



# Optimasi Kualitas Proses Bending untuk Mengurangi Deformasi Produk Menggunakan Metode *Seven Tools* dan PDCA di Industri Manufaktur

Sapto Yuli Nugroho<sup>1✉</sup>, Muklisin<sup>1</sup>, Rudy Effendy Listyanto<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa, Cikarang, Bekasi, Indonesia  
DOI: 10.31004/jutin.v9i2.55075

✉ Corresponding author:  
[saptoyulinugroho.sn@gmail.com]

Article Info	Abstrak
<p><b>Kata kunci:</b> Optimasi; Proses Bending; Deformasi Pipa; PDCA; <i>Seven Tools</i>; Pengendalian Kualitas.</p>	<p>Industri manufaktur, khususnya pada proses bending pipa untuk komponen AC, sering menghadapi permasalahan kualitas berupa cacat <i>deform</i> gepeng dan <i>wrinkle</i> yang dapat menurunkan fungsi dan kekuatan produk. Berdasarkan data awal, tingkat cacat mencapai 8,2%, melebihi target perusahaan <math>\leq 3\%</math>. Penelitian ini bertujuan menurunkan cacat tersebut melalui penerapan metode <i>PDCA</i> yang didukung <i>Seven Quality Control Tools</i>. Data dikumpulkan menggunakan <i>Checksheet</i> selama Januari–Maret terhadap 18.000 unit produksi dan dianalisis dengan <i>histogram</i>, <i>diagram Pareto</i>, serta <i>fishbone</i> untuk menentukan cacat dominan dan akar penyebab. Perbaikan dilakukan melalui penyesuaian parameter mesin, <i>modifikasi mandril</i>, penyusunan <i>Work Instruction</i>, penambahan alat ukur, pelumasan, serta pelatihan operator. Hasilnya, cacat <i>deform</i> gepeng menjadi cacat dominan sebesar 77,1%, namun setelah perbaikan jumlah produk NG turun signifikan dari 691 unit menjadi 37 unit atau 0,21%. Proses bending dinyatakan stabil dan terkendali, sehingga penerapan <i>PDCA</i> dan <i>Seven Tools</i> terbukti efektif meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi.</p>
<p><b>Keywords:</b> <i>Pipe Bending Process</i>; <i>Pipe Deformation</i>; PDCA; <i>Seven Tools</i>; <i>Quality Control</i>; <i>Optimization</i></p>	<p><b>Abstract</b></p> <p><i>The pipe bending process in the manufacturing industry, particularly for air conditioner (AC) components, often faces quality problems in the form of flattening (ovalization) and wrinkle defects, which can reduce product functionality and strength. Initial data show that the defect rate reached 8.2%, exceeding the company's target of <math>\leq 3\%</math>. This study aims to reduce these defects by applying the PDCA (Plan–Do–Check–Action) method supported by the Seven Quality Control Tools. Data were collected from 18,000 production units during the January–March period using check sheets and analyzed using histograms, Pareto diagrams, and fishbone diagrams to identify dominant defects and their root causes. Improvement</i></p>

*actions included adjusting bending machine parameters, modifying the mandrel design, developing and implementing Work Instructions, adding measuring tools, applying lubrication, and providing operator training. The results show a significant reduction in nonconforming products from 691 units to 37 units, equivalent to 0.21% of total production, with the bending process operating in a stable and statistically controlled condition. Thus, the integration of PDCA and the Seven Quality Control Tools is proven to be effective in improving quality and production efficiency.*

## 1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur merupakan salah satu sektor strategis yang memiliki peranan penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi dan perkembangan teknologi di berbagai negara, termasuk Indonesia (V., Trianda et al., 2026). Dalam proses produksi komponen logam, salah satu tahapan yang banyak digunakan adalah proses bending atau pembengkokan. Proses ini berfungsi untuk membentuk pipa atau lembaran logam menjadi bentuk tertentu sesuai dengan desain produk, sehingga banyak diterapkan pada industri otomotif, permesinan, alat rumah tangga, sistem perpipaan, dan konstruksi bangunan. Meskipun proses bending memiliki peran yang krusial, dalam praktiknya sering terjadi berbagai permasalahan kualitas produk yang disebabkan oleh deformasi selama proses pembengkokan. Jenis cacat yang umum muncul antara lain *deformasi gepeng (flattening/ovalization)* dan *wrinkle (kerutan)*, Cacat ini berdampak langsung terhadap fungsi, kekuatan, dan tampilan produk, sehingga dapat menyebabkan peningkatan *reject rate* sebesar 401 pcs dengan standar maksimal NG 10 pcs/hari maka hal ini perlu dilakukan perbaikan pada proses bending, *deformasi gepeng (flattening atau ovalization)*, yaitu perubahan bentuk penampang pipa yang semula bulat menjadi gepeng setelah melalui proses pembengkokan. Kondisi ini menyebabkan penyimpangan pada dimensi aktual terhadap standar yang ditetapkan. Selain itu, muncul pula cacat *wrinkle* (kerutan) pada bagian dalam lengkungan hasil bending, yang dapat diamati secara visual sebagai lipatan-lipatan kecil pada permukaan, sehingga berpotensi menurunkan kekuatan penurunan produktivitas, serta peningkatan biaya produksi akibat proses perbaikan (*rework*).

Permasalahan *deformasi* pada proses bending sering kali muncul akibat kombinasi faktor seperti ketidaktepatan parameter proses (kecepatan bending, tekanan, sudut tekuk), keausan peralatan, karakteristik *material* yang tidak konsisten, hingga keterampilan operator. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan pengendalian dan perbaikan proses secara sistematis agar cacat dapat diminimalkan dan kualitas produk dapat ditingkatkan (N. B. Putra et al., 2025).

Salah satu metode yang efektif digunakan dalam pengendalian kualitas di industri manufaktur adalah *PDCA (Plan-Do-Check-Action)*. Metode *PDCA* merupakan siklus perbaikan berkelanjutan yang dikembangkan oleh *W. Edwards Deming* dan berfungsi sebagai kerangka kerja sistematis untuk merencanakan perbaikan, melakukan tindakan, mengevaluasi hasil, serta melakukan standarisasi terhadap perbaikan yang berhasil. Dengan pendekatan ini, proses yang bermasalah dapat diidentifikasi akar penyebabnya, diperbaiki secara bertahap, dan dikendalikan agar stabil (Khaerudin & Rahmatullah, 2020).

