

**USULAN PERBAIKAN UNTUK MEMINIMASI DEFECT KURANG CENTER
PADA PRODUK WIRE ROD STEEL SWRM8 5.5 MM UNIT WIRE ROD MILL
PT. XYZ DENGAN METODE SIX SIGMA**

**IMPROVEMENT SUGGESTION TO MINIMIZE
LESS CENTER DEFECT ON WIRE ROD STEEL
SWRM8 5.5 MM IN WIRE ROD MILL UNIT PT.
XYZ WITH SIX SIGMA METHOD**

Fithratur Rahmi¹, Agus Alex Yanuar S.T., M.T.,², Ir. Marina Yustiana Lubis, M.Si.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹rahmifithratur@students.telkomuniversity.ac.id, ²axytifri@telkomuniversity.ac.id,

³marinayustianalubis@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Penelitian dilakukan pada PT. XYZ yang merupakan perusahaan manufaktur besi baja. *Wire Rod Mill* merupakan salah satu unit pada PT. XYZ yang memproduksi *Wire Rod Steel* salah satunya dengan jenis SWRM8 5.5 mm. Produk *Wire Rod Steel* memiliki total hasil produksi selama periode Januari 2017 hingga Februari 2018 sebesar 115814 *coil* dengan jumlah produk *defect* sebanyak 9878 *coil*. Fokus penelitian pada *defect* terbesar yaitu *defect* kurang *center* yang terjadi pada mesin *Finishing Base Line* (FBL). Penelitian ini menggunakan metode *Six Sigma* dengan tahapan *define, measure, analyze, improve, dan control*. Tahap *define* menetapkan alur proses pada Unit *Wire Rod Mill* PT. XYZ dengan menggunakan *SIPOC diagram* dan menentukan kriteria produk *defect* menggunakan *Critical to Quality* (CTQ). Tahap *measure* yaitu mengukur stabilitas menggunakan peta kontrol *p* sehingga didapatkan tujuh periode data yang stabil dan mengukur kapabilitas proses sehingga didapatkan rata-rata DPMO sebesar 28753.03 dan rata-rata *Level Sigma* sebesar 3.39. Tahap *analyze* dilakukan untuk menganalisis penyebab *defect* kurang *center* menggunakan *fishbone diagram* dan 5 *why's*. Penyebab *defect* kurang *center* diantaranya posisi *roll entry* tidak *center* terhadap *pass roll*, pergeseran posisi salah satu *pass roll*, dan posisi antara *pass roll* bagian atas tidak sejajar dengan *pass roll* bagian bawah karena operator yang kurang memasang *pass roll* secara presisi. Tahap *improvement* yaitu memberikan solusi usulan perbaikan dengan menggunakan FMEA. Solusi perbaikan yang diberikan untuk meminimasi *defect* kurang *center* pada produk *Wire Rod Steel* SWRM8 5.5 mm yaitu melakukan pemeliharaan dan penggantian komponen *pass roll* setiap 27 hari sekali dan *roll entry* setiap 28 hari sekali, membuat *check sheet* pemeliharaan mesin, dan membuat alat bantu pemasangan *pass roll*.

Kata Kunci: *Wire Rod Steel, Six Sigma, DMAIC, defect* kurang *center, FMEA*

Abstract

Research is done at PT. XYZ which is the steel iron manufacturing company. *Wire Rod Mill* is one of its unit at PT. XYZ which produce *Wire Rod Steel* type SWRM8 5.5 mm. *Wire Rod Steel* SWRM8 5.5 mm have total product defects during the period of January 2017 to February 2018 of 9878 defective products of 115814 total products. The focus of this research is on the big defect that is less central defect that occurs in the *Finishing Base Line* (FBL) machine. Less center defects of the product *Wire Rod Steel* SWRM8 5.5 mm in *Wire Rod Mill* Unit PT. XYZ occurs because of roll entry position is not centered on the *pass roll* because there is no activity of maintaining the roll entry component periodically, the fault of one *pass roll* because there there is no activity of maintaining the *pass roll* component periodically, and the position between the upper *pass roll* is not parallel to the bottom *pass roll* because the operator install the *pass roll* precisely. This research uses *Six Sigma* method with *Define, Measure, Analyze, Improve, and Control* (DMAIC) approach. The stage determines the installation process on *Wire Rod Mill* Unit PT. XYZ by using *SIPOC diagram* and define the definition of product defect using *Critical to Quality* (CTQ). The measure stage is the stability measurement using *p control chart* so as obtain seven periods of stable data and process capability measurement so as obtain the average DPMO of 28753.03 and average *Sigma Level* of 3.39. Stage analysis was performed to analyze the cause of defects on the use of *fishbone diagram* and 5 *Why's*. The cause of less center defect are the position of roll entry not center to *pass roll*, shifting

