V. Occurance rating

Potential Failure Mode	Potential Causes	Occurance Rating
Wavy edge	<i>Strategy auto</i>	4
	Konsistensi standar	7
	<i>No fluct parameter</i>	4
	Kemampuan <i>cooling</i>	6
	Kemampuan <i>bending</i>	5
	Thermal <i>crown</i>	4
	<i>Shape inspection standard</i>	3
	<i>Reduction pattern</i>	3
	<i>Schedule rolling</i>	2
	<i>Autoshape control</i>	4
	<i>Profile HRC</i>	5
	<i>Hardness HRC</i>	5
	<i>Stress management</i>	5
Sudut defleksi <i>strip</i>	2	

6. Pengendalian proses.

Pengendalian proses telah dilakukan oleh perusahaan untuk mengantisipasi terjadinya cacat pada produk CQUN, namun langkah preventif tersebut masih belum dapat meminimasi terjadinya cacat. Langkah preventif yang dilakukan oleh perusahaan dapat dilihat pada Tabel VI.

Tabel VI. Langkah preventif perusahaan

Potential Failure Mode	Potential Causes	Prevention
Wavy edge	<i>Strategy auto</i>	Pastikan semua alat yang berhubungan dengan <i>shapemeter roll</i> bekerja baik dan benar.
	Konsistensi standar	Pastikan <i>initial crown</i> simetris OS dan DS, <i>roughness</i> 40-45μ, tidak ada <i>nozzle</i> yang tersumbat.
	<i>No fluct parameter</i>	Pastikan <i>equipment</i> bekerja dengan baik dan benar.
	Kemampuan <i>cooling</i>	<i>Pressure coolant</i> 2-4 bar, tidak terjadi <i>carry over</i> , dan pastikan <i>gap top delivery guide</i> rapat.
	Kemampuan <i>bending</i>	Pemakaian <i>bending</i> positif jangan terlalu maksimum apabila tidak terjadi <i>wavy</i> di <i>strip</i> OS/DS.
	Thermal <i>crown</i>	<i>Crown</i> direndahkan agar <i>bending</i> positif tidak terlalu maksimum.
Potential Failure Mode	Potential Causes	Prevention
Wavy edge	<i>Shape inspection standard</i>	Pastikan CRC harus sesuai standar
	<i>Reduction pattern</i>	Pastikan <i>crown</i> tidak dalam kondisi <i>no reduction</i> .
	<i>Schedule rolling</i>	Usahakan percepat <i>schedule rolling</i> .
	<i>Autoshape control</i>	Mengupayakan agar ABB <i>Shapemeter</i> dapat digunakan secara <i>auto</i> .
	<i>Profile HRC</i>	Cek <i>profile HRC</i> sebelum melakukan pengerolan dingin.
	<i>Hardness HRC</i>	Cek <i>hardness HRC</i> sebelum melakukan pengerolan dingin.
	<i>Stress management</i>	Lakukan perbaikan pengaturan <i>stress</i> pada <i>strip</i> .
Sudut defleksi <i>strip</i>	Review <i>deflection roll</i> .	

7. Nilai *detection*.

Nilai *detection* untuk jenis cacat *wavy edge* seperti pada Tabel VII.

Tabel VII. Detection rating

Potential Failure Mode	Potential Causes	Detection Rating
Wavy edge	<i>Strategy auto</i>	1
	Konsistensi standar	5
	<i>No fluct parameter</i>	1
	Kemampuan <i>cooling</i>	1
	Kemampuan <i>bending</i>	2
	Thermal <i>crown</i>	9
	<i>Shape inspection standard</i>	4
	<i>Reduction pattern</i>	5
	<i>Schedule rolling</i>	3
	<i>Autoshape control</i>	3
	<i>Profile HRC</i>	7
	<i>Hardness HRC</i>	7
	<i>Stress management</i>	3
	Sudut defleksi <i>strip</i>	3

8. Nilai Risk Priority Number (RPN)

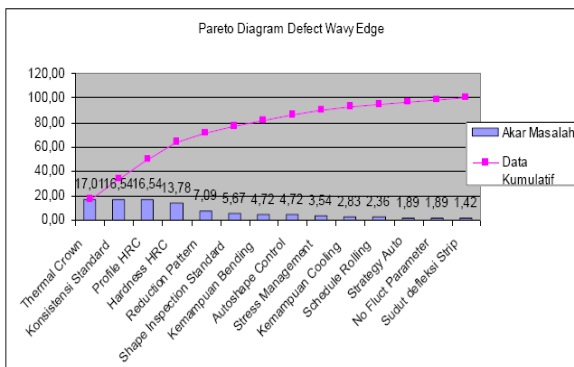
Nilai RPN didapatkan dari perhitungan perkalian antara *severity*, *occurrence* dengan *detection*. Nilai RPN untuk jenis cacat *wavy edge* seperti pada Tabel VIII.