Selain *PDCA*, penerapan *Seven Quality Control Tools (Seven Tools)* juga sangat penting dalam mendukung proses perbaikan. (Kurniawan and Azwir 2019) Tujuh alat ini terdiri dari *check sheet, histogram, Pareto chart, cause and effect diagram (fishbone), scatter diagram, control chart, dan flow chart*. Penggunaan *Seven Tools* memungkinkan perusahaan untuk menganalisis data secara kuantitatif, mengidentifikasi penyebab utama cacat, serta memantau efektivitas tindakan perbaikan dengan lebih objektif dan terukur (H. Putra et al., n.d.).

Dengan mengintegrasikan metode *PDCA* dan *Seven Tools*, proses bending dapat dioptimalkan secara menyeluruh melalui identifikasi penyebab cacat (Wiranata, 2025), perbaikan parameter proses, serta standarisasi langkah kerja yang efektif. Pendekatan ini tidak hanya membantu menurunkan tingkat cacat deformasi pada produk, tetapi juga meningkatkan efisiensi proses, *produktivitas*, dan kepuasan pelanggan. Maka dari itu perlu adanya Optimasi Kualitas Pada Proses Bending untuk Mengurangi Deformasi Produk Menggunakan Metode *PDCA* dan *Seven Tools* di Industri Manufaktur.

## 2. METODE

### Teknik Pengumpulan Data

Agar data yang diperoleh valid, akurat, dan *relevan* dengan permasalahan deformasi pada proses bending, maka digunakan beberapa teknik pengumpulan data berikut:

#### 1. Observasi Langsung

Observasi dilakukan di area produksi pada proses bending untuk:

- Mengamati jalannya proses pembentukan logam secara langsung,
- Mengidentifikasi potensi penyebab cacat seperti posisi benda kerja, kecepatan mesin, tekanan bending, serta kondisi tooling,
- Mencatat jumlah produk cacat (*NG*) dan produk sesuai standar (*OK*) dalam periode tertentu,
- Menilai kesesuaian pelaksanaan proses dengan *SOP* yang berlaku.

Teknik ini memungkinkan peneliti memperoleh data aktual dan gambaran kondisi lapangan secara *objektif*.

#### 2. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada personel yang terlibat dalam proses bending, antara lain: *operator mesin, teknisi maintenance, quality inspector, dan pimpinan di lapangan* produksi. Tujuannya adalah untuk:

- Menggali informasi tentang permasalahan yang sering muncul dalam proses,
- Mengetahui faktor penyebab cacat dari sudut pandang pelaksana di lapangan,
- Mendapatkan masukan terkait usulan perbaikan proses dan kondisi kerja.

#### 3. Pencatatan dan Pengumpulan data Produksi

Data kuantitatif dikumpulkan dari dokumen dan laporan produksi seperti:

- Jumlah *output* harian dan mingguan,
- Jumlah cacat produk berdasarkan jenis cacat (*, flattening, wrinkle*),
- Parameter tekanan dan radius bending.

Data ini menjadi dasar untuk membuat *check sheet, histogram, dan diagram Pareto sebagai bagian dari Seven Tools*.

### Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Dalam penelitian ini, pengolahan dan analisis data dilakukan secara sistematis untuk mengidentifikasi penyebab cacat, menentukan prioritas perbaikan, serta mengevaluasi efektivitas solusi yang diterapkan. Pendekatan yang digunakan mengacu pada metode *Seven Quality Control Tools da PDCA (Plan-Do-Check-Action)*

#### 1. Pengolahan Data

##### a. Pengumpulan & Pengelompokan Data

Data hasil observasi, wawancara, dan pengukuran diklasifikasikan berdasarkan:

- Jenis cacat (*deform gepeng, wrinkle*)
- Jumlah cacat dan total *output*
- Parameter proses (tekanan bending, *radius punch*, kecepatan bending, jenis *material*)

##### b. Pembuatan *Check Sheet*.

*Check sheet* digunakan sebagai alat awal untuk mencatat dan mengelompokkan data cacat secara terstruktur. Hal ini memudahkan identifikasi tren atau pola cacat dalam periode tertentu.

##### c. Pembuatan *Histogram dan Diagram Pareto*

- *Histogram* digunakan untuk menggambarkan frekuensi kemunculan jenis cacat,

- *Diagram Pareto* digunakan untuk menentukan jenis cacat dominan yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total cacat (prinsip 80/20).
- d. *Fishbone Diagram (Diagram Sebab Akibat)*  
*Fishbone* digunakan untuk menganalisis akar penyebab masalah berdasarkan kategori *4M+E (Man, Machine, , Method, Material, Environment)*.
- *Scatter diagram* digunakan untuk melihat hubungan antara parameter proses dan tingkat cacat,
  - *Control chart* digunakan untuk memantau stabilitas proses dan memastikan perbaikan yang dilakukan mampu menjaga proses tetap terkendali.

### 3.7. Analisis Data Menggunakan PDCA (*Plan-Do-Check-Action*)

*Plan* (Perencanaan)

1. Mengidentifikasi masalah utama berdasarkan hasil *Pareto dan Fishbone*,
2. Menentukan target perbaikan misalnya mengurangi cacat *dent dan deform gepeng hingga 50%bahakan lebih*
3. Menyusun rencana perbaikan parameter proses dan metode kerja.

*Do* (Pelaksanaan)

1. Menerapkan perbaikan sesuai rencana, seperti penyesuaian tekanan bending, perawatan *tooling*, atau standarisasi posisi benda kerja,
2. Melakukan pelatihan ulang kepada operator.

*Check* (Pemeriksaan)

1. Mengevaluasi hasil penerapan perbaikan dengan mengukur jumlah cacat sesudah perbaikan,
2. Membandingkan data sebelum dan sesudah tindakan untuk mengetahui efektivitas perbaikan.

