

PERANCANGAN USULAN PERBAIKAN PADA PROSES *TANDEM COLD MILLING* PRODUK *FULL HARD* 0,2 x 914 mm DI PT XYZ DENGAN METODE *SIX SIGMA*

Muhamad Candra Permana¹, Marina Yustiana Lubis², Agus Alex Yanuar³

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi Terusan Buah Batu, Bandung 40257

Email: candramuh11@gmail.com

ABSTRAK

PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur baja. *Cold Rolling Mill* adalah pabrik yang memproduksi produk *Full Hard* dengan ukuran 0,2 x 914 mm merupakan produk populer yang rutin diproduksi perusahaan. *Full Hard* 0,2 x 914 mm menghasilkan total produksi periode Januari 2018 sampai Desember 2018 sebesar 121.637 ton dengan jumlah produk *defective* sebesar 19.404 ton. Fokus penelitian ini adalah memperbaiki tahapan proses di *mill Continuous Tandem Cold Mill* (CTCM) pada proses *Tandem Cold Milling*. Digunakan metodologi penelitian Six Sigma yaitu DMAIC untuk mengurangi terjadinya permasalahan. Pertama, dilakukan identifikasi CTQ produk dan proses untuk mengetahui persyaratan mana yang belum terpenuhi. Lalu, dilakukan pengukuran nilai DPMO dan level sigma. Didapatkan nilai rata-rata DPMO sebesar 26474,3 dan nilai rata-rata level *sigma* sebesar 3,432. Untuk mengetahui penyebab terjadinya *defect* pada proses tersebut, maka dilakukan analisis menggunakan *fishbone diagram* untuk menjelaskan akar penyebab permasalahan dan *improve* dengan memberikan rancangan usulan perbaikan. Usulan perbaikan yang diberikan adalah pengadaan alat ukur ketebalan, pembuatan *check sheet* untuk pengecekan komponen-komponen *bending system*, pengoptimalan besar suhu *coolant water*, dan pembuatan *alarm* penanda perubahan besar tekanan reduksi.

Kata kunci: *Full Hard*, *Six Sigma* (DMAIC), *Tandem Cold Milling*, CTQ, Analisis Regresi, *Poka Yoke*.

ABSTRACT

PT XYZ is steel manufacturing company. *Cold Rolling Mill* is factory that produces *Full Hard* products with a size of 0.2 x 914 mm which is a popular product that is regularly produced by the company. *Full Hard* 0.2 x 914 mm produces total production from January 2018 to December 2018 of 121,637 tons with defective product amounting to 19,404 tons. The focus of this research is to improve the process stages in *Continuous Tandem Cold Mill* (CTCM) mill in the *Cold Milling Tandem* process. *Six Sigma* research methodologies are used, namely DMAIC to reduce the occurrence of problems. First, CTQ product and process identification is carried out to determine which requirements have not been met. Then, DPMO and sigma levels are measured. Obtained average DPMO value of 26474.3 and average value of sigma level of 3.432. To find out the cause of the defect in the process, analysis using *fishbone diagram* is done to explain the root cause of problems and improve with the proposed improvement. The proposed improvement given is procurement of thickness gauge, making *check sheet* for checking the *bending system* components, optimizing the *coolant water* temperature, and making *alarm*, sign of change for reduction pressure.

Keywords: *Full Hard*, *Six Sigma* (DMAIC), *Tandem Cold Milling*, CTQ, Regression Analysis, *Poka Yoke*.

1. PENDAHULUAN

Kualitas merupakan kesesuaian terhadap persyaratan atau spesifikasi (Mitra, 2016). Sedangkan menurut (Ely, 2021) kualitas produk merupakan sebuah totalitas yang memiliki karakteristik produk atau jasa dapat memiliki kemampuan untuk memenuhi kebutuhan yang akan dinyatakan implisit. Kesesuaian dalam suatu produk (*product*) atau layanan (*service*) harus memenuhi sebagaimana yang diinginkan pelanggan. Tercapainya suatu kualitas untuk memenuhi spesifikasi produk yang baik harus melewati proses *quality control* dalam suatu sistem produksi. *Six Sigma* merupakan metodologi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas (Zhan & Ding, 2016).

PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang baja. Penelitian ini dilakukan di *Plant Cold Rolling Mill (CRM)* yang merupakan pabrik penghasil baja lembaran tipis (*coil*) melalui proses pendinginan. Bahan bakunya yaitu baja lembaran panas yang dihasilkan oleh *Plant Hot Strip Mill (HSM)*. *Plant CRM* menerapkan strategi bisnis *make to order* dalam memenuhi permintaan pelanggan. Pelanggan memesan produk sesuai yang ditawarkan oleh perusahaan. Penelitian ini berfokus pada produk *Full Hard* ukuran 0,2 x 914 mm karena produk tersebut merupakan produk yang diproduksi secara rutin.

Dalam memproduksi produk *Full Hard*, *Plant CRM* menetapkan CTQ produk atau spesifikasi produk yang harus dipenuhi sesuai dengan keinginan pelanggan dan kapabilitas perusahaan. Berikut di bawah ini merupakan CTQ produk *Full Hard*.