position of one pass roll, and position between top pass roll not parallel to bottom pass roll because operator less pevicelu mount the pass roll. The improvement stage is to provide repair solutions using FMEA. Repaired solutions are to minimize less center defect on Wire Rod Steel SWRM8 5.5 mm such as doing maintenance and replacement of pass roll component at once every 27 days and roll entry component at once every 28 days, make check sheet for maintenance activity, and make support tool for operator while installing pass roll to make it precise.

Keywords: Wire Rod Steel, Six Sigma, DMAIC, Less Center Defect, FMEA

1. Pendahuluan

Suatu perusahaan memiliki tujuan utama untuk mendapatkan keuntungan. Dalam memperoleh keuntungan tersebut, tentunya sebuah perusahaan akan bersaing dengan perusahaan lainnya. persaingan pasar yang ketat menyebabkan suatu perusahaan harus memiliki keunggulan dalam bersaing. Keunggulan dalam bersaing dapat diraih oleh suatu perusahaan, jika perusahaan tersebut dapat memenuhi kepuasan pelanggan melalui produk yang dihasilkannya. Suatu produk dikatakan dapat memenuhi kepuasan pelanggan yang dapat berdampak pada peningkatan profitabilitas perusahaan. Kualitas merupakan salah satu faktor penting yang dipertimbangkan oleh pelanggan pada saat memilih barang atau jasa dalam bersaing [3].

Produk yang berkualitas memiliki arti bahwa produk tersebut dapat sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan oleh pelanggan. Apabila suatu produk tidak dapat memenuhi spesifikasi yang diharapkan oleh pelanggan, maka produk tersebut dikatakan cacat (*defect*). Suatu produk dikatakan cacat (*defect*) jika pada proses produksinya terdapat variasi proses yang melebihi toleransi dari perusahaan. Produk yang cacat (*defect*) akan diuji, diperbaiki, diganti, didaur ulang, atau dibuang, sehingga menyebabkan ketidakpuasan pelanggan, biaya perbaikan, dan potensi kehilangan pangsa pasar [7]. Metode *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC dapat dilakukan untuk meminimasi variasi proses sehingga dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi pelanggan dengan target *zero defect* (*customer satisfaction*). *Continuous improvement* dapat dilakukan untuk mencapai target *zero defect* dengan meningkatkan kinerja proses sehingga variasi proses dapat diminimasi [7].

PT. XYZ merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur besi baja. Produk yang dihasilkan oleh PT. XYZ berupa berbagai macam besi baja seperti besi spons, billet baja, batang kawat baja, slab baja, pelat baja, dan baja *roll*. Batang kawat baja atau *Wire Rod Steel* merupakan salah satu produk yang dihasilkan oleh PT. XYZ tepatnya dari Unit *Wire Rod Mill* yang berbahan dasar baja billet (*Billet Steel*). Bahan baku untuk proses produksi *Wire Rod Steel* dapat diperoleh dari *supplier* internal yaitu Unit *Billet Steel Plant* dari PT. XYZ itu sendiri, atau melalui *supplier* eksternal yang berasal dari Cina yaitu Angang Steel Company Ltd.

Tabel 1.1 Data Jumlah Hasil Produksi dan Jumlah *Defect*

Bulan	Tahun	Jumlah Produksi (Coil)	Jenis Defect			Jumlah Produk Defect (Coil)	Persentase Produk Defect	Presentase Toleransi Produk Defect	Toleransi Jumlah Produk Defect (Kg)
			Over Fill	Under Fill	Kurang Center				
Januari	2017	7472	194	167	250	611	8%	0.085%	7
Februari		5400	161	138	207	506	9%	0.085%	5
Maret		5890	155	135	202	492	8%	0.085%	6
April		11436	147	126	189	462	4%	0.085%	10
Mei		9999	288	248	372	908	9%	0.085%	9
Juni		10964	281	243	364	888	8%	0.085%	10
Juli		6293	173	149	224	546	9%	0.085%	6
Agustus		5600	176	152	228	556	10%	0.085%	5
September		5896	208	179	268	655	11%	0.085%	6
Oktober		4550	262	227	340	829	18%	0.085%	4
November		10823	345	296	444	1085	10%	0.085%	10
Desember		11106	231	200	299	730	7%	0.085%	10
Januari	2018	10966	246	213	319	778	7%	0.085%	10