*Action* (Tindakan Standarisasi)

1. Menetapkan SOP baru atau memperbarui SOP lama berdasarkan hasil perbaikan,
2. Membangun sistem monitoring berkelanjutan agar cacat tidak terulang kembali.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN


### 3.1 Pengumpulan Data

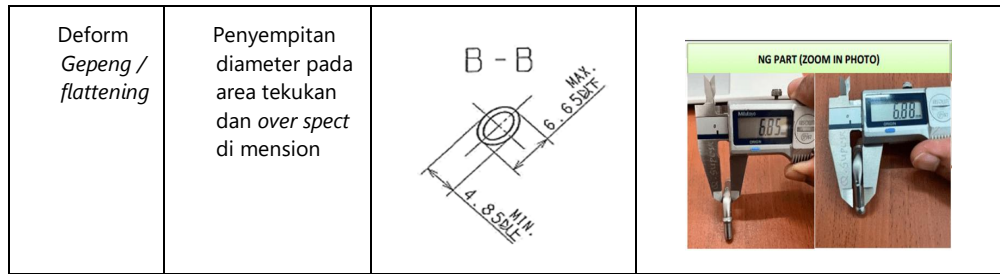
Dalam penelitian kualitas dengan pendekatan PDCA, peneliti mengumpulkan data sebagai dasar perencanaan perbaikan proses. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung di lapangan, wawancara dengan pihak terkait, penyebaran *kuesioner*, serta studi pustaka. Metode tersebut digunakan untuk memperoleh data yang sesuai dengan kondisi nyata proses produksi. Data yang diperoleh kemudian dipastikan keakuratan dan konsistensinya agar dapat digunakan secara efektif dalam analisis masalah dan penentuan tindakan perbaikan pada siklus PDCA

### 3.2 Tahap *PLAN* (Perencanaan).

Berdasarkan uraian di atas dan diskusi dengan bagian produksi menunjukkan adanya *deformasi* bentuk setelah proses bending, hasil identifikasi problem *NG* :

**Tabel 4.1 Jenis Jenis NG**

Jenis NG	Penjelasan	Standart	Picture
<i>Wrinkle</i>	Kerutan pada sisi dalam radius bending	<i>No dent , No scratch dan No damage Proses Bending</i>	



“Deformasi ini dapat menghambat aliran refrigerant serta menurunkan keandalan pipa AC. Rata-rata tingkat defect bending sebelum perbaikan adalah 8,3% dari total produksi bulanan. Target perusahaan adalah  $\leq 3\%$ .”

**3.2.1 Checksheet Data Produksi**

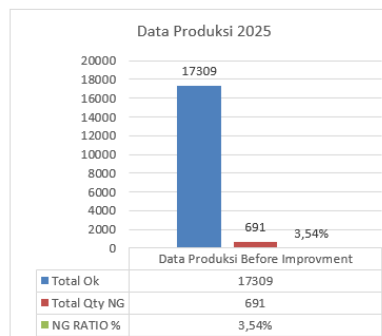
Dalam penelitian ini, *Check Sheet* digunakan sebagai alat untuk mengumpulkan data jumlah produk *Not Good (NG)* berdasarkan jenis cacat yang terjadi selama proses produksi. Pengumpulan data dilakukan secara langsung di area produksi agar data yang diperoleh akurat dan konsisten.

Pencatatan menggunakan *Check Sheet* dilakukan selama tiga bulan periode pengamatan, dengan mencatat jenis cacat yang terjadi, yaitu *Deform Gepeng* dan *Wrinkle*, beserta jumlah kejadian masing-masing cacat. Data dicatat secara rutin selama proses produksi berlangsung.

Penggunaan *Check Sheet* memudahkan proses pengumpulan dan pengelompokan data sejak awal, sehingga data yang diperoleh dapat langsung digunakan untuk analisis lanjutan, seperti *histogram*, *Diagram Pareto*, dan *diagram* sebab-akibat (*fishbone*). Dengan demikian, *Check Sheet* menjadi langkah awal yang penting dalam analisis dan perbaikan kualitas produk pada penelitian ini

**Table 3.1 Data Produksi**

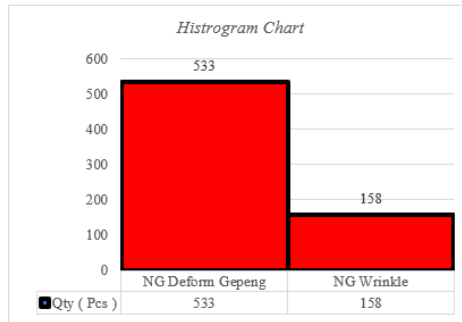
Bulan	Total Produksi	Total Ok	NG Deform Gepeng ( pcs )	NG Wrinkle ( pcs )	Total Deformasi	Persentasi %
Januari	6000	5970	20	10	30	0.50%
Februari	6000	5837	93	70	163	2.72%
Maret	6000	5502	420	78	498	8.30%
Total	18000	17309	533	158	691	13.84%



**Gambar 3.2 Grafik Data Produksi Bulan Januari – Maret 2025**

Tingginya jumlah *defect wrinkle* mengindikasikan adanya permasalahan pada proses pembentukan produk, yang kemungkinan disebabkan oleh ketidaksesuaian parameter proses, kondisi material, maupun kinerja mesin produksi. Sementara itu, *deformasi gepeng* yang juga memiliki frekuensi tinggi menunjukkan adanya ketidakkonsistenan bentuk produk, yang dapat dipengaruhi oleh faktor tekanan, suhu, atau ketidaktepatan pengaturan alat produksi.