<i>Need</i>	<i>Quality Drivers</i>	<i>Product Performance Requirement</i>
		Tidak terdapat bercak pada permukaan <i>coil</i>
	Tekstur permukaan yang halus	Tidak terdapat garis pada permukaan <i>coil</i>
		Tidak terdapat goresan pada permukaan <i>coil</i>
	Bagian tepi kanan dan kiri yang rata	Tidak terdapat gelombang pada tepi kanan dan kiri <i>coil</i>
	Permukaan yang rata	Tidak terdapat gelombang pada tengah permukaan <i>coil</i>
	Tebal yang sesuai pesanan	Tebal sesuai pesanan pelanggan
	Penampang <i>coil</i> berbentuk lingkaran sempurna	Tidak terdapat gulungan <i>coil</i> yang keluar dari diameter standar <i>coil</i>

Tabel 1. CTQ Produk *Full Hard*

<i>Need</i>	<i>Quality Drivers</i>	<i>Product Performance Requirement</i>
Kesesuaian Visual Produk	Tekstur tepi kanan dan kiri yang halus	Tepi kanan dan kiri <i>coil</i> tidak bergerigi

Tabel 2. Realisasi Produksi dan Jumlah Produk Defect

Bulan	Targe t Produ ksi	Reali sasi Produ ksi	Juml ah Prod uk Defe ct	%P rod uk Defe ct
a	b	c	d	f = d/c
Januari	9685	9764	1839	19%
Februari	11333	13784	4450	32%
Maret	12268	10921	3091	28%
April	18020	17882	1987	11%
Mei	16109	22170	2048	9%
Juni	16463	20513	2132	10%
Juli	1129	1298	180	14%
Agustus	7035	4187	768	18%
September	16885	16872	2133	13%
Oktober	1515	1916	492	26%
November	920	1595	184	12%
Desember	614	737	101	14%
Jumlah	111.976	121.637	19.404	206%
Rata-Rata	9331	10136	1617	17%

Berdasarkan tabel 2., dapat dilihat bahwa proses produksi yang berjalan pada periode Januari 2018 s.d. Desember 2018 menghasilkan produk defect. Diketahui bahwa rata-rata jumlah produk defect sebesar 1.617 ton dan rata-rata persentase produk defect sebesar 17%. Diduga, proses produksi Full Hard 0,2 x 914 mm belum berjalan dengan baik.

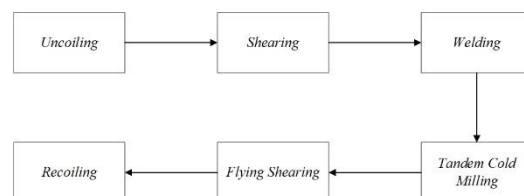
Untuk mengukur kinerja proses perusahaan saat ini yaitu dengan melakukan perhitungan kapabilitas proses untuk mengetahui level sigma.

Tabel 3. Level Sigma

Bulan	Level Sigma
Januari	3.361
Februari	3.109
Maret	3.173
April	3.585
Juni	3.612
Juli	3.493
Agustus	3.373
September	3.532
Oktober	3.219
November	3.570
Desember	3.497
Rata-rata	3.432

Berdasarkan hasil perhitungan kapabilitas proses, didapatkan rata-rata level sigma sebesar 3,432 sigma atau setara dengan DPMO = 28.700 (dari peluang cacat per 1.000.000 produk).

Di bawah ini merupakan gambaran alur proses produksi Full Hard 0,2 x 914 mm di mill CTCM (Continuous Tandem Cold Mill).



Gambar 1. Proses Produksi Full Hard 0,2 x 914 mm di mill CTCM (Continuous Tandem Cold Mill).

Berdasarkan gambar 1, diketahui proses produksi pada mill CTCM melalui 6 proses. Di bawah ini merupakan hasil identifikasi jenis cacat yang terjadi pada tahapan proses Tandem Cold Milling.

Tabel 4. Jenis Defect dan Penjelasannya

Jenis Defect	Ciri-Ciri
Ripple Edge	Gelombang kecil di tepi baja secara acak

<i>Centre Buckle</i>	Permukaan bergelombang coil	<i>Wavy Edge</i>	Tanda gelombang di tepi baja yang memanjang
<i>Carry Over Rust</i>	Tanda di permukaan coil seperti bercak lumut	<i>Over Gage</i>	Kelebihan tebal yang tidak merata