Februari		9419	264	227	341	832	9%	0.085%	9
Jumlah		115,814	3,131	2,700	4,047	9,878	127.580%	0.425%	43
Rata-rata		8,272.429	223.643	192.857	289.071	705.571	9.113%	0.085%	9

Diketahui rata-rata presentase ketidaktercapaian produksi selama periode Januari 2017 hingga Februari 2018 sebesar 9% dan didapatkan rata-rata presentase *defect* sebesar 10.149%. Jumlah *defect* terbanyak yaitu *defect* kurang *center* sebesar 45%, kemudian *defect under fill* sebesar 30%, dan *defect over fill* sebesar 25%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa jenis *defect* yang akan diselesaikan dengan metode *Six Sigma* adalah jenis *defect* kurang *center* pada proses produksi *Wire Rod Steel* yang terjadi pada *workstation* FBL yaitu *workstation* untuk proses *finishing*. PT. XYZ perlu untuk melakukan perbaikan agar dapat meminimasi *defect* yang terjadi pada produk *Wire Rod Steel*. Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan metode *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC untuk memberikan usulan perbaikan dalam meminimasi atau menghilangkan *defect* sehingga perusahaan dapat meningkatkan daya saing dan profitabilitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab *defect* kurang *center* produk *Wire Rod Steel* pada proses *Finishing* di PT. XYZ dan memberikan usulan perbaikan dalam upaya meminimasi faktor penyebab terjadinya *defect* kurang *center* produk *Wire Rod Steel* pada proses *Finishing* di Unit *Wire Rod Mill* PT. XYZ.

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Six Sigma

Six Sigma merupakan suatu pendekatan yang berfokus pada minimasi variabilitas karakteristik produk utama menuju tingkat dimana kegagalan atau cacat sangat tidak mungkin terjadi [3]. Sebagai ukuran kualitas, *sigma* meunjukkan variasi dalam sebuah proses. Suatu proses dikatakan mencapai ukuran *Six Sigma* apabila menghasilkan hanya 3.4 produk cacat per satu juta peluang terjadinya *defect*. Jadi, secara garis besar suatu proses dikatakan mencapai *Six Sigma* apabila mencapai *zero defect*.

2.2 DMAIC

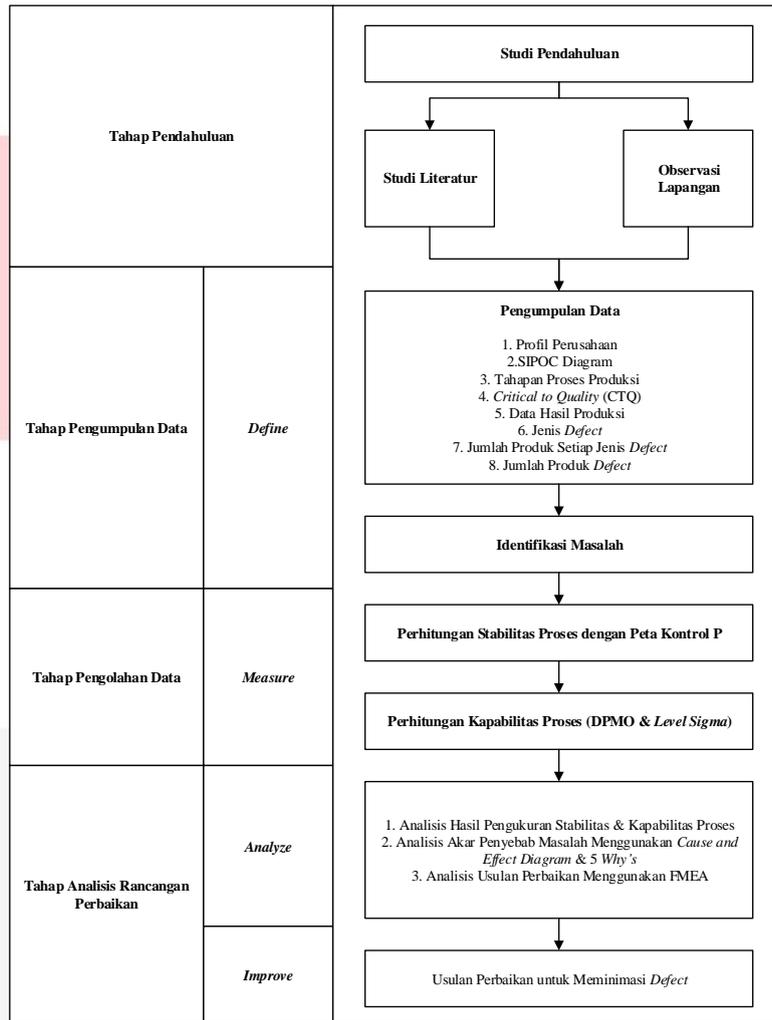
DMAIC memungkinkan untuk mengidentifikasi masalah yang terjadi, mengukur kinerja proses saat ini dengan mengukur masalah, menganalisis akar masalah, serta menguji dan memverifikasi rekomendasi perbaikan sehingga dapat diterapkan perubahan untuk keberlanjutan jangka panjang [1].