**3.2.2 Histogram**

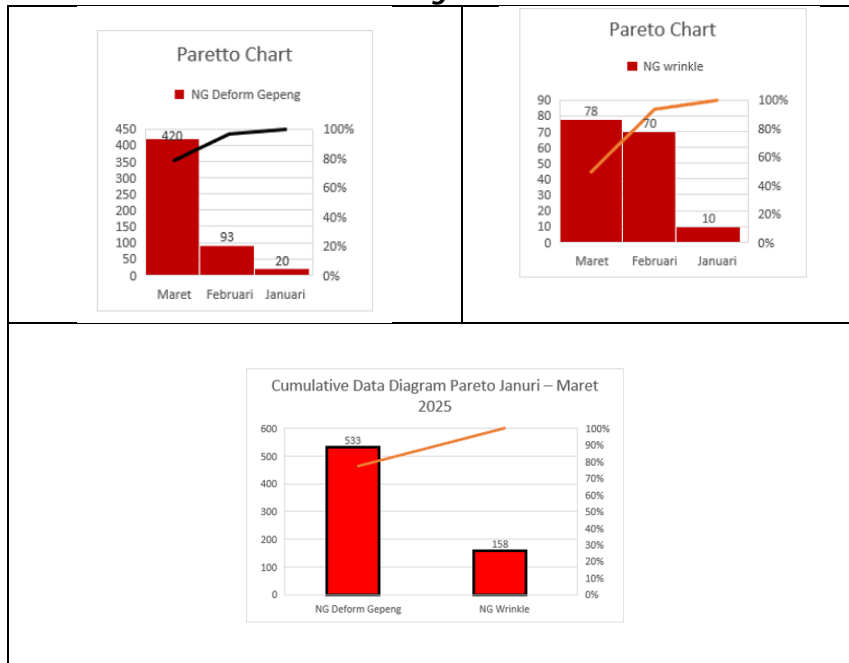


Gambar 3.3 Histogram

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah *NG* dengan jenis cacat *Deform Gepeng* merupakan yang paling dominan, dengan total sebanyak 533 pcs. Sementara itu, jenis cacat *Wrinkle* tercatat sebanyak 158 pcs. Perbedaan jumlah ini menunjukkan bahwa cacat *Deform Gepeng* memiliki kontribusi yang jauh lebih besar terhadap total produk *NG* dibandingkan dengan cacat *Wrinkle*. Dominasi cacat *Deform Gepeng* mengindikasikan adanya permasalahan utama pada proses produksi yang berkaitan dengan perubahan bentuk produk, yang dapat disebabkan oleh faktor tekanan, suhu, atau penanganan material yang kurang optimal. Sebaliknya, cacat *Wrinkle* memiliki frekuensi yang lebih rendah, sehingga dapat dikategorikan sebagai masalah sekunder dalam proses produksi.

3.2.3 Diagram pareto

Tabel 3.4 Diagram Parreto



Berdasarkan hasil pengolahan data yang ditampilkan pada histogram, diketahui bahwa terdapat dua jenis cacat utama, yaitu *NG Deform Gepeng* sebanyak 533 pcs dan *NG Wrinkle* sebanyak 158 pcs, dengan total keseluruhan produk *NG* sebesar 691 pcs. Untuk menentukan prioritas perbaikan kualitas, data tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan *Diagram Pareto*.

Prinsip *Diagram Pareto* menyatakan bahwa sebagian besar masalah kualitas biasanya disebabkan oleh sebagian kecil jenis penyebab (prinsip 80/20).

persentase setiap jenis cacat dihitung menggunakan rumus:

$$Persentase\ Cacat = \frac{Jumlah\ cacat}{Total\ NG} \times 100\%$$

Perhitungan:

$$\text{Deform Gepeng} = \frac{533}{691} \times 100\% = 77,1\%$$

$$\text{NG Wrinkle} = \frac{158}{691} \times 100\% = 22,9\%$$

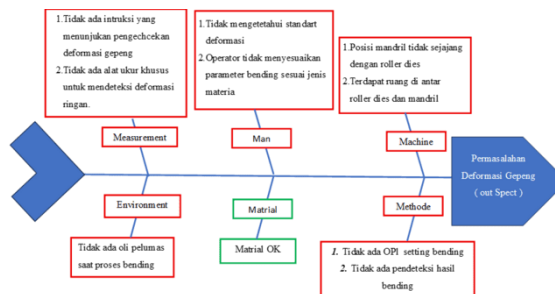
Hasil perhitungan menunjukkan bahwa cacat *Deform Gepeng* menyumbang sekitar 77,1% dari total produk *NG*, sedangkan cacat *Wrinkle* berkontribusi sebesar 22,9%. Dengan persentase yang dominan tersebut, cacat *Deform Gepeng* menjadi prioritas utama dalam upaya pengendalian dan perbaikan kualitas. Penerapan Diagram Pareto ini memperjelas bahwa fokus perbaikan proses produksi sebaiknya diarahkan terlebih dahulu pada faktor-faktor penyebab terjadinya cacat *Deform Gepeng*. Hal ini diharapkan dapat memberikan dampak paling signifikan dalam menurunkan jumlah produk *NG* secara keseluruhan.

**Analisis Lanjutan Penyebab Cacat Dominan**

Setelah diketahui bahwa cacat *Deform Gepeng* merupakan jenis cacat yang paling dominan, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis lanjutan untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya cacat tersebut. Analisis lanjutan dapat dilakukan menggunakan *diagram* sebab-akibat (*fishbone diagram*) dengan mengelompokkan faktor penyebab ke dalam beberapa kategori, seperti manusia (*man*), mesin (*machine*), metode (*method*), material, dan lingkungan (*environment*). Melalui analisis ini, perusahaan dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap terjadinya cacat *Deform Gepeng*, sehingga tindakan perbaikan yang dilakukan menjadi lebih tepat sasaran. Dengan mengombinasikan *histogram*, *Diagram Pareto*, dan analisis sebab-akibat, proses pengendalian kualitas dapat dilakukan secara *sistematis* dan berkelanjutan

**3.2.4 Fishbone Diagram (Ishikawa)**

*Fishbone* digunakan untuk menganalisis akar penyebab masalah berdasarkan kategori *4M+E* (*Man, Machine, Method, Material, Environment*)



**Gambar Fishbone NG Deform Gepeng**

**Deskripsi Permasalahan**

Terjadi *Deform gepeng* pada proses bending yang berdampak pada kualitas produk.

**Analisis Penyebab (Fishbone Analysis)**

a. *Measurement*

- Tidak ada intruksi yang menunjukkan pengecheckan deformasi Gepeng
- Tidak ada alat ukur untuk mendeteksi deformasi gepeng.

b. *Man (Man Power)*

- Tidak mengetahui standart deformasi gepeng.

c. *Machine*

- Posisi mandril tidak sejajar dengan *roller dies*.
- Terdapat celah/ruang di antara *roller dies* dan mandril.

d. *Method*

- Tidak ada *Wi* atau *opl* untuk detting bending

e. *Environment*

- Tidak digunakan oli pelumas saat proses bending berlangsung.

f. *Material*

- Kondisi material dinyatakan OK dan tidak menjadi penyebab masalah.

Kesimpulan Sementara

Permasalahan deformasi gepeng lebih dominan disebabkan oleh faktor mesin, metode, lingkungan, dan pengukuran, bukan dari material



Gambar Fishbone NG Wrinkle

**Deskripsi Permasalahan**

Terjadi *wrinkle* (kerutan) pada proses bending yang berdampak pada kualitas produk.