Tabel 5. Permasalahan yang Terjadi di Setiap Tahapan Proses

Jenis Defect	Proses	Tahapan Proses	Process Performance Requirement	Permasalahan Yang Terjadi
<i>Ripple Edge</i>	<i>Tandem Cold Milling</i>	Lembaran <i>coil</i> direduksi secara bertahap melewati 5 <i>stand</i> (motor penggerak). Motor penggerak digerakkan oleh komponen-komponen <i>bending system</i> melalui panel.	Komponen-komponen <i>bending system</i> , yaitu : 1. Pompa 2. <i>Filter</i> 3. <i>Directional Control Valve</i> 4. <i>Servo Valve</i> 5. <i>Pressure Tranducer</i> 6. <i>Seal Plunger</i> 7. <i>Piping System</i> Beroperasi dengan baik	Kondisi dari beberapa komponen-komponen <i>bending system</i> tidak beroperasi dengan baik
<i>Centre Buckle</i>		Penyemprotan <i>Coolant Water stand</i> 1 - 5	Suhu <i>coolant water</i> antara 40 - 50 derajat <i>celcius</i>	<i>Setting</i> suhu <i>coolant water</i> tidak sesuai
<i>Carry Over Rust</i>		<i>Upper</i> dan <i>lower work roll</i> menekan lembaran <i>coil</i> dengan tekanan yang sesuai sampai ketebalan tertentu.	Posisi <i>upper</i> dan <i>lower work roll</i> menekan lembaran <i>coil</i> secara simetris	Posisi antara <i>upper</i> dan <i>lower work roll</i> tidak simetris
<i>Wavy Edge</i>			Direduksi dengan tekanan sebesar 215 bar pada setiap <i>stand</i>	Tekanan yang digunakan pada saat reduksi tidak sesuai
<i>Over Gage</i>				

Tetapi harus diteliti terlebih dahulu keterkaitan antar jenis cacat apakah satu cacat dipengaruhi oleh cacat lain atau tidak. Berdasarkan hasil pengamatan, maka diketahui bahwa dengan meminimasi cacat *centre buckle*, maka cacat *carry over rust* juga akan terminimasi. Berdasarkan tabel 4 dan 5, diketahui bahwa *defect* yang terjadi pada setiap tahapan diakibatkan oleh proses yang belum berjalan dengan baik dan tidak memenuhi *process requirement* pada setiap tahapan proses.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Kualitas

Menurut Crosby (1979) dalam (Mitra, 2016), kualitas adalah kesesuaian untuk memenuhi persyaratan atau spesifikasi. Kesesuaian dalam suatu produk (*product*) atau jasa (*service*) harus memenuhi sebagaimana yang diinginkan pelanggan. Jika persyaratannya tidak sesuai dengan kualitas yang diinginkan, maka produk atau jasa itu dapat dikatakan cacat (*defect*).

Produk (*product*) atau jasa (*service*) yang dihasilkan dikatakan berkualitas apabila produk atau jasa tersebut memenuhi

dimensi-dimensi kualitas yang diinginkan pelanggan. Berikut merupakan dimensi-dimensi kualitas berbasis produk menurut Garvin (1997) dalam (Mitra, 2016).

1. *Performance*
2. *Reliability*
3. *Conformance*
4. *Durability*
5. *Serviceability*
6. *Features*
7. *Aesthetics*
8. *Perceived Quality*

2.2 Six Sigma

Menurut Ding & Zhan (2016), *Six Sigma* adalah proses yang menghasilkan 3,4 bagian cacat per juta peluang (DPMO). Namun, tujuan proyek *Six Sigma* juga bisa menjadi proses lima *sigma*, proses tiga *sigma*, atau proses delapan *sigma*, tergantung pada situasinya. Proses-proses *sigma* harus dapat menghasilkan kesalahan mendekati 3,4 per satu juta peluang. Semakin tinggi nilai *sigma*, semakin sedikit proses tersebut mengalami kesalahan.

Six Sigma mempunyai setidaknya tiga makna, tergantung pada konteksnya. Pertama, dapat dilihat sebagai ukuran kualitas dengan mengukur variasi dalam suatu proses. Kedua, dapat dilihat sebagai peningkatan strategi bisnis dan filosofi. Ketiga, sebagai metodologi untuk memecahkan permasalahan dengan berupaya mencari dan menghilangkan penyebab cacat atau kesalahan dalam proses tersebut dengan berfokus terhadap *output*. Metodologi *Six Sigma* berbasis statistik memberikan data untuk mendorong sebuah solusi menurut Hoerl dan Snee (2007) dalam (Antony, Vinodh, & U, 2016).

2.3 DMAIC

Six Sigma menggunakan metodologi DMAIC (*define, measure, analyse, improve, control*) untuk mengatasi masalah yang terkait dengan proses yang ada. Tujuan menggunakan metodologi penyelesaian masalah ini adalah untuk memahami dan mengevaluasi akar masalah yang diberikan. DMAIC adalah proses berulang yang memberikan struktur dan panduan untuk meningkatkan proses di suatu tempat kerja.

Lima langkah dalam metodologi *Six Sigma* adalah mudah dimengerti, dan logis dalam urutannya menurut Brassard, dkk. (2002) dalam (Antony et al., 2016).

Menurut Antony, Vinodh, dan Gijo (2016), berikut merupakan tahapan pendekatan DMAIC.

1. *Define*, bertujuan untuk menetapkan cakupan dari suatu proyek atau ruang lingkup yang diteliti dan mendapatkan informasi latar belakang tentang proses yang bermasalah tersebut terjadi.
2. *Measure*, bertujuan untuk mengukur masalah dengan mengumpulkan informasi tentang situasi saat ini.
3. *Analyze*, bertujuan untuk mengidentifikasi akar permasalahan dan mencocokkan dengan data yang ada.
4. *Improve*, bertujuan untuk mengembangkan, mencoba, dan mengimplementasikan solusi terhadap akar penyebabnya.
5. *Control*, tahapan yang bertujuan untuk mempertahankan hasil dari penerapan metode pada tahapan *improve*.