2.3 Preventive Maintenance

Preventive maintenance merupakan tindakan pemeliharaan yang dilakukan secara periodik dan terjadwal berupa inspeksi, perbaikan, penggantian, pembersihan, pelumasan, penyesuaian, dan penyemaian [5].

2.4 Sistematika Pemecahan Masalah

Sistematika pemecahan masalah dapat terlihat seperti pada Tabel 2.2.

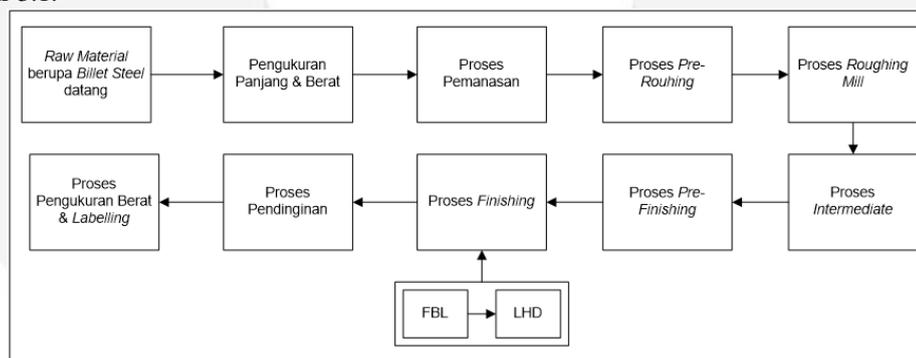


Tabel 2.2 Sistematika Pemecahan Masalah

3. Pembahasan

3.1 Tahap Define

Tahap *define* dilakukan dengan memahami alur proses produksi *Wire Rod Steel SWRM8 5.5 mm* seperti pada Gambar 3.1.