Analisis Penyebab (*Fishbone Analysis*)

a. *Measurement*

- Pengukuran dimensi hanya dilakukan pada beberapa sampel, tidak pada seluruh produk.

b. *Man (Man Power)*

- Terdapat anggapan bahwa *wrinkle* tidak berpengaruh terhadap fungsi produk di engine, sehingga kurang menjadi perhatian.

c. *Machine*

- Posisi mandril tidak sejajar dengan *roller dies*.
- Terdapat celah/ruang di antara *roller dies* dan mandril.

d. *Method*

- Desain pin mandril tidak memiliki *radius* atau *chamfer*.

e. *Environment*

- Tidak digunakan oli pelumas saat proses bending berlangsung.

f. *Material*

- Kondisi material dinyatakan OK dan tidak menjadi penyebab masalah.

. Kesimpulan Sementara

Permasalahan *wrinkle* lebih dominan disebabkan oleh faktor mesin, metode, lingkungan, dan pengukuran, bukan dari material

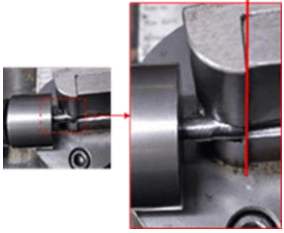

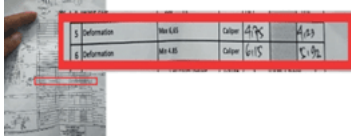

**3.3 Do (Pelaksanaan Perbaikan)**


Pada tahap *Do*, rencana perbaikan yang telah dirumuskan pada tahap sebelumnya diimplementasikan secara langsung dalam proses produksi. Tujuan utama dari tahap ini adalah untuk menguji efektivitas usulan perbaikan dalam kondisi operasional nyata serta memastikan bahwa perubahan yang dilakukan dapat mengurangi terjadinya *defect*, khususnya *wrinkle* dan *ovality*.

Sebagai pendukung keberlanjutan perbaikan, disusun alur proses kerja baru yang dituangkan dalam bentuk *flow chart* pengaturan (*setting*) tools bending. *Flow chart* ini menggambarkan urutan kerja setelah perbaikan dilakukan, mulai dari persiapan mesin hingga proses akhir. Dengan adanya alur proses yang jelas dan

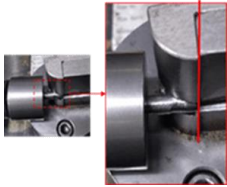
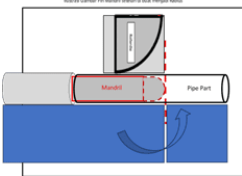


terdokumentasi, pengendalian proses menjadi lebih mudah dilakukan serta memungkinkan proses perbaikan untuk direplikasi secara konsisten di masa mendatang

**Tabel 3.7 Perbaikan *Deform Gepeng***

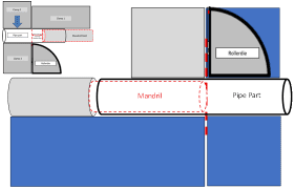
Faktor	Penyebab	Perbaikan / Action	Gambar
<i>Machine</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Posisi <i>mandril</i> tidak sejajar dengan <i>roller dies</i></li> <li>2. Terdapat ruang di antar <i>roller dies</i> dan <i>mandril</i></li> </ol>	<i>Resetting Mandrellbold</i> agar sejajar dengan <i>Rollerdies</i>	
<i>Method</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak ada <i>Q point/ W.I /OPL setting</i> bending</li> <li>2. Part NG deformasi gepeng "<i>Gauge Final dan bending</i>" part NG tidak dapat terdeteksi karena pada area deformasi tidak terkontrol [<i>Free</i>].</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Additional Work Instruction Setting mandrellbold. Tiap Type</i></li> <li>2. <i>Additional Poin check gauge untuk area Deformation</i></li> </ol>	
<i>Material</i>	OK	Ok	OK
<i>Measurement</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak ada intruksi yang menunjukan pengechcekan deformasi gepeng</li> <li>2. Tidak ada alat ukur khusus untuk mendeteksi deformasi bending</li> </ol>	Penambahan <i>point check</i> di <i>IPIS ( Initional Porduk Inspection Sheet )</i> , Penambahan <i>Gonogo</i> di <i>after</i> proses dan <i>PIR ( Part Inspection Result )</i>	
<i>Man</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak mengetahui <i>standart deformasi</i></li> <li>2. Operator tidak menyesuaikan parameter bending sesuai jenis ma-teria dan tidak memahami pengaruh pengaruh deformasi bending pada <i>engine</i></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penambahan <i>point check</i> di Penambahan <i>Gonogo</i> di <i>after proses</i> dan <i>PIR</i></li> <li>2. <i>Re-Training &amp; Sosialisasi</i> terkait terkait teknik setting dies yang benar dan pemahaman dampak ketidakejajaran <i>dies</i> terhadap kualitas produk kepada operator dan <i>sett up</i></li> </ol>	

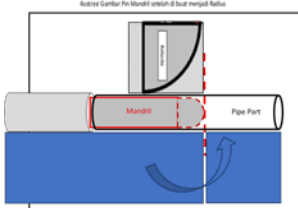
<p><i>Environment</i></p>	<p>Tidak Ada <i>Oiling</i> Saat proses bending</p>	<p>Pemberian <i>oiling</i> saat proses bending pada <i>inner pipe</i> dengan car di celup</p>	
---------------------------	--	---	---

**Tabel 3.8 Perbaikan Problem *Wrinkle***

Faktor	Penyebab	Perbaikan / Action	Picture
<p><i>Machine</i></p>	<p>1. Posisi <i>mandril</i> tidak sejajar dengan <i>roller dies</i> 2. Terdapat ruang di antar <i>roller dies</i> dan <i>mandril</i></p>	<p><i>Resetting Mandrellbold</i> agar sejajar dengan <i>Rollerdies</i></p>	
<p><i>Method</i></p>	<p>Desain pin <i>mandril</i> tidak ada radius atau chemper</p>	<p><i>Modif ujung Mandril</i> di buat menjadi <i>chemper</i></p>	
<p><i>Man</i></p>	<p>Anggapan <i>man power wrinkle</i> tidak berpengaruh pada fungsi di <i>engine</i></p>	<p><i>Re-Training &amp; Sosialisasi</i> terkait terkait part Ok dan <i>NG</i></p>	
<p><i>Matrial</i></p>	<p>Ok</p>	<p>Ok</p>	<p>ok</p>
<p><i>Environment</i></p>	<p>Tidak Ada <i>Oiling</i> Saat proses bending</p>	<p>Pemberian <i>oiling</i> saat proses bending pada <i>inner pipe</i> dengan car di celup</p>	