2.4 Critical to Quality (CTQ)

Critical to Quality (CTQ) merupakan karakteristik kualitas terhadap produk atau jasa yang harus dipenuhi dan ditingkatkan sesuai keinginan pelanggan. Menurut Gopalakrishnan (2012) dalam (Antony et al., 2016).

2.5 Peta Kendali-p

Peta kendali adalah grafik garis yang digunakan untuk mengetahui stabilitas suatu proses (Antony et al., 2016).

Berikut merupakan tahapan untuk membuat peta kendali-p (Mitra, 2016).

1. Menentukan tujuan dan level dimana peta kendali-p digunakan (level pabrik, departemen, atau operator).
2. Menentukan ukuran sampel dan interval pengambilan sampel.
3. Mengumpulkan data yang dibutuhkan, seperti: jumlah yang

diperiksa dan jumlah yang tidak sesuai (*non-conformance*).

$$\hat{p}_i = \frac{x_i}{n_i}$$

4. Menghitung *center line* (CL), *upper control limits* (UCL), dan *lower control limits* (LCL).

$$CL_p = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g \hat{p}_i}{g} = \frac{\sum_{i=1}^g X_i}{ng}$$

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

$$LCL_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

5. Menggambar grafik peta kendali-p yang terdiri dari *defective*, CL, UCL, dan LCL.
6. Membuat kesimpulan terhadap stabilitas proses berdasarkan grafik peta kendali-p yang digambarkan.
7. Melakukan revisi data dan perhitungan ulang jika terdapat data yang diluar batas kendali.
8. Mengimplementasikan peta kendali yang terbaru sebagai acuan untuk observasi mendatang.

Manfaat yang didapatkan dengan adanya peta kendali (Franchetti & Matthew, 2015).

1. Dapat mengidentifikasi variasi dalam sebuah produk atau proses.
2. Dapat mengetahui stabilitas proses untuk menentukan tindakan yang harus dilakukan.

2.6 Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses merupakan kinerja suatu proses dalam keadaan terkendali (*statistical control*) yang digunakan untuk menganalisis apakah proses tersebut memenuhi persyaratan pelanggan (Mitra, 2016).

Berikut merupakan langkah perhitungan DPMO (Suresh, 2016).

1. Menghitung *Total of Opportunity per Defects*
2. Menghitung *defects per unit opportunity* (DPO)
3. Menghitung *defect per million opportunities* (DPMO)
4. Menghitung nilai *sigma*

Manfaat adanya perhitungan kapabilitas proses (Jones, 2014).

1. Mengetahui apakah proses sudah memenuhi persyaratan atau spesifikasi pelanggan.
2. Mengetahui tindakan perbaikan yang harus dilakukan ketika proses tersebut tidak memenuhi spesifikasi pelanggan (*not capable*).

2.7 Diagram Fishbone

Diagram sebab-akibat, juga dikenal sebagai diagram *fishbone* adalah sebuah metode grafis yang dapat digunakan untuk menganalisis akar penyebab masalah. Dimulai dari masalah pernyataan, diikuti dengan menyortir kemungkinan penyebab masalah menjadi beberapa kategori 4M+1E (Zhan & Ding, 2016) seperti:

1. *Man*
2. *Machine & Tools*
3. *Material*
4. *Method*
5. *Environment*

2.8 Analisis Regresi

Menurut Antony, Vinodh, dan Gijo (2016), analisis regresi merupakan Teknik yang dapat membantu dalam memperkirakan hubungan dalam bentuk matematika dan memperkirakan kekuatannya. Bentuk sederhana dari analisis regresi adalah studi tentang hubungan linear antara X dan Y dalam persamaan $Y = a + bX$, dimana a dan b adalah konstanta yang dihitung berdasarkan data yang telah diperoleh.

2.9 Estimasi Parameter

Menurut (Bluman, 2014) estimasi parameter merupakan proses untuk memperkirakan nilai parameter terhadap informasi yang diperoleh dari sampel. Ukuran sampel yang diperoleh tergantung pada beberapa faktor, seperti akurasi yang diinginkan dan kemungkinan membuat perkiraan yang tepat. Ukuran sampel harus lebih besar atau sama dengan 30 atau populasi harus terdistribusi secara normal atau mendekati normal jika ukuran sampel kurang dari 30. Terdapat dua jenis penaksiran statistik dalam memperkirakan suatu parameter, yaitu *point estimate* dan *interval estimate*.