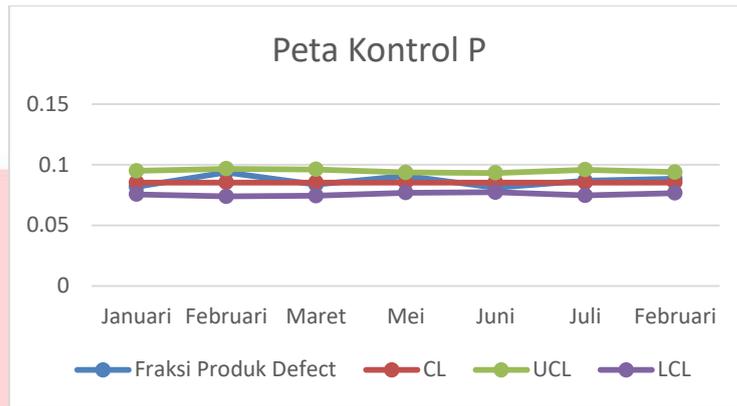


Gambar 3.1 Flow Map Diagram

3.2 Tahap Measure

a. Pengukuran Stabilitas Proses

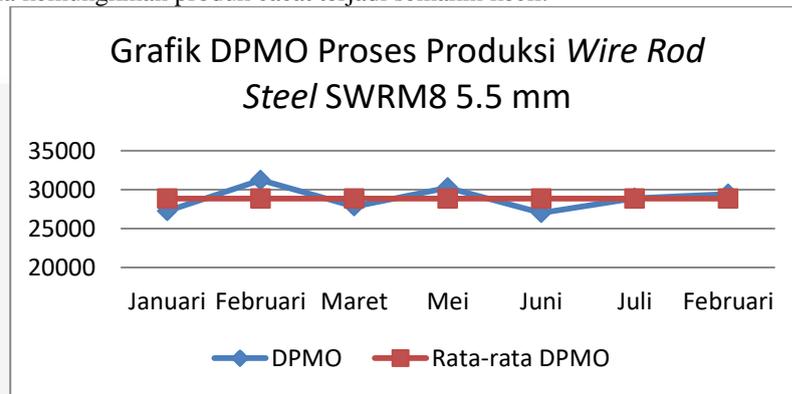
Pengukuran stabilitas proses bertujuan untuk mengevaluasi kestabilan proses pada periode tertentu [1]. Pengukuran stabilitas proses dilakukan pada Unit *Wire Rod Steel PT. XYZ* untuk meneliti produk *Wire Rod Steel SWRM8 5.5 mm* selama bulan Januari 2017 hingga bulan Februari 2018. Peta kontrol P hasil perhitungan stabilitas proses dapat terlihat seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Peta Kontrol P

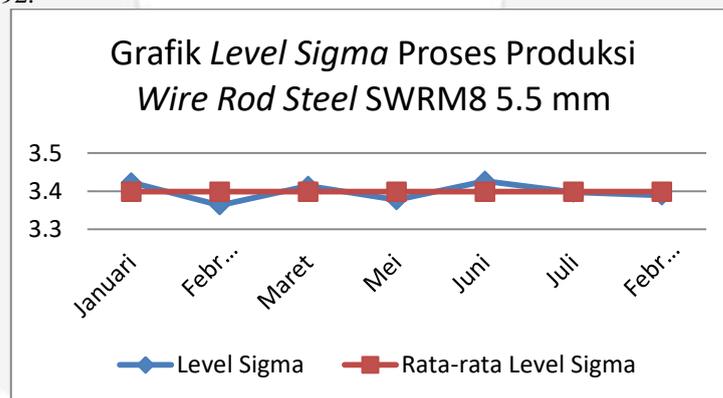
b. Perhitungan Kapabilitas Proses

Pengukuran kapabilitas proses bertujuan untuk mengevaluasi seberapa baik suatu proses mampu memenuhi spesifikasi yang diinginkan pelanggan [1]. Perhitungan kapabilitas proses dilakukan pada produk *Wire Rod Steel SWRM8 5.5 mm* periode data yang telah stabil yaitu pada bulan Januari 2017, Februari 2017, Maret 2017, Mei 2017, November 2017, dan Februari 2018. Grafik DPMO proses produksi *Wire Rod Steel SWRM8 5.5 mm* mengalami fluktuasi dan dapat terlihat seperti pada Gambar 3.3. Nilai DPMO menunjukkan cacat dalam satu juta kemungkinan. Semakin rendah nilai DPMO, maka semakin baik sebuah proses berjalan karena kemungkinan produk cacat terjadi semakin kecil.



