

ANALISIS SIX SIGMA PADA PROSES PENGELASAN PIPA DI PT. XYZ**Carissa Adibah Diya Ulhaq**

Program Studi Statistika Bisnis, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia
e-mail : carissaadibah2@gmail.com

Nimas Ayu Prabawani

Program Studi Statistika Bisnis, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia
e-mail : nimasayuprabawani@its.ac.id

Sri Mumpuni Retnaningsih

Program Studi Statistika Bisnis, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia
e-mail : mumpuni@statistika.ac.id

Abstrak

PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur baja yang memproduksi berbagai jenis pipa yaitu pipa ERW, SSAW, dan stainless steel, dengan standar mutu internasional yaitu ISO 9001, API 5L, ASTM, BS, JIS, dan SNI. Proses produksi terdiri dari beberapa tahap, salah satu tahapannya adalah proses pengelasan. Produk yang telah diproduksi pada proses pengelasan harus melalui pengujian kualitas pada divisi Quality Control. Pipa S adalah salah satu produk yang masih ditemukan berbagai cacat, oleh karena itu proses pengelasan perlu dikendalikan untuk mengurangi produk cacat. Namun, perusahaan masih terbatas pada pencatatan menggunakan check sheet tanpa analisis lanjutan dan variasi proses tidak terpantau secara menyeluruh. Penerapan metode Six Sigma melalui tahapan DMAIC digunakan untuk memetakan akar masalah dan memberikan solusi berbasis data. Hasil analisis menunjukkan bahwa level sigma proses produksi pipa S berada pada $2,07\sigma$, menandakan proses tidak stabil dan memiliki peluang besar untuk penurunan produk cacat. Produk cacat tersebut disebabkan oleh faktor mesin yang rusak dan operator yang kurang teliti saat inspeksi. Peningkatan kualitas dapat dilakukan melalui perawatan mesin yang terjadwal, pelatihan dan pengaturan kerja operator. Usulan perbaikan ini diharapkan mampu mengurangi jumlah cacat dan meningkatkan kualitas pipa secara berkelanjutan.

Kata Kunci: DMAIC, DPMO, Pipa Baja, Peta Kendali P, Six Sigma.

Abstract

PT. XYZ is a steel manufacturing company that produces various types of pipes, namely ERW, SSAW, and stainless steel pipes, with international quality standards, namely ISO 9001, API 5L, ASTM, BS, JIS, and SNI. The production process consists of several stages, one of which is the welding process. Products manufactured through the welding process must undergo quality testing in the Quality Control division. Pipe S is one product that still has various defects, therefore the welding process needs to be controlled to reduce defective products. However, the company is still limited to recording using check sheets without further analysis, and process variations are not fully monitored. The application of the Six Sigma method through the DMAIC stages is used to map the root causes and provide data-based solutions. The analysis results show that the sigma level of the S pipe production process is at 2.07σ , indicating that the process is unstable and has a high chance of reducing defective products. Defective products are caused by damaged machines and operators who are not thorough during inspections. Quality improvement can be achieved through scheduled machine maintenance, training, and operator work arrangements. These proposed improvements are expected to reduce the number of defects and improve pipe quality on an ongoing basis.

Keywords: DMAIC, DPMO, P Control Chart, Six Sigma, Steel Pipe.

PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur industri baja di Indonesia yang memproduksi berbagai jenis pipa seperti *Electric Resistance Welding* (ERW), *Spiral Submerged Arc Welded* (SSAW), dan pipa

stainless steel dengan sertifikasi internasional ISO 9001 dan API 5L yang mengacu pada standar ASTM, BS, JIS, ISO, API, AS, dan SNI. Kualitas produk harus dijaga agar memiliki kekuatan dan ketahanan optimal tanpa kebocoran.

Salah satu produk, yaitu pipa S, diproduksi dalam jumlah besar mencapai 6000 ton per bulan, namun memiliki tingkat cacat yang tinggi sebesar 30%. Proses produksi terdiri dari lima tahapan, yaitu pemeriksaan bahan baku, pemotongan dan pelurusan, pembentukan dan pengelasan, inspeksi kualitas, serta penyimpanan. Proses pengelasan menjadi tahap kritis karena sangat menentukan kualitas sambungan pipa, di mana cacat yang terjadi dapat menyebabkan kebocoran saat penggunaan.