Dalam *interval estimate*, parameter ditentukan sebagai rentang antara dua nilai.

$$\bar{x} - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

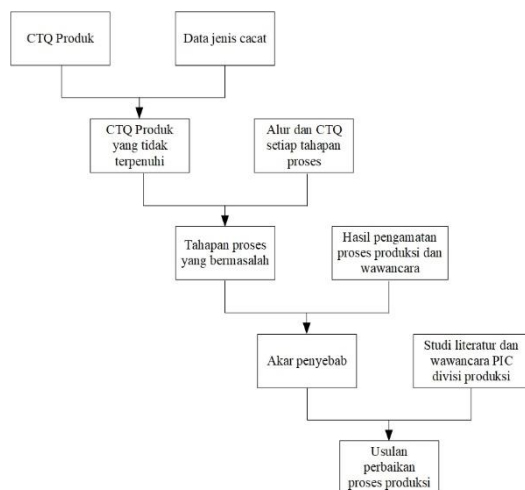
2.10 Poka Yoke

Poka-yoke adalah sebuah *tools* yang digunakan untuk pemeriksaan kesalahan dengan menggunakan sinyal visual yang dapat mencegah kesalahan atau cacat (Gao & Low, 2014). Tujuannya adalah untuk mencegah terjadinya kerusakan atau kecacatan dengan cara mengurangnya dan menjadikan *zero defect* (nol kerusakan).

Tiga fungsi dasar *Poka-yoke* dapat dikategorikan sebagai berikut.

- 1) *Control*, mencegah kesalahan yang dapat merambat ke proses yang lain.
- 2) *Warning*, memberikan peringatan dengan cara membunyikan atau menyalakan *alarm* untuk memberi tahu kesalahan yang terjadi.
- 3) *Shutdown*, melakukan peberhentian sistem produksi saat terdeteksi adanya kesalahan.

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 2. Metodologi Penelitian

Berdasarkan gambar 2, terdapat variabel-variabel dalam penelitian yang akan digunakan untuk memperbaiki proses *TCM (Tandem Cold Mill)* dengan meminimasi sejumlah *defect* pada saat penghalusan reduksi lembaran baja. Variabel-variabel

tersebut berupa data CTQ produk yang ditetapkan sebagai kriteria atau parameter kualitas yang harus dipenuhi. Jika CTQ produk tidak terpenuhi, maka produk yang dihasilkan dapat dikategorikan sebagai produk cacat. Sehingga CTQ produk disandingkan dengan data jenis cacat yang terjadi untuk mengetahui CTQ produk yang tidak terpenuhi. Kemudian, mengidentifikasi alur proses dan CTQ tahapan di setiap prosesnya untuk mengetahui kriteria yang harus dipenuhi di setiap prosesnya. Sehingga dapat diketahui tahapan proses yang bermasalah.

Kemudian, tahapan-tahapan proses yang bermasalah tersebut dilakukan observasi melalui pengamatan langsung dan wawancara dengan pihak yang berkaitan. Berdasarkan pengamatan langsung dan wawancara diketahui akar penyebab permasalahan yang terjadi. Permasalahan tersebut diolah menggunakan *tools* diagram *fishbone* atau diagram, sebab akibat. Kemudian, hasil pengolahan permasalahan tersebut dilakukan analisis dengan mencari literatur teori terhadap permasalahan yang terjadi dan melakukan wawancara dengan divisi produksi. Dari hasil analisis tersebut, dapat diberikan rancangan usulan perbaikan yang sesuai dengan permasalahan. Sehingga jenis cacat tertentu yang diberikan usulan dapat berkurang jumlahnya.

4. PEMBAHASAN

4.1 Objek Penelitian



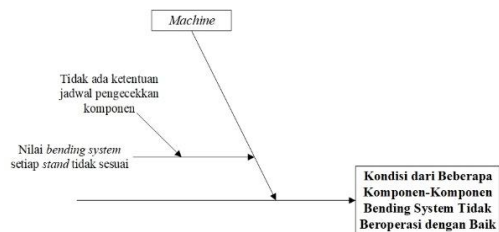
Gambar 3. Produk *Full Hard* 0,2 x 914 mm

Objek yang menjadi kajian pada penelitian ini adalah produk baja yaitu *Full Hard* 0,2 x 914 mm yang diproduksi oleh PT XYZ. *Full Hard* 0,2 x 914 mm merupakan produk populer yang diproduksi secara rutin oleh perusahaan dibandingkan dengan ukuran yang lainnya.

4.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Berdasarkan hasil dari tahapan *define* dan *measure* yang telah dilakukan pada bagian pendahuluan, berikut merupakan tahapan *analyze* dan *improve* dalam melakukan perancangan usulan perbaikan.

4.2.1. Rancangan Usulan Pembuatan *Check Sheet* Pengecekan Kondisi Komponen-Komponen *Bending System*



Gambar 4. Diagram Sebab Akibat Kondisi Komponen *Bending System* Tidak Beroperasi dengan Baik

Berdasarkan diagram *fishbone* pada gambar 4, bahwa permasalahan yang terjadi yaitu kondisi dari beberapa komponen-komponen *bending system* tidak beroperasi dengan baik. Faktor *machine* dari *setting* nilai *bending system* yang tidak sesuai dikarenakan tidak adanya ketentuan jadwal pengecekan komponen-komponen tersebut. Sehingga mengakibatkan tidak ada data atau catatan historis dari nilai *bending system* yang telah digunakan sebelumnya.