Tabel VIII. Nilai RPN

Potential Failure Mode	Potential Causes	S	O	D	RPN
Wavy edge	Strategy auto	6	4	1	24
	Konsistensi standard	6	7	5	210
	No fluct parameter	6	4	1	24
	Kemampuan cooling	6	6	1	36
	Kemampuan bending	6	5	2	60
	Thermal crown	6	4	9	216
	Shape inspection standard	6	3	4	72
	Reduction pattern	6	3	5	90
	Schedule rolling	5	2	3	30
	Autoshape control	5	4	3	60
	Profile HRC	6	5	7	210
	Hardness HRC	5	5	7	175
	Stress management	3	5	3	45
Sudut defleksi strip	3	2	3	18	

9. Action yang harus diambil.

Untuk mengetahui jumlah presentase akar masalah dari *defect wavy edge* ini, metode yang digunakan adalah *pareto diagram*. Prosentase kumulatif dari akar permasalahan cacat *wavy edge* dapat dilihat pada Gambar III.



Gambar 3. Pareto diagram cacat wavy edge

Berdasarkan *pareto diagram*, usulan perbaikan dilakukan terhadap 80% akar permasalahan, yaitu:

- **Thermal Crown**

Thermal crown adalah penambahan *crown* yang diakibatkan oleh panas. Perubahan *thermal crown* tergantung dari garis bentuk permukaan *initial roll*. Untuk menghasilkan efek yang lebih baik seharusnya *crown* dilakukan penyemprotan *coolant* yang cukup, tetapi tindakan ini belum dapat menyelesaikan masalah. Usulan perbaikan agar masalah ini dapat terselesaikan adalah dengan menggerinda *work roll* dan jika perlu *backup roll* juga secara berkala. Hal ini dilakukan untuk menjadikan *roll* menjadi tidak sejajar, sehingga *roll gap* menjadi sejajar setelah *roll* mengalami penyimpangan.

- **Konsistensi Standard**

Pada saat akan melakukan pengerolan, *initial crown* harus dipastikan simetris antara OS (*Operator Side*) dengan DS (*Drive side*) karena apabila tidak simetris, maka saat pengerolan terjadi, posisi *strip* akan mengalami kemiringan yang akan berdampak *defect*. Perusahaan melakukan pengerolan baja berdasarkan atas standar dari JIS (*Japanese Industrial Standard*). Untuk lebih memperbanyak referensi tentang baja lembaran dingin, diharapkan perusahaan juga dapat mempertimbangkan standar-standar pengerolan baja lembaran dingin yang lain seperti ASTM (*American Society for Testing and Material*).

- **Profile HRC**

Apabila *strip* sudah mengalami *defect wavy edge*, maka hal tersebut akan menyulitkan pihak CRM untuk menanganinya, karena di stasiun kerja CPL hanya terdapat *flattener* dan *leveler* yang khusus untuk *thickness* CRC. Untuk mengatasi hal tersebut, pihak HRC seharusnya juga memiliki *flattener* (jenis *backup close-center flattener*) dan *leveler* (jenis *four-high leveler*) agar pada saat HRC yang sudah siap dikirim ke pabrik CRM tidak lagi memiliki *defect wavy edge*.

- **Hardness HRC**

Hardness adalah suatu daya tahan bahan untuk mengalami penekukan secara permanen. *Hardness* yang baik umumnya tahan terhadap goresan dan pemakaian secara berulang kali. Saat ini perusahaan melakukan testing material untuk *hardness* HRC dengan menggunakan JIS *standard*. Untuk lebih menambah referensi mengenai *hardness* HRC, sebaiknya perusahaan juga dapat menggunakan ASTM *Standard*.

- **Reduction Pattern**

Saat ini perusahaan melakukan reduksi *strip* di SK TCM dengan jumlah persentase reduksi yang berbeda-beda. Untuk mereduksi *strip* yang memiliki sifat material yang ringan dibutuhkan konfigurasi terhadap *roll force* saat *bending* dan *roll speed* agar tidak terjadi *defect wavy edge*. Namun apabila *strip* yang akan direduksi memiliki *thickness* yang lebih kecil maka *roll force* yang dihasilkan harus lebih kecil agar pada saat proses reduksi berlangsung, *strip* tidak mengalami elongasi kelebaran (*width elongation*). Untuk mengatasi permasalahan ini dilakukan perhitungan ulang untuk reduksi *thickness strip*.