Gambar 3.3 Grafik DPMO Wire Rod Steel SWRM8 5.5 mm

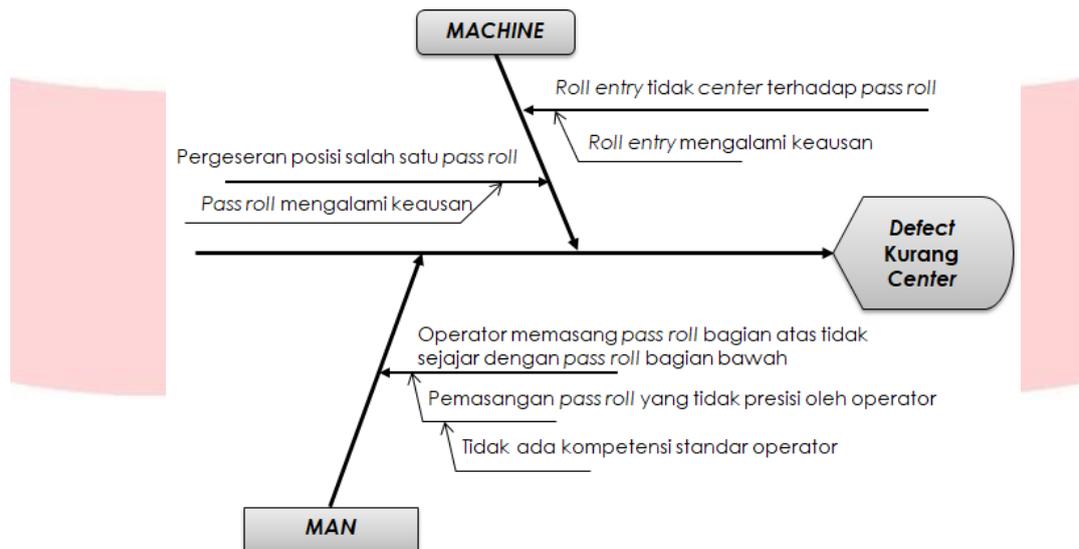
Grafik *Level Sigma* proses produksi *Wire Rod Steel SWRM8 5.5 mm* dapat terlihat pada Gambar 3.4. Nilai *Level Sigma* menunjukkan jumlah variansi dalam satu set data. Semakin rendah nilai DPMO, maka semakin tinggi nilai *Level Sigma*. Rata-rata nilai *Level Sigma* pada proses produksi *Wire Rod Steel SWRM8 5.5 mm* yaitu sebesar 3.399430092.



Gambar 3.4 Grafik Level Sigma Wire Rod Steel SWRM8 5.5 mm

3.3 Analyze

Fishbone diagram untuk mengidentifikasi penyebab *defect* kurang *center* dapat terlihat pada Gambar 3.5. *Defect* kurang *center* disebabkan oleh faktor mesin yaitu *roll entry* tidak *center* terhadap *pass roll* dan pergeseran posisi salah satu *pass roll*. Penyebab lainnya berasal dari faktor manusia yaitu posisi antara *roll* bagian atas atau bawah yang tidak terpasang secara presisi.



Gambar 3.5 Fishbone Diagram

Analisis penyebab defect kurang center juga dilakukan menggunakan 5 Why's seperti terlihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 5 Why's

Cause	Subcause	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4
1	2	3	4	5	6
Machine 1	Roll entry tidak center terhadap pass roll	Roll entry mengalami keausan	Waktu pergantian roll entry yang tidak pasti	-	-
Machine 2	Pergeseran posisi salah satu pass roll	Pass roll mengalami keausan	Waktu pergantian roll pass yang tidak pasti	-	-
Man	Operator memasang pass roll bagian atas tidak sejajar dengan pass roll bagian bawah	Pemasangan pass roll yang tidak presisi oleh operator	Operator kurang tepat dalam pemasangan pass roll	Tidak ada kompetensi standar untuk operator	Tidak terdapat persyaratan khusus dalam rekrutmen operator

Analisis penentuan prioritas perbaikan cacat kurang center pada produk Wire Rod Steel SWRM8 5.5 mm dilakukan menggunakan FMEA setelah dilakukan analisis penyebab masalah dengan menggunakan Fishbone Diagram dan 5 Why's. Prioritas perbaikan diurutkan berdasarkan nilai RPN masing-masing faktor didapatkan dengan mengalikan bobot severity, occurrence, dan detectability.

Tabel 3.2 Perhitungan Nilai RPN Menggunakan FMEA

No	Faktor	Mode Kegagalan	Akibat Kegagalan	S	Penyebab Kegagalan Potensial	O	Metode Deteksi	D	RPN
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Mesin 1	Roll entry tidak center terhadap pass roll	Produk yang dihasilkan tidak berbentuk lingkaran sempurna (simetris)	6	Tidak adanya jadwal perawatan dan penggantian roll entry	5	Pemeriksaan secara visual	6	180
2	Mesin 2	Pergeseran posisi salah satu pass roll	Produk yang dihasilkan tidak berbentuk lingkaran sempurna (simetris)	7	Tidak adanya jadwal perawatan dan penggantian pass roll	6	Pemeriksaan secara visual	6	252
3	Manusia	Operator memasang pass roll bagian atas tidak sejajar dengan bagian bawah	Posisi pass roll bagian atas tidak sejajar dengan pass roll bagian bawah	7	Kurangnya ketepatan operator dalam pemasangan pass roll	6	Pemeriksaan secara visual	3	126