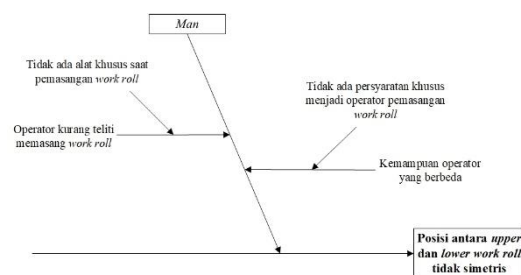
Maka diberikan rancangan usulan pembuatan *Check Sheet* yang bertujuan untuk mengontrol pengecekan komponen-komponen *bending system* ketika proses reduksi ketebalan berjalan. Ketika terdapat salah satu komponen yang tidak beroperasi sesuai parameter, maka dapat menyebabkan motor penggerak tidak optimal dalam melakukan proses reduksi ketebalan sehingga menyebabkan kesalahan kerja pada *upper* dan *lower work roll*.

CHECK SHEET PENGONTROLAN BENDING SYSTEM			PT XYZ	
Tanggal Pemeriksaan :				
Waktu Pemeriksaan :				
Nama Operator :				
Petunjuk Pengisian:				
1. Isi terlebih dahulu tanggal dan waktu pemeriksaan.				
2. Cantumkan nama operator pemegang jarak.				
3. Berikan tanda centang mengenai kondisi (baik atau tidak) pada setiap komponen yang diperiksa sesuai urutan.				
4. Berikan keterangan mengenai kondisi setiap komponen.				
5. Berikan parafr operator yang mengerjakan pemeriksaan sebagai bentuk pertanggungjawaban.				
No.	Komponen	Kondisi		Keterangan
		Baik	Tidak	
1	Pompa (tidak ada kebocoran)			
2	Filter (Perawatan sesuai jadwal)			
3	Directional Control Valve (Arah aliran benar dan Kondisi Katup tertutup rapat)			
4	Servo Valve (Tahanan tidak kurang 190-210 Ohm)			
5	Pressure Transducer (Efisiensi > 90%)			
6	Seal Plunger (perawatan sesuai jadwal)			
7	Piping Sistem (Setiap indikator pada panel berwarna hijau)			
Mengetahui Operator:				
(Nama Operator)				

Gambar 5. *Check Sheet* Pengontrolan *Bending System*

Untuk mengurangi penyebab kesalahan kerja *work roll* mesin reduksi ketebalan adalah dengan memberikan rancangan usulan perbaikan pembuatan lembaran *check sheet*. Kelebihan dari adanya pembuatan *check sheet* membantu operator dalam mengontrol *bending system*. Sehingga, diharapkan kesalahan kerja faktor komponen pendukung mesin dapat dicegah. Mempermudah operator dalam melakukan pengecekan komponen-komponen *bending system* dan dapat dijadikan sebagai bukti laporan historis aktivitas pengecekan komponen-komponen *bending system*. Namun dalam menjalankannya perlu adanya pengingat terhadap operator agar melakukan pengisian *checksheet*.

4.2.2. Rancangan Usulan Pengadaan Alat Ukur Ketebalan

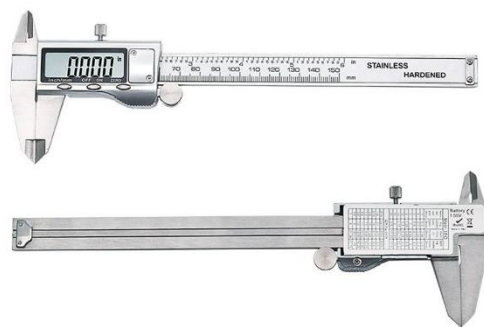


Gambar 6. Diagram Sebab Akibat Posisi antara *Upper* dan *Lower Work Roll* Tidak Simetris

Berdasarkan diagram *fishbone* pada gambar 6, bahwa permasalahan yang terjadi yaitu

posisi antara *upper* dan *lower work roll* tidak simetris ketika melakukan reduksi. Faktor *man* dari operator yang tidak teliti saat memasang *work roll* dikarenakan tidak adanya alat khusus untuk mengukur tingkat simetris saat pemasangan *work roll*. Pemasangan hanya dibantu dengan *hoist crane* saat pengangkatan. Lalu, kemampuan operator yang berbeda dikarenakan tidak ada persyaratan khusus menjadi operator pemasangan *work roll*. Namun, yang akan diberikan rancangan usulan adalah faktor kurang telitinya operator saat pemasangan *work roll*. Sehingga hasil dari proses reduksi ketebalan mengakibatkan bentuk tepi *coil* yang tidak rata dan menimbulkan *defect*.

Maka diberikan rancangan usulan pengadaan *alat ukur* jarak *upper* dan *lower work roll* (ketebalan lembaran *coil*) yang bertujuan untuk memposisikan *upper* dan *lower work roll* agar simetris ketika proses reduksi ketebalan berjalan. Sehingga tidak menyebabkan adanya bentuk gelombang memanjang di tepi lembaran *coil*.