**Table 4.0 *Before dan After Improvement Proses***

Before	After	Efek	Gambaran Ilustrasi
<p>Banyaknya Part terjadi <i>NG</i> Deformasi gepeng Akibat dari Posisi <i>mandril</i> tidak sejajar dengan <i>roller dies</i></p>	<p>Setting <i>Mandril</i> Sejajar dengan <i>roller dies</i></p>	<p>Tidak ada ruang kosong sehingga saat bending diameter kelengkungan stabil karena adanya pin <i>mandril</i></p>	

<p>Part Wrinkle Akibat Desain pin mandril tidak ada radius atau chemper Sehingga Saat Bending menjadi wrinkle</p>	<p>Pin Roller dies di buat menjadi chemper</p>	<p>saat proses bending fungsi chemper Pin roller dies untuk menghindari wrinkle</p>	
---	--	---	---

Banyaknya part yang mengalami NG deformasi gepeng dan wrinkle disebabkan oleh posisi mandril yang tidak sejajar dengan roller dies serta pin mandril yang tidak memiliki chamfer sehingga menyebabkan wrinkle

### 3.4 Tahap Check (Pemeriksaan)

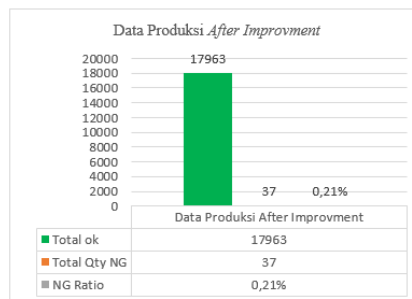
Tahap *Check* (Pemeriksaan) dalam siklus PDCA berfungsi untuk mengevaluasi keberhasilan tindakan perbaikan yang telah diterapkan pada proses produksi. Dalam penelitian ini, evaluasi dilakukan dengan membandingkan kondisi proses bending sebelum dan sesudah tindakan korektif. Penilaian efektivitas perbaikan dianalisis menggunakan *Seven Quality Control Tools*, meliputi *check sheet data produksi*, *histogram*, *diagram Pareto*, *diagram pencar (scatter diagram)*, dan *peta kendali (control chart)*, guna mengetahui perubahan tingkat cacat serta kestabilan proses secara objektif.

#### 3.4.1 Pengumpulan dan Analisis Data Baru

Setelah tahap *Do*, dilakukan pengumpulan data produksi menggunakan *check sheet* data Produksi terbaru untuk mencatat jumlah dan jenis cacat pada proses bending. Pencatatan yang sistematis memudahkan analisis hasil, yang menunjukkan terjadinya penurunan produk cacat dibandingkan sebelum perbaikan. Temuan ini menegaskan bahwa tindakan korektif yang diterapkan berdampak positif terhadap peningkatan kualitas proses bending.

**Tabel Data Produksi After Improvement**

Bulan	Total Produksi	Total Ok	NG Deform Gepeng ( pcs )	NG Wrinkle ( pcs )	Total Qty NG	NG Ratio %
April	6000	5987	7	6	13	0.22%
Mei	6000	5988	6	6	12	0.20%
Juni	6000	5988	6	6	12	0.20%
Total	18000	17963	19	18	37	0.21%

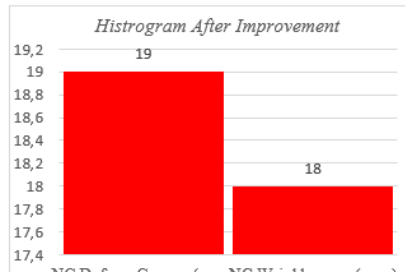


**Gambar Grafik Data Produksi After Improvement**

Berdasarkan data produksi periode April hingga Juni, total produksi tercatat sebanyak 18.000 pcs, dengan jumlah produk OK sebanyak 17.963 pcs (99,79%) dan total NG sebanyak 37 pcs (0,21%). Jumlah NG masih ada namun mengalami perubahan yang signifikan

### 3.4.2 Evaluasi Frekuensi Cacat Menggunakan Histogram dan Pareto Chart

#### 3.4.2.1 Histogram

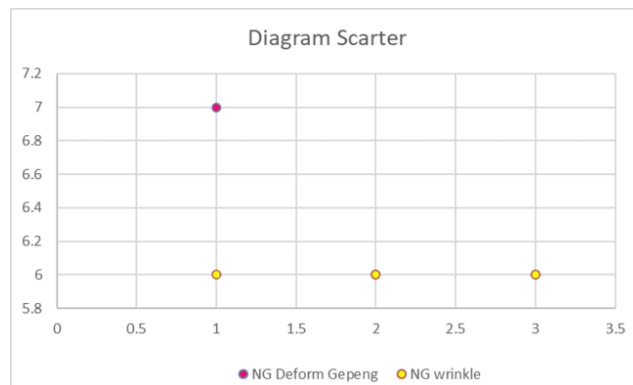


Gambar 4.11 Histogram NG after Improvement

Berdasarkan Tabel Pareto NG setelah perbaikan, tercatat jumlah cacat *deform* gepeng sebesar 19 pcs dan *wrinkle* sebesar 18 pcs . *Diagram Pareto* kembali digunakan untuk mengidentifikasi jenis cacat yang paling dominan pasca *implementasi* perbaikan. Mengacu pada prinsip Pareto 80/20, analisis menunjukkan bahwa terjadi perubahan prioritas cacat serta penurunan total jumlah cacat secara keseluruhan. Hasil ini membuktikan bahwa tindakan perbaikan yang diterapkan efektif dalam menekan cacat utama pada proses bending dan meningkatkan kualitas hasil produksi.

### 3.4.3 Analisis Hubungan Parameter Proses dan Cacat dengan Scatter Diagram

Analisis *scatter diagram* digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara parameter proses bending dan jumlah cacat. Hasil menunjukkan adanya korelasi antara pengaturan tekanan bending dan munculnya cacat *wrinkle*, di mana penggunaan tekanan yang sesuai dengan karakteristik material cenderung menurunkan jumlah cacat. Temuan ini menegaskan bahwa pengendalian parameter proses berperan penting dalam meningkatkan kualitas hasil bending

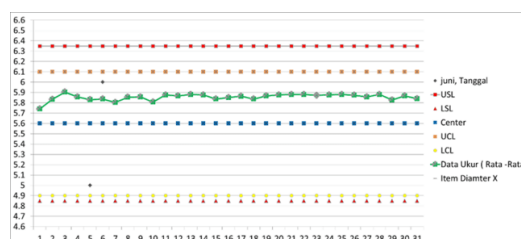


Gambar scater Diagram

NG Wrinkle terjadi lebih sering (3 kali pengamatan) dan nilainya konsisten di sekitar 6.