Alternatif usulan perbaikan defect kurang center untuk produk Wire Rod Steel SWRM8 5.5 mm dapat terlihat seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Alternatif Usulan Perbaikan

Penyebab Kegagalan Potensial	Alternatif Usulan Perbaikan	Penjelasan
1	2	3
Tidak adanya jadwal perawatan dan penggantian <i>pass roll</i>	Melakukan penggantian <i>pass roll</i> sesuai dengan waktu yang ditentukan berdasarkan waktu kerusakan yang terjadi	Melakukan pergantian <i>pass roll</i> pada interval waktu tertentu
Tidak adanya jadwal perawatan dan penggantian <i>roll entry</i>	Melakukan penggantian <i>roll entry</i> sesuai dengan waktu yang ditentukan berdasarkan waktu kerusakan yang terjadi	Melakukan pergantian <i>roll entry</i> pada interval waktu tertentu
Kurangnya ketepatan operator dalam memasang <i>pass roll</i>	Membuat alat bantu yang membantu operator dalam memastikan bahwa <i>pass roll</i> yang terpasang telah presisi	Menggunakan alat bantu untuk agar pemasangan <i>roll pass</i> presisi

3.4 Improve

3.4.1 Usulan Perbaikan Akar Penyebab Defect terhadap Faktor Mesin

Penyebab *defect* kurang *center* salah satunya diakibatkan oleh faktor mesin. Penyebab pertama yaitu *roll entry* yang tidak *center* terhadap *pass roll*. Begitu juga dengan penyebab kedua yaitu *pass roll* mengalami keausan yang disebabkan oleh waktu pergantian *roll pass* yang tidak pasti. Berdasarkan kedua penyebab tersebut, kegiatan yang dapat dilakukan untuk meminimasi *defect* kurang *center* pada proses produksi *Wire Rod Steel SWRM8 5.5 mm* adalah dengan melakukan perawatan terhadap *pass roll* pada mesin FBL dan *roll entry* secara rutin. Perawatan dilakukan dengan mengganti *pass roll* pada mesin FBL dan *roll entry* secara rutin.

Perhitungan MTTF dan MTTR untuk komponen *pass roll* dilakukan dengan menggunakan distribusi normal sebagai berikut:

$$MTTF = \mu = 649.840$$

$$MTTR = \mu = 2.76929$$

MTTF (*Mean Time To Failure*) merupakan rata-rata waktu komponen *pass roll* beroperasi sebelum mengalami kerusakan atau dengan kata lain MTTF merupakan perkiraan masa usia pakai komponen *pass roll*. Berdasarkan perhitungan parameter didapatkan MTTF sebesar 649.840 jam dari kerusakan terakhir atau sekitar 27 hari dari kerusakan terakhir. MTTR (*Mean Time To Repair*) merupakan rata-rata waktu perawatan dari kerusakan pada komponen *pass roll* yaitu sebesar 2.8 jam.

Oleh karena itu, operator *maintenance* harus melakukan perawatan berupa penggantian komponen *pass roll* setiap 27 hari sekali untuk mencegah terjadinya terjadinya kerusakan berupa keausan pada komponen *pass roll*.

Perhitungan MTTF dan MTTR *roll entry* dilakukan menggunakan distribusi normal sebagai berikut:

$$MTTF = \mu = 678.148$$

$$MTTR = \mu = 2.04214$$

MTTF (*Mean Time To Failure*) merupakan rata-rata waktu komponen *roll entry* beroperasi sebelum mengalami kerusakan atau dengan kata lain MTTF merupakan perkiraan masa usia pakai komponen *roll entry*. Berdasarkan perhitungan parameter didapatkan MTTF sebesar 678.148 jam dari kerusakan terakhir atau sekitar 28 hari dari kerusakan terakhir. MTTR (*Mean Time To Repair*) merupakan rata-rata waktu perawatan dari kerusakan pada komponen *roll entry* yaitu sebesar 2.04 jam.