Permasalahan utama terletak pada tingginya cacat hasil pengelasan, sementara perusahaan hanya melakukan pencatatan menggunakan *check sheet* tanpa analisis lanjutan. Hal ini menyebabkan akar penyebab cacat belum teridentifikasi secara sistematis, sehingga diperlukan upaya pengendalian kualitas untuk menentukan faktor dominan penyebab cacat serta merumuskan perbaikan yang tepat.

Pengendalian kualitas statistik dapat digunakan untuk menganalisis variasi proses dan memastikan kesesuaian produk dengan standar yang ditetapkan (Hutabarat, 2017). Salah satu pendekatan yang efektif adalah metode *Six Sigma*, yang bertujuan menekan cacat hingga tingkat 3,4 *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) melalui tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) (Gaspersz, 2007). Penerapan metode ini diharapkan mampu menurunkan tingkat cacat produk serta meningkatkan efisiensi dan kualitas proses produksi.

Berdasarkan kondisi tersebut, diketahui bahwa jenis cacat yang diperoleh pada tahap pengelasan pada pipa S sebanyak 27 jenis yang berdampak negatif terhadap kualitas sambungan dan ketahanan produk. Hasil pemeriksaan kualitas menunjukkan tingkat cacat mencapai 30% yang mengindikasikan bahwa pengendalian kualitas pada proses pengelasan belum berjalan secara efektif, sehingga perusahaan masih menghadapi tingkat produk cacat yang relatif tinggi dan belum mampu mengidentifikasi akar penyebab terjadinya cacat secara sistematis. Penelitian ini dibatasi pada pengamatan pipa dengan diameter 323,8 mm, ketebalan 6 mm, dan panjang 6 m.

Permasalahan yang telah dijelaskan digunakan sebagai dasar dalam merumuskan tujuan penelitian ini, yaitu untuk menentukan level sigma proses produksi pipa S, mengetahui faktor penyebab terjadinya jenis cacat selama proses produksi, serta

menentukan usulan perbaikan berdasarkan jenis cacat yang terjadi. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan rekomendasi perbaikan bagi perusahaan dalam meningkatkan kualitas produk, meminimalkan jumlah produk cacat, serta meningkatkan efisiensi proses produksi. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam menyusun kebijakan pengendalian kualitas yang lebih sistematis.

KAJIAN TEORI

SIX SIGMA

Six Sigma merupakan metode manajemen kualitas yang diperkenalkan oleh Motorola pada tahun 1980 untuk meminimalkan variasi dan kesalahan dalam proses produksi maupun produk yang dihasilkan. Metode ini bertujuan menjaga kestabilan proses sehingga tingkat cacat sangat rendah, yaitu sebesar 3,4 *Defect Per Million Opportunities* (DPMO). Proses dikatakan berkualitas apabila produk tidak berada di luar spesifikasi, dengan target level 6-sigma yang berorientasi pada *zero defect* dan tingkat keberhasilan 99,99966% (Montgomery, 2020).

Konsep ini menekankan pencapaian kualitas produk dan stabilitas proses agar hasil yang diperoleh konsisten. Proses produksi tidak selalu stabil dan berpotensi mengalami pergeseran atau gangguan yang menyebabkan produk tidak sesuai spesifikasi.

Metodologi *Six Sigma* digunakan melalui lima tahapan DMAIC, yaitu *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*. DMAIC merupakan pendekatan sistematis dalam *Six Sigma* untuk memecahkan masalah dan meningkatkan kualitas proses melalui tahapan yang terstruktur dan penggunaan alat analisis yang tepat pada setiap langkahnya (Montgomery, 2020).

DEFINE

Define merupakan tahap untuk mengidentifikasi dan mendefinisikan permasalahan guna mengetahui perbaikan yang dapat dilakukan, dengan fokus pada kebutuhan pelanggan dan tujuan perusahaan. Identifikasi dilakukan menggunakan diagram SIPOC yang memberikan gambaran umum proses produksi, membantu memahami alur, serta mempermudah penentuan ruang lingkup dan perbaikan (Montgomery, 2020). Diagram SIPOC juga berfungsi

untuk memvisualisasikan proses secara sederhana sehingga memudahkan identifikasi permasalahan yang mungkin tidak disadari.