- **Shape Inspection Standard**

Inspeksi terhadap produk CRC yang telah melalui serangkaian *rolling threatment* dilakukan setelah selesai pada satu stasiun kerja tertentu oleh pihak QC, namun *client* sering mengeluhkan *claim* terhadap *strip* yang tidak sesuai standar. Perusahaan menangani hal ini dengan menggunakan *inspection card*, namun pemberian *inspection card* tersebut belum cukup mampu untuk menangani permasalahan ini. Untuk meminimalisasi *strip* yang terdapat *defect wavy edge* di dalamnya, maka perlu dipasang standarisasi dari CRC

yang telah di-rolling beserta dengan toleransi dari defect yang terjadi, spesifikasi *coil*, *thickness*, *hardness*, *line* produksi, *aging time*, serta sifat-sifat material yang terdapat di dalam *strip*, sehingga *client* tahu bahwa CRC yang telah diproduksi sudah sesuai standar dari pabrik.

- Kemampuan *Bending*
Proses *bending* dilakukan untuk memberikan *profile* tertentu terhadap *strip* yang akan dilakukan *rolling*. Sistem pengoperasian *bending* yang benar adalah salah satu hal yang harus dilakukan untuk menanggulangi adanya *defect wavy edge*. Sistem *roll bending* yang saat ini digunakan adalah *pushdown cylinder* yang masih menghasilkan cacat. Usulan perbaikan untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menggunakan *roll bending system pushup cylinder*. Keuntungan pemakaian *pushup cylinder* dibandingkan dengan *pushdown cylinder* adalah lebih mudah dalam mengganti *roll*, sudah dalam pengaturan *pass-line*, dan peralatan yang berada di bawah *pass-line* tidak mudah rusak.

10. Nilai *severity*, *occurrence*, *detection*, dan RPN yang baru.
Berdasarkan usulan perbaikan yang telah dilakukan, maka nilai S, O, D, dan RPN mengalami perubahan seperti pada Tabel IX.

Tabel IX. Nilai RPN baru

Potential Failure Mode	Potential Causes	S	O	D	RPN
Wavy edge	Thermal crown	3	4	5	60
	Konsistensi standard	4	7	4	112
	Profile HRC	3	5	2	30
	Hardness HRC	2	5	2	20
	Reduction pattern	3	3	3	27
	Shape inspection standard	3	3	2	18
	Kemampuan bending	2	5	1	10

Perubahan *rating* untuk setiap *potential causes* hanya pada *severity* dan *detection* dengan penjelasan sebagai berikut:

- *Thermal Crown*
Untuk *severity rating* dari 6 (*force crown* tidak merata) menjadi 3 (*force crown* menjadi lebih merata), karena setelah dilakukan penggerindaan *work roll* ataupun *backup roll*, maka *strip* menjadi merata. Untuk *detection rating* dari 9 (terkadang posisi *bending* positif terlalu dinaikkan) menjadi 5 (pengecekan terhadap posisi *bending* positif menjadi lebih baik), hal ini dikarenakan setelah dilakukan penggerindaan *work roll* ataupun *backup roll*, maka proses *bending* (+) terhadap *strip* tidak terlalu dinaikkan.
- *Konsistensi Standard*
Untuk *severity rating* dari 6 (performansi produk menurun, namun masih dapat ditangani) menjadi 4

(masih terdapat kesalahan, namun sudah lebih baik), hal ini dikarenakan operator yang berpengalaman sudah dapat menangani *rolling* dan *setting* untuk menanggulangi apabila terjadi *defect wavy edge* sudah dapat diaplikasikan. Untuk *detection rating* dari 5 (pengecekan *roughness* masih dalam batas toleransi) menjadi 4 (sudah terdapat standar batasan *roughness*) karena standar *roughness* telah diaplikasikan oleh operator yang sudah berpengalaman.