- NG Deform Gepeng hanya terjadi sekali, namun dengan nilai lebih tinggi (sekitar 7) dibanding NG Wrinkle.
- Tidak terlihat tren naik/turun yang jelas karena jumlah data sedikit, tetapi di gram ini membantu membandingkan frekuensi dan nilai antar jenis NG.
- Legenda: membedakan jenis NG yang ditampilkan (*Deform Gepeng vs Wrinkle*)

### 3.5 Pemantauan Stabilitas Proses dengan Control Chart



Gambar Control Chart Sudut X Dan Y Bulan Juni

Selanjutnya, *Control Chart* (peta kendali) digunakan untuk memantau kestabilan proses setelah penerapan perbaikan. Peta kendali membantu mengidentifikasi apakah variasi yang terjadi masih berada dalam batas kendali statistik atau menunjukkan tanda-tanda ketidakterkendalian proses. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sebagian besar titik data berada dalam batas kendali atas (*UCL*) dan batas kendali bawah (*LCL*). Hal ini menandakan bahwa proses produksi sudah stabil dan tidak terdapat penyimpangan signifikan. Stabilitas ini merupakan indikasi bahwa perbaikan yang diterapkan telah berhasil meningkatkan konsistensi proses bending.

### 3.4.5 Check (Pemeriksaan Hasil)

Evaluasi setelah implementasi SOP dan parameter baru:

Perbaikan menghasilkan penurunan *defect* yang signifikan yaitu

**Tabel Data NG Produksi**

Jenis NG	Sebelum	Sesudah	Selisih
<i>Defect Gepeng</i>	533	19	514
<i>Wrinkle</i>	158	18	140

**Tabel Summary selama 6 bulan penelitian**

Keterangan	<i>Before Improvment</i>	<i>After Improvment</i>
Total QTY produksi	18.000	18.000
Total produksi OK	17.309	17.963
Total produksi NG	691	37
Persentasi	3.21 %	0.21 %

Perbaikan menghasilkan penurunan *defect* yang signifikan dan mencapai target perusahaan  $\leq 3\%$ .

### 3.5 Tahap Action (Tindakan Standarisasi & Perbaikan Lanjutan)

#### 3.5.1 Action (Standardisasi dan Sustain)

Untuk menjamin keberlanjutan perbaikan, langkah yang dilakukan:

- *SOP dan Work Instruction* dipasang di area mesin
- Metode setting disosialisasikan pada seluruh shift
- Audit kualitas setiap awal shift Hasil pemantauan selama 3 bulan menunjukkan konsistensi kualitas dengan tingkat *defect* rata-rata 3%.

#### 3.5.2 Pembahasan

Implementasi *PDCA dan Seven Tools* terbukti efektif untuk memecahkan masalah deformasi pada proses bending pipa AC. Pendekatan ini:

- Mampu mengidentifikasi akar masalah secara sistematis
- Menghasilkan SOP dan parameter proses yang terstandar
- Meningkatkan pengetahuan operator melalui pelatihan
- Memberikan peningkatan kualitas produk dan efisiensi produksi

Dengan demikian, optimasi proses bending memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kualitas produk dan kepuasan pelanggan

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis kualitas pada proses bending pipa AC yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Permasalahan utama kualitas pada proses bending adalah terjadinya cacat *Deform Gepeng (flattening)* dan *Wrinkle*. Kedua cacat ini berpotensi menghambat aliran refrigerant dan menurunkan keandalan fungsi pipa AC. Data awal menunjukkan tingkat *defect* rata-rata sebesar 8,2%, yang masih jauh di atas target perusahaan yaitu  $\leq 3\%$ .
2. Hasil pengumpulan data menggunakan *Check Sheet* selama periode Januari–Maret menunjukkan bahwa dari total 18.000 pcs produksi, terdapat 691 pcs produk NG, dengan dominasi cacat *Deform Gepeng*

sebanyak 533 pcs (77,1%) dan *Wrinkle* sebanyak 158 pcs (22,9%). Hal ini diperkuat melalui analisis Histogram dan Diagram Pareto yang menegaskan bahwa *Deform Gepeng* merupakan cacat dominan dan menjadi prioritas utama perbaikan.

3. Analisis akar penyebab menggunakan *Fishbone Diagram (4M+E)* mengidentifikasi bahwa penyebab utama cacat *Deform Gepeng* dan *Wrinkle* berasal dari ketidaksejajaran posisi mandril terhadap *roller dies*, desain *mandril* yang tidak memiliki *chamfer*, tidak adanya standar kerja dan titik pemeriksaan yang jelas, keterbatasan alat ukur deformasi, kurangnya pemahaman operator terhadap standar deformasi, serta tidak adanya pelumasan (*oiling*) saat proses bending.
4. Tindakan perbaikan pada tahap *Do* dilakukan melalui penyesuaian setting mesin bending, perbaikan desain mandril dengan penambahan *chamfer*, penyusunan dan penerapan *Work Instruction (WI)*, penambahan titik pemeriksaan kualitas menggunakan *gauge* dan *Go-No Go*, pemberian *oiling* pada proses bending, serta pelatihan dan sosialisasi kepada operator terkait standar kualitas dan dampak deformasi terhadap fungsi produk.
5. Evaluasi pada tahap *Check* menunjukkan bahwa tindakan perbaikan yang diterapkan terbukti *efektif*. Data produksi periode April–Juni menunjukkan penurunan signifikan jumlah produk *NG* menjadi 37 pcs dari total 18.000 pcs produksi (0,21%), sehingga telah memenuhi target perusahaan. Hasil Histogram dan Pareto setelah perbaikan memperlihatkan penurunan frekuensi cacat secara drastis.
6. Analisis *Scatter Diagram* menunjukkan adanya hubungan antara parameter proses bending, khususnya tekanan, dengan munculnya cacat *Wrinkle*, yang membuktikan bahwa pengaturan parameter proses memiliki pengaruh langsung terhadap kualitas hasil bending.
7. *Control Chart (Peta Kendali)* menunjukkan bahwa proses produksi setelah perbaikan berada dalam batas kendali statistik (*UCL dan LCL*), yang menandakan bahwa proses bending telah berjalan secara stabil dan konsisten.