SIPOC terdiri dari *Suppliers, Input, Process, Output, dan Customers*. *Suppliers* merupakan pihak yang menyediakan material, informasi, atau kebutuhan lain dalam proses produksi, termasuk identifikasi supplier utama dan cadangan untuk mengantisipasi risiko. *Input* adalah materi atau informasi yang digunakan dalam proses dan harus sesuai spesifikasi karena menentukan kualitas output. *Process* merupakan rangkaian langkah utama yang mengubah input menjadi output. *Output* adalah hasil berupa produk, layanan, atau informasi yang harus sesuai standar dan kebutuhan pelanggan. *Customers* adalah pihak internal maupun eksternal yang menerima output, di mana tingkat kepuasan menjadi indikator keberhasilan proses produksi (Montgomery, 2020).

MEASURE

Measure merupakan tahap pengukuran untuk mengevaluasi dan memahami kondisi aktual proses. Data yang dikumpulkan digunakan sebagai dasar penentuan kinerja awal proses. Data harus memadai agar mendukung analisis komprehensif dan pemahaman kinerja proses secara mendalam. Pengambilan data dapat dilakukan melalui catatan historis atau studi observasional dalam periode tertentu dengan pengambilan sampel berdasarkan aliran proses yang relevan (Montgomery, 2020).

ANALYZE

Langkah *analyze* merupakan langkah yang bertujuan untuk menentukan penyebab utama permasalahan kualitas produk, kepuasan pelanggan, atau kerusakan dari produk dan memisahkan sumber variasi yang menjadi penyebab permasalahan menjadi penyebab umum dan penyebab yang telah ditetapkan (Montgomery, 2020).

IMPROVE

Langkah *improve* bertujuan mengembangkan dan memberikan usulan perbaikan berdasarkan akar penyebab yang telah diidentifikasi pada tahap *analyze*, serta menciptakan perubahan spesifik yang meningkatkan kualitas dan efisiensi proses produksi. Tahap ini penting agar usulan dapat diimplementasikan dan dipertahankan dalam jangka panjang (Montgomery, 2020). Proses pada tahap ini

dapat menggunakan metode 5W + 1H (*What, Where, When, Who, Why + How*) untuk menginvestigasi permasalahan secara menyeluruh sehingga diperoleh informasi lengkap dan solusi yang tepat. Usulan perbaikan diidentifikasi berdasarkan penyebab cacat yang dianalisis menggunakan diagram *Ishikawa* (Musman, 2019).

CONTROL

Langkah *control* bertujuan menyusun rencana pengendalian dan prosedur untuk menjaga perbaikan proses agar berlangsung dalam jangka panjang. Tahap ini menjamin keberhasilan usulan perbaikan yang telah diberikan, dengan pelaksanaan dilakukan oleh pihak perusahaan. Seluruh prosedur kerja yang telah diperbaiki dilakukan audit dan pengecekan berkala untuk mendeteksi penyimpangan. Hasil perbaikan dipertahankan agar proses menjadi lebih efektif dan efisien (Montgomery, 2020).

PETA KENDALI P

Peta kendali merupakan alat dalam pengendalian kualitas statistik untuk memantau kestabilan proses produksi dari waktu ke waktu dengan membedakan variasi alami dan variasi akibat penyebab khusus. Proses dinyatakan terkendali apabila hanya terdapat variasi alami, sedangkan adanya penyebab khusus menunjukkan proses tidak terkendali. Peta kendali atribut digunakan untuk memantau karakteristik kualitas berupa kategori cacat atau tidak cacat, salah satunya adalah peta kendali p yang digunakan untuk memantau proporsi produk cacat. Klasifikasi hanya terdiri dari dua kategori, yaitu cacat dan tidak cacat, sehingga pengukuran didasarkan pada jumlah produk cacat dalam setiap sampel. Peta kendali p menggunakan pendekatan distribusi binomial dengan asumsi setiap unit memiliki dua kemungkinan, dan jika d adalah jumlah cacat dalam sampel berukuran n , maka proporsi cacat dinyatakan pada persamaan berikut.