- *Profile HRC*
Untuk *severity rating* dari 6 (HRC masih dapat diproses menjadi CRC) menjadi 3 (hanya sedikit HRC yang masih terdapat *defect*) karena setelah diaplikasikan *flattener* dan *leveler* untuk *profile* HRC di stasiun kerja CPL, maka *defect wavy edge* dapat diminimisasi, karena cara kerjanya hampir sama dengan *roll* biasa, hanya saja *roll* untuk *flattener* dan *leveler* dikhususkan untuk melakukan pengerolan tepi agar *defect* dapat dihilangkan. Untuk *detection rating* dari 7 (cek profil HRC sebelum melakukan pengerolan dingin) menjadi 2 (sudah dapat meminimasi *defect*), hal ini dikarenakan setelah diaplikasikan *flattener* dan *leveler*, maka komputer akan dapat menganalisis *defect* setelah HRC masuk ke stasiun kerja CPL, lalu *flattener* dan *leveler* akan memperbaiki *strip* HRC yang mengalami *defect wavy edge* tersebut.
- *Hardness HRC*
Untuk *severity rating* dari 5 (tingkat kekerasan *strip* masih dalam batas toleransi) menjadi 2 (hanya sedikit HRC yang masih terdapat *defect*), hal ini dikarenakan setelah diaplikasikan ASTM *standard* untuk *hardness* HRC di pabrik HSM, maka *defect wavy edge* dapat diminimisasi, karena ASTM *standard* memiliki spesifikasi untuk *strip* dengan *hardness*-nya agar tidak terjadi *defect wavy edge*. Untuk *detection rating* dari 7 (cek *hardness* HRC sebelum melakukan pengerolan dingin) menjadi 2 (membuat program PLC dari HSM ke CRM) karena setelah diaplikasikan ASTM *standard*, maka *hardness* HRC dapat diketahui oleh kedua pihak (HSM dan CRM) sehingga *defect wavy edge* dapat diketahui terlebih dahulu.
- *Reduction Pattern*
Untuk *severity rating* dari 6 (ketebalan *strip* masih bisa direduksi di SK lain) menjadi 3 (*strip* sudah dapat direduksi dengan baik, namun perhitungan tersebut belum mempertimbangkan perbedaan jenis *mill*), hal ini dikarenakan setelah diaplikasikanya perhitungan reduksi tersebut, maka ketebalan *strip* akan berkurang sesuai dengan target, namun perhitungan tersebut belum mempertimbangkan perbedaan jenis *mill*. Untuk *detection rating* dari 5 (pengecekan hanya dilakukan apabila *crown* sudah tidak dapat mereduksi lagi) menjadi 3 (pengecekan dilakukan sesuai dengan standar perhitungan reduksi) karena setelah diaplikasikanya perhitungan reduksi standar, maka pengecekan terhadap tingkat reduksi *strip* dapat

teramati dengan baik, karena tidak perlu mengamati *crow*n terlebih dahulu.

- *Shape Inspection Standard*

Untuk *severity rating* dari 6 (*strip* tidak sesuai standar namun masih dapat diperbaiki) menjadi 3 (hanya sedikit menghilangkan *defect wavy edge*) karena setelah diaplikasikan standarisasi mengenai *shape defect* yang terjadi pada *strip*, maka *defect* dapat dihilangkan namun hanya sedikit. Untuk *detection rating* dari 4 (standar masih dalam batas toleransi) menjadi 2 (*shape inspection* sudah sesuai dengan standar), hal ini dikarenakan CRC yang telah selesai diproduksi sudah sesuai dengan standar walaupun *strip* masih terdapat sedikit *defect wavy edge*.

- Kemampuan *Bending*

Untuk *severity rating* dari 6 (*strip* masih dapat digunakan walaupun mendapatkan *bending* besar) menjadi 2 (terdapat sedikit efek yaitu lingkungan yang kotor) karena setelah diaplikasikan sistem *roll bending* dengan menggunakan *pushup cylinder*, terdapat bekas oli pada *pushup cylinder* yang akan jatuh ke *strip* dan dapat mengotori *strip*. Untuk *detection rating* dari 2 (proses *bending* sudah dapat dikontrol secara semi-manual di ruang kontrol) menjadi 1 (sudah diterapkan sistem *roll bending* dengan *pushup cylinder*), hal ini dikarenakan setelah diaplikasikan *pushup cylinder*, maka operasi *rolling* dapat dilakukan dengan baik dengan segala keuntungannya dari pemakaian *pushup cylinder*.

IV. KESIMPULAN

Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) digunakan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab cacat pada produk *cold roll coiled* untuk *quality code Commercial Quality Uncleaning* (CQUN). Jenis cacat terbanyak yang ditemui pada produk CQUN adalah *wavy edge*. Nilai RPN untuk 80% akar penyebab masalah cacat *wavy edge* adalah 216 – 60. Usulan perbaikan berupa penggunaan standar baru maupun perbaikan cara kerja dapat menurunkan nilai RPN menjadi 112 – 10.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ibrohim, Iim, *Pelaksanaan FMEA*, [Online] www.ibrosys.com, [27-09-2009].
- [2] International Rolling Technology Course Team, *32nd International Rolling Technology Course Documentation*, Industrial Automation Services Pty Ltd, Australia, 2008.
- [3] Lauritsen, Torgrim & Stalhane, Tor, 'Norwegian University of Science and Technology', *An Empirical Study of Introducing Failure Mode and Effects Analysis Technique*, Vol. 1.1, Page 2, 2006.
- [4] Stamatis, D.H., *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*, ASQC Quality Press, Milwaukee, 1995.
- [5] T. Brusse-Gendre, 'FMEA Application', *Failure Mode & Effects Analysis*, Vol. 1.1, Page 1, 2002.