Gambar 7. Jangka Sorong Digital

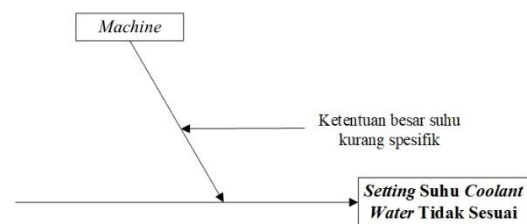
Tabel 6. Spesifikasi Jangka Sorong Digital

No	Deskripsi
1	Material <i>stainless steel</i>
2	Berat: 259 gram
3	Range: 0-150 mm
4	Satuan mm atau inches
5	Resolusi: 0,01 mm
6	Akurasi: 0,01 mm
7	Harga: Rp 270.000,00
8	Sumber: https://www.tokopedia.com/gnshop1/jangka-sorong-model-caliper-digital-bahan-baja-untuk-

mengukur?trkid=f=Ca0000L000P0W0S0Sh,Co0Po0Fr0Cb0_src=search_page=1_ob=23_q=jangka+sorong+digital+baja_po=1_catid=4282<=/searchproduct%20-%20p1%20-%20product

Jangka sorong digital ini akan digunakan untuk mengukur jarak antara *upper work roll* dan *lower work roll* yang akan dipasang pada mesin *Tandem Cold Mill* (reduksi ketebalan). Jangka sorong digital akan mengukur jarak dan menampilkan hasil angka melalui layar LCD secara otomatis. Sehingga akan membuat posisi dari *work roll* menjadi simetris. Namun dalam melakukan pengadaan alat bantu ini memerlukan biaya, tempat penyimpanan, dan perawatan yang rutin agar tidak mudah rusak atau hilang.

4.2.3. Rancangan Usulan Pengoptimalan Besar Suhu *Coolant Water*



Gambar 8. Diagram Sebab Akibat *Setting Suhu Coolant Water* Tidak Sesuai

Berdasarkan diagram *fishbone* pada gambar 8, bahwa permasalahan yang terjadi yaitu *setting* suhu *coolant water* yang tidak sesuai. Faktor *machine* dari ketentuan besar suhu *coolant water* yang kurang spesifik. Range dari besar suhu *eksisting* yang digunakan adalah 40°-50° C. Namun, dalam pelaksanaannya masih terdapat *defect* yang terjadi. Sehingga perlu dilakukan perhitungan agar mendapatkan nilai suhu optimal dan *range* yang lebih spesifik. Maka diberikan rancangan usulan pengoptimalan besah suhu *coolant water* yang bertujuan untuk memperoleh *range* nilai suhu yang lebih spesifik menggunakan analisis regresi dan estimasi parameter.

1. Analisis Regresi
Variabel yang digunakan dalam teknik analisis regresi adalah besar suhu *coolant water* yang digunakan saat proses

berlangsung di setiap periodenya. Dengan persamaan :

$$y = a + bx$$

Diperoleh besar suhu *coolant water* di setiap *stand*.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Analisis Regresi

	Stand 1	Stand 2	Stand 3	Stand 4	Stand 5
a	-192,947	-217,73	-309,441	-252,307	-235,898
b	5,303	5,844	7,786	6,491	6,133
x	45,562	45,594	46	46,375	46,406
≈	46 °C	46 °C	46 °C	46 °C	46 °C

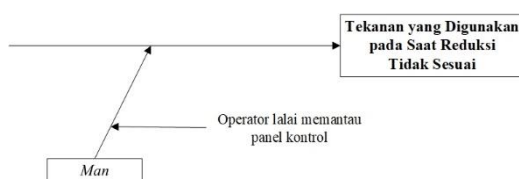
2. Estimasi Parameter

Nilai rata-rata dari 32 sampel suhu *coolant water* yang digunakan adalah 45,56 °C dan dibulatkan menjadi 46 °C. Lalu, dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$x - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < x + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Didapatkan 44° C s.d. 48° C untuk setiap *stand*. Kelebihan dari usulan ini adalah mempermudah operator dalam melakukan *setting* suhu tanpa harus mengira-ngira. Namun, dalam pelaksanaannya membutuhkan pengarah dan pemantauan agar besar suhu yang digunakan tetap stabil.

4.2.4. Rancangan Usulan Alarm Penanda Perubahan Besar Tekanan Reduksi

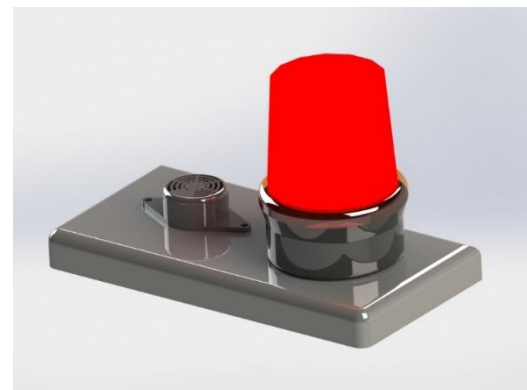


Gambar 9. Diagram Sebab Akibat Tekanan yang Digunakan pada Saat Reduksi Tidak Sesuai

Berdasarkan diagram *fishbone* pada gambar 9, bahwa permasalahan yang terjadi yaitu tekanan yang digunakan saat proses reduksi tidak sesuai. Faktor *man* dari operator yang lalai memantau panel kontrol. Kelalaian tersebut dikarenakan salah satunya