$$\hat{p}_i = \frac{d}{n} \quad (1)$$

Apabila terdapat data terdapat m sampel yang masing-masing berukuran n dan jumlah unit cacat pada sampel ke- i adalah d_i , maka estimasi nilai yang didapatkan ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\bar{p} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \hat{p}_i = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m d_i \quad (2)$$

Apabila sampel yang berukuran n bervariasi berdasarkan ukuran sampel n_i akan menghasilkan

batas kendali yang tidak konstan, sehingga diperlukan menggunakan ukuran sampel rata-rata ($\bar{n}$) untuk menentukan batas kendali agar menghasilkan batas kendali yang konstan. Batas kendali dan garis tengah ditunjukkan pada persamaan berikut.

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

$$GT = \bar{p} \quad (4)$$

$$BKA = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \quad (5)$$

DIAGRAM ISHIKAWA

Diagram *ishikawa* atau diagram sebab akibat merupakan diagram yang digunakan untuk menampilkan penyebab terjadinya cacat pada produk dari berbagai kemungkinan beserta hubungan di antara penyebab tersebut dengan mengidentifikasi, mengelompokkan, dan menganalisis kemungkinan penyebab suatu permasalahan atau penyebab terjadinya produk cacat dalam proses produksi (Montgomery & Runger, 2002).

PERHITUNGAN LEVEL SIGMA

Penentuan level sigma dilakukan pada tahap *measure* dalam *Six Sigma* dengan target kualitas 3,4 *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) atau tingkat keberhasilan 99,99966% (Gaspersz, 2002). Pengukuran kualitas didasarkan pada DPO (*Defect Per Opportunity*) dan DPMO, di mana DPO menunjukkan rasio jumlah cacat terhadap peluang cacat berdasarkan karakteristik kualitas (*Critical to Quality/CTQ*), sehingga semakin kecil nilai DPO maka semakin baik kualitas proses. DPO dan SPMO ditunjukkan pada persamaan sebagai berikut.

$$DPO = \frac{\text{Jumlah produk cacat}}{\text{Jumlah unit yang diperiksa} \times CTQ} \quad (6)$$

DPMO diperoleh dari hasil DPO dikalikan satu juta. Level sigma ditentukan berdasarkan nilai DPMO menggunakan nilai Z pada distribusi normal standar dengan penyesuaian pergeseran proses sebesar 1,5 sigma. Nilai level sigma yang semakin tinggi menunjukkan tingkat cacat yang semakin rendah dengan persamaan yang digunakan sebagai berikut.

$$\text{Level Sigma} = Z \left(\frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5 \quad (7)$$

Perhitungan nilai DPMO dan level sigma yang telah didapatkan, pada Tabel 1 menunjukkan bahwa

semakin tinggi level sigma yang didapatkan maka produk cacat yang dihasilkan sangat rendah.

Tabel 1. Level Sigma

Level Sigma	Persentase Produk Baik	DPMO	Keterangan
±1 sigma	30,23%	312.067 - 691.412	Sangat tidak kompetitif
±2 sigma	69,13%	68.112 - 308.538	Rata-rata industri Indonesia
±3 sigma	93,32%	6.387 - 66.807	
±4 sigma	99,3790%	242 - 6.210	Rata-rata industri USA
±5 sigma	99,97670%	4 - 233	
±6 sigma	99,999660%	3 - 3,4	Industri kelas dunia

PIPA S

PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur industri baja yang menghasilkan berbagai jenis pipa baja dengan berbagai ukuran berdasarkan permintaan pelanggan. Salah satu produk yang dihasilkan oleh PT. XYZ adalah pipa S. Ukuran yang diproduksi bervariasi, namun tetap mengikuti standar dan spesifikasi yang ditetapkan oleh perusahaan. Pengambilan data dilakukan pada proses pembentukan dan pengelasan, data yang didapatkan melalui pengecekan secara visual dan pengukuran dari panjang cacat di setiap jenis cacat.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Six Sigma* dengan tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) untuk menganalisis dan meningkatkan kualitas proses produksi pipa S. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan, mengukur kinerja proses, menganalisis penyebab cacat, serta memberikan usulan perbaikan dan pengendalian proses.