Oleh karena itu, operator *maintenance* harus melakukan perawatan berupa penggantian komponen *roll entry* setiap 28 hari sekali untuk mencegah terjadinya terjadinya kerusakan berupa keausan pada komponen *roll entry*.

3.4.2 Usulan Perbaikan Pembuatan Check Sheet Pemeliharaan Mesin

Untuk menunjang usulan jadwal penggantian komponen *pass roll* dari proses *Finishing* dan jadwal penggantian komponen *roll entry*, operator *maintenance* diwajibkan untuk melakukan pengisian *check sheet* pemeliharaan. Hal tersebut dilakukan agar operator mengetahui dan kapan waktu untuk melakukan pemeliharaan *pass roll* dan *roll entry* sehingga jadwal pemeliharaan *pass roll* dan *roll entry* tidak terlewat.

Tabel 3.4 *Check Sheet* Pemeliharaan Mesin

CHECK SHEET PEMELIHARAAN									
Nama Komponen :									
Nomor Stand :									
Nama Mesin :									
Nama Produk :									
NO.	Catatan Pemeliharaan Awal				NO.	Catatan Pemeliharaan Selanjutnya			
	Tanggal	Jam	Shift	Keterangan		Tanggal	Jam	Shift	Keterangan
Mengetahui Supervisor, ()					Operator, ()				

3.4.3 Usulan Perbaikan Akar Penyebab *Defect* terhadap Faktor Manusia

Alat bantu membantu operator dalam memastikan bahwa *pass roll* yang terpasang telah presisi. Alat bantu terbuat dari resin sehingga tidak akan memuai karena panas.

Gambar 3.5 Alat Bantu Pemasangan *Pass Roll*

4. Kesimpulan

- a. *Defect* kurang *center* pada produk *Wire Rod Steel SWRM8 5.5 mm* di Unit *Wire Rod Mill PT. XYZ* terjadi akibat hal berikut:
 - 1) Posisi *roll entry* tidak *center* terhadap *pass roll* karena tidak adanya kegiatan pemeliharaan komponen *roll entry* secara terjadwal.
 - 2) Pergeseran posisi salah satu *pass roll* karena tidak adanya kegiatan pemeliharaan komponen *pass roll* secara terjadwal.
 - 3) Posisi antara *pass roll* bagian atas tidak sejajar dengan *pass roll* bagian bawah karena operator yang kurang memasang *pass roll* secara presisi.
- b. Usulan perbaikan untuk meminimasi *defect* kurang *center* pada produk *Wire Rod Steel SWRM8 5.5 mm* sebagai berikut:
 - 1) Melakukan pemeliharaan dan penggantian komponen *pass roll* setiap 27 hari sekali.
 - 2) Melakukan pemeliharaan dan penggantian komponen *roll entry* setiap 28 hari sekali.
 - 3) Membuat *check sheet* pemeliharaan mesin.
 - 4) Membuat alat bantu pemasangan *pass roll*.

Daftar Pustaka:

- [1] Antony, J., Vinodh, S., Gijo, E.V. (2016). *Lean Six Sigma for Small and Medium Enterprises a Practical Guide*. New York: CRC Press.
- [2] Keprofesian Maintenance Management, 2017, *Pelatihan Perhitungan MTTR dan MTTF*, Fakultas Rekayasa Industri Universitas Telkom, Bandung.
- [3] Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control*. United States of America: John Willey & Sons, Inch.
- [4] Pandi, S.D, Santosa, H, Mulyono, J., 2014, 'Perancangan Preventive Maintenance Pada Mesin Corrugating dan Mesin Flexo di PT. Surindo Teguh Gemilang', *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*, Vol. 13, no. 1, pp. 33-38.
- [5] Praharsi, Y, Sriwana, I.K, Sari, D.M., 2015, 'Perancangan Penjadwalan Preventive Maintenance Pada PT. Artha Prima Sukses Makmur, *Jurnal Ilmiah Teknik*
- [6] Stamatis, D. H. (2015). *The ASQ Pocket Guide to Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Milwaukee: ASQ Quality Press.
- [7] Zhan, W., Ding, X. (2016). *Lean Six Sigma and Statistical Tools for Engineers and Engineering Managers*. New York: Momentum Press Engineering.