Secara keseluruhan, penerapan metode *PDCA (Plan–Do–Check–Action)* yang didukung oleh *Seven Tools of Quality* terbukti efektif dalam menurunkan tingkat cacat pada proses bending. Perbaikan yang dilakukan tidak hanya meningkatkan kualitas produk, tetapi juga memperkuat pengendalian proses dan standarisasi kerja, sehingga dapat mendukung peningkatan efisiensi dan keberlanjutan kualitas produksi di perusahaan.

## REFERENSI

- V., Trianda, F., Wiyatno, T. N., & Kustiwan, S. (2026). *JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi Analisa Defect pada Produk Back Cover Menggunakan Metode PDCA untuk Pengurangan Claim Customer di PT . XYZ*. 9(1), 731–736. <https://doi.org/10.31004/jutin.v9i1.54360>
- Khaerudin, D., & Rahmatullah, A. (2020). Implementasi Metode Pdca Dalam Menurunkan Defect Sepatu Type Campus Di Pt. Prima Intereksa Indastri (Pin). *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 20(1), 34. <https://doi.org/10.36275/stsp.v20i1.228>
- Putra, H., Hakim, A., & Sulistiyowati, W. (n.d.). *Quality Control of Sandwich Panel Products Using Seven Tools and Six Sigma Methods [Pengendalian Kualitas Produk Sandwich Panel Menggunakan Metode Seven Tools dan Six Sigma]*. 1–13.
- Putra, N. B., Fajar Fitriyana, D., Anis, S., Doni Widodo, R., Manalu, J., Siregar, J. P., Cionita, T., & Ardhiyanto, M. M. (2025). Penerapan Siklus Plan-Do-Check-Action untuk Mengurangi Cacat Permukaan pada Produk Outer Tube Model 2DP di PT. XYZ. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 20(1), 49–72. <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- Wiranata, R. (2025). Optimalisasi Proses Manufaktur Untuk Mengatasi Cacat Diameter Flange Oval Pada Baut Tipe Flange Dengan Metode PDCA. *AME (Aplikasi Mekanika Dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 11(2), 80–85. <https://doi.org/10.32832/ame.v11i2.1506>

- Bimasakti, Slevin Lintang, and Sutrisno Aji Prasetyo. 2025. "Pengendalian Kualitas Pada Proses Thread Rolling Menggunakan Metode Plan Do Check Action ( Pdca ) Dan Qc Seven Tools Pendahuluan Seiring Dengan Meningkatnya Permintaan Akan Barang-Barang Berkualitas Tinggi Di Pasar Domestik Dan Internasional , Industri Ma." 6(9): 3541–56.
- Dian. 2019. "Analisis Pengendalian Kualitas Pada Proses Produksi Kran Air PVC Menggunakan Metode Plan Do Check Action (PDCA) Pada PT. Tarindo Juwana." *Pelaksanaan Pekerjaan Galian Diversion Tunnel Dengan Metode Blasting Pada Proyek Pembangunan Bendungan Leuwikeris Paket 3, Kabupaten Ciamis Dan Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat* 1(11150331000034): 1–147.
- Fatah, Abdul, and Ari Zaqi Al-Faritsy. 2021. "Peningkatan Dan Pengendalian Kualitas Produk Dengan Menggunakan Metode PDCA (Studi Kasus Pada PT. X)." *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)* 3(1): 21–30. doi:10.37631/jri.v3i1.288.
- Herwanto, Anindya Rahmadina Dene. 2025. "Penerapan Metode Seven Tools Pada Pengendalian." *Industri Inovatif - Jurnal Teknik Industri ITN Malang* VIII(2): 5970–78.
- Imelda, Lie. 2019. "Calyptra: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya Vol.7 No.2." *Calyptra* 8(1): 1329–47.
- Inayah, Siti Khalimatul, Wahyudin Wahyudin, and Dene Herwanto. 2023. "Analisis Kualitas Produk Toolbox Menggunakan Metode Seven Tools Di PT. KSKB." *Jurnal Asimetri: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi* 5: 263–72. doi:10.35814/asiimetrik.v5i2.4877.
- Nugroho, Cahyo Budi, and Rahmad Hidayat. 2016. "Studi Cacat Permukaan Plat Aluminium Pada Proses Pembengkokkan Sudut Mesin Bending." *Jurnal Integrasi* 8(2): 88–92.
- Nugrowibowo, Setyo, and Moh Ririn Rosyidi. 2023. "Pengendalian Kualitas Produk Aluminium Alloy Wheel Dengan Metode Seven Tools Dan PDCA." 06(9).
- Pengendalian, Analisis, Mutu Pada, Proses Produksi, Menggunakan Seven, Tools Dalam, Mencapai Zero Defect, Lisa Melvi Ginting, et al. 2022. "RODA: Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Otomotif." 2(1): 1–6.
- Priyana, F.A., N.E. Setijogiarto, and C.D. Widiawaty. 2024. "Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Pdca Dan Seven Pada Pressure Vessel D-101." : 70–121.
- Setiawan, Reza, Rieval Ade Putra, and Vera Pangni Fahriani. 2020. "Simulasi Proses Bending Arm Rear Brake Dengan Variasi Kecepatan Pembebanan Terhadap Stress Material Menggunakan Ansys." *Barometer* 5(2): 261–66. doi:10.35261/barometer.v5i2.3819.
- Simon Tatag Panggalih, Barleyan, Totok Yuliarto, and Tri Ngudi Wiyatno. 2025. "Penerapan Metode PDCA Menggunakan Seventools & 5W+1H Pada Kualitas Produksi Pematangan Buah Pisang Di CV. XYZ." 4(2): 3040–53.
- Sukarman, Choirul Anwar, Nana Rahdiana, Khoirudin, and Anwar Ilmar Ramadhan. 2020. "Analisis Pengaruh Radius Dies Terhadap Springback Logam Lembaran Stainless-Steel Pada Proses Bending Hidrolik V-Die." *Jurnal Teknologi* 12(2).
- Suseno, Pangki. 2023. "PENINGKATAN KUALITAS PRODUK PAKAIAN DI PT XYZ DENGAN." 17(1).