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari PT. XYZ. Data pada fase I diperoleh dari hasil produksi pada tanggal 4-26 Maret 2025, sedangkan data pada fase II diperoleh dari hasil produksi pada tanggal 4-28 Juli 2025. Pengambilan data fase II dilakukan karena terdapat jeda produksi selama tiga bulan setelah fase I yang berpotensi menimbulkan perbedaan kondisi proses produksi. Data fase II merupakan data produksi

aktual yang berlangsung setelah jeda tanpa adanya tindakan perbaikan proses. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah proporsi produk cacat, di mana suatu produk dikategorikan sebagai cacat apabila terdapat minimal satu jenis cacat dari 27 jenis cacat yang teridentifikasi.

Langkah analisis dalam penelitian ini menggunakan tahapan DMAIC. Tahap *define* dilakukan untuk mendefinisikan permasalahan pada proses produksi pipa S menggunakan diagram SIPOC dengan fokus pada proses pengelasan. Tahap *measure* dilakukan dengan pengumpulan data untuk pengukuran karakteristik kualitas sebagai dasar analisis. Tahap *analyze* dilakukan dengan mengidentifikasi faktor penyebab permasalahan yang dibagi menjadi fase I dan fase II serta menentukan level sigma. Analisis dilakukan melalui peta kendali p pada fase I, pengujian proporsi dua populasi antara fase I dan fase II, serta analisis peta kendali p pada fase II menggunakan batas kendali fase I apabila tidak terdapat perbedaan atau menggunakan batas kendali baru apabila terdapat perbedaan. Analisis dilanjutkan dengan penyusunan diagram Ishikawa dan perhitungan level sigma. Tahap *improve* dilakukan dengan menyusun usulan perbaikan menggunakan metode 5W + 1H berdasarkan penyebab cacat yang teridentifikasi. Tahap akhir meliputi interpretasi hasil, pembahasan, serta penarikan kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas terkait analisis *six sigma* pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dengan masing-masing tahapan dijelaskan sebagai berikut.

DEFINE

Tahap *define* untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi dengan menjelaskan menggunakan diagram SIPOC yang berfokus pada proses pengelasan pipa sebagai proses penting dalam produksi pipa secara keseluruhan. Diagram SIPOC dapat dilihat pada Tabel 2.

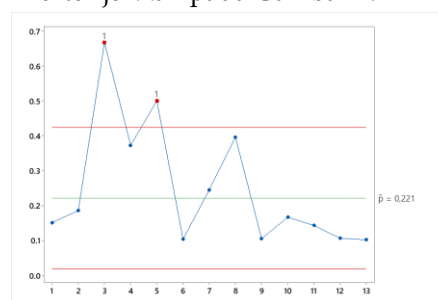
Tabel 2. Diagram SIPOC

Supplier	Divisi <i>Planning Product and Inventory Control</i>
Input	Baja lembaran sebagai bahan baku
Process	1. Pembengkokkan lembaran baja secara melingkar 2. <i>Inside welding</i> yaitu proses pengelasan pipa bagian dalam <i>Outside welding</i> yaitu proses pengelasan pipa bagian luar
Output	Pipa sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan
Customer	Divisi <i>Quality Control</i>

Tahap *measure* bertujuan untuk mengumpulkan data sebagai dasar penentuan kinerja awal proses yang digunakan untuk mengevaluasi dan memahami kondisi proses secara nyata. Pengumpulan data yang dilakukan oleh perusahaan dengan menggunakan pemeriksaan secara visual oleh tim produksi pada saat proses pengelasan pipa. Setiap sambungan las diperiksa untuk mendeteksi berbagai jenis cacat. Apabila jenis cacat telah teridentifikasi, tim produksi mencatat menggunakan *check sheet* yang mencakup tanggal pemeriksaan, total unit yang diinspeksi, panjang cacat di setiap jenis cacat serta, total produk baik dan produk cacat yang dihasilkan. Data yang digunakan adalah total unit yang diinspeksi dan total produk cacat yang dikumpulkan pada periode fase I pada tanggal 4-26 Maret 2025 dapat dilihat pada Lampiran 1 dan fase II pada tanggal 4-28 Juli 2025 dapat dilihat pada Lampiran 2. Data tersebut digunakan untuk tahap *analyze*.

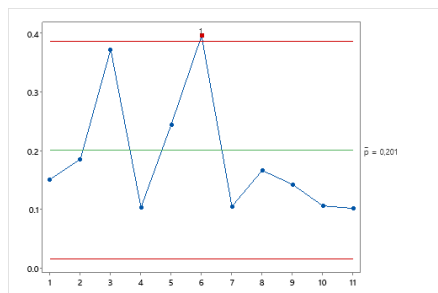
ANALYZE

Data yang digunakan pada tahap *analyze* fase I adalah hasil proses produksi pipa S pada tanggal 4 - 26 Maret 2025. Analisis peta kendali p dilakukan pada proses pengelasan pipa untuk mengetahui apakah proses pengelasan telah terkendali. peta kendali P ditunjukkan pada Gambar 1.



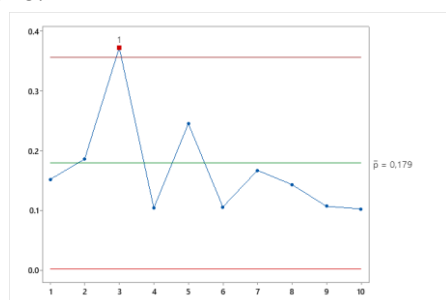
Gambar 1. Peta Kendali P Fase I

Berdasarkan Gambar 1. menunjukkan bahwa terdapat dua subgrup yang di luar batas kendali yaitu subgrup pada produksi ke-3 dan 5. Produksi ke-3 pada tanggal 12 Maret mesin 1 disebabkan oleh kesalahan dalam proses pengelasan. Produksi ke-5 pada tanggal 14 Maret mesin 1 disebabkan oleh kesalahan dalam pengaturan mesin. Hal ini menunjukkan bahwa proses tidak terkendali, sehingga untuk analisis selanjutnya, plot yang berada di luar batas kendali pada produksi ke-3 dan 5 harus dikeluarkan. Peta kendali baru ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Kendali P Fase I Perbaikan I

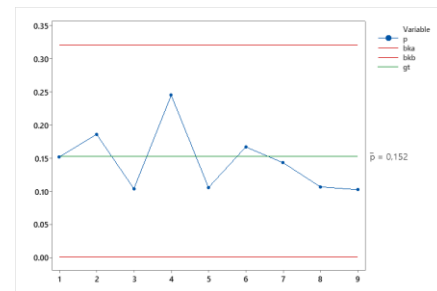
Berdasarkan hasil Gambar 2 menunjukkan bahwa terdapat satu subgrup yang berada di luar batas kendali yaitu subgrup pada produksi ke-6. Produksi ke-6 pada tanggal 20 Maret mesin 1 disebabkan oleh kesalahan dalam pengaturan mesin. Hal ini menjelaskan bahwa proses tidak terkendali dan untuk analisis selanjutnya, plot yang berada di luar batas kendali yaitu pada produksi ke-6 harus dikeluarkan. Peta kendali baru ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Kendali P Fase I Perbaikan II

Berdasarkan hasil Gambar 3 menunjukkan bahwa terdapat satu subgrup yang berada di luar batas kendali yaitu subgrup pada produksi ke-3. Produksi ke-3 pada tanggal 13 Maret mesin 1 disebabkan oleh kesalahan operator dalam proses pengelasan. Hal ini menjelaskan bahwa proses tidak terkendali dan untuk analisis selanjutnya, plot yang berada di luar batas kendali yaitu pada produksi ke-3 harus

dikeluarkan. Peta kendali baru ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Kendali P Fase I Perbaikan II

Berdasarkan hasil Gambar 4 menunjukkan bahwa tidak terdapat subgrup yang berada di luar batas kendali atas maupun batas kendali bawah. Hal ini menjelaskan bahwa proses produksi pada fase I telah terkendali.

Data yang digunakan pada tahap *analyze* fase II adalah proses produksi pipa S pada tanggal 4 - 28 Juli 2025 dengan melakukan pengujian proporsi dua populasi untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara fase I dan fase II.

Pengujian proporsi dua populasi dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan pada proses produksi fase I dan fase II serta, menentukan apakah batas kendali fase I dapat digunakan pada fase II dengan hipotesis sebagai berikut.