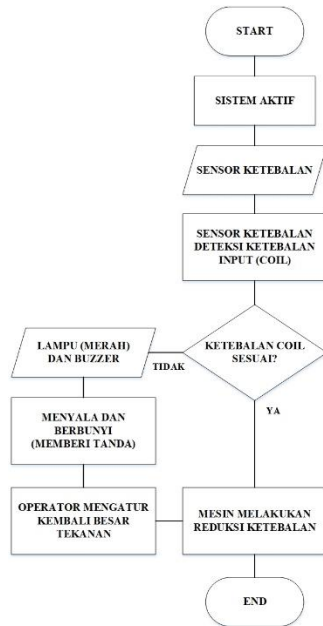
pekerjaan operator yang banyak. Sehingga ketika *input coil* yang akan direduksi ketebalannya berbeda, maka akan mengakibatkan perbedaan hasil *output* dan operator tidak mengetahuinya. *Input* ketebalan *coil* saat proses reduksi bervariasi. Sehingga besar tekanan yang digunakan harus sesuai.

Maka diberikan rancangan usulan desain *alarm* penanda perubahan besar tekanan reduksi yang bertujuan untuk memberitahu operator ketika terjadi perubahan *input* ketebalan lembaran *coil*, sehingga besar tekanan yang diberikan akan disesuaikan.



Gambar 10. Alarm Penanda Perubahan Tekanan Reduksi

Dengan adanya *alarm* penanda perubahan tekanan reduksi, maka operator akan tahu ketika terdapat *input* ketebalan *coil* yang berbeda. Berikut merupakan cara kerja dari *alarm* penanda perubahan tekanan reduksi, seperti pada gambar 11.



Gambar 11. Flowchart Usulan Alarm

Tabel 8. Identifikasi Komponen Ladder Diagram

Alamat	Nama	Fungsi	Tipe	Ket.
0.01	Sensor Ketebalan	Mendeteksi ketebalan <i>input</i> coil	<i>Input</i>	NO
100.1	Lampu	Memberi tanda dengan cahaya lampu	<i>Output</i>	NO
100.2	Buzzer	Memberi tanda dengan suara	<i>Output</i>	NO

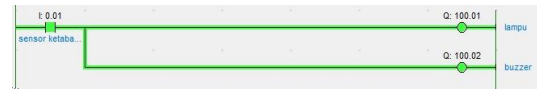
Pada tabel 8, diketahui komponen-komponen *input* dan *output* pada *ladder diagram alarm*. Terdapat sensor ketebalan sebagai *input* untuk nantinya dikeluarkan menjadi *output* melalui lampu dan *buzzer*.



Gambar 12. Ladder Diagram Usulan



Gambar 13. Simulasi Ladder Diagram Kondisi Standar (Belum Terjadi Perubahan)



Gambar 14. Simulasi Ladder Diagram Kondisi Saat Terjadi Perubahan Ketebalan

Berdasarkan gambar 12, 13, dan 14, ketika *input* ketebalan coil tidak mengalami perubahan maka sensor tidak menyala dan proses tetap berjalan. Namun, ketika *input* ketebalan coil mengalami perubahan, maka sensor akan mendeteksi dan memberikan alarm penanda. Operator akan tahu dan segera menuju panel control untuk merubah besar tekanan reduksi. Operator hanya perlu diberikan arahan khusus sebelum proses tersebut dimulai agar paham dan tidak salah komunikasi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa:

1. *Defect* yang terjadi pada setiap tahapan diakibatkan oleh proses yang belum berjalan dengan baik dan tidak memenuhi *process requirement* pada setiap tahapan proses, khususnya pada proses *Tandem Cold Milling*. Permasalahan tersebut meliputi: kondisi dari beberapa komponen *bending system* yang tidak beroperasi dengan baik, posisi antara *upper* dan *lower work roll* yang tidak simetris, *setting* besar suhu *coolant water* yang tidak sesuai, dan besar tekanan reduksi ketebalan yang tidak sesuai.
2. Hasil rancangan usulan perbaikan tersebut meliputi: *check sheet* pengontrolan *bending system*, pengadaan alat ukur ketebalan, pengoptimalan besar suhu *coolant water*, dan alarm penanda perubahan besar tekanan reduksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Antony, J., Vinodh, S., & U, E. G. (2016). *Lean Six Sigma For Small and Medium Sized Enterprises. For Dummies*. <https://doi.org/10.1201/b20441>
- Ely. (2021). *Penataan Produk*.
- Bluman, A. G. (2014). *Elementary Statistics: A Step-By-Step Approach*. McGraw-Hill Education.
- Franchetti, & Matthew, J. (2015). *Lean Six Sigma for Engineers and Managers*.
- Gao, S., & Low, S. P. (2014). *Construction Management*.
- Jones, E. C. (2014). *for Organizations Using Lean Six Sigma Techniques*.
- Mitra, A. (2016). *Fundamentals of Quality Control and Improvement*.
- Suresh, P. (2016). *Global Quality Management System*.
- Zhan, W., & Ding, X. (2016). *COLLECTION and Statistical Tools for Engineers and Engineering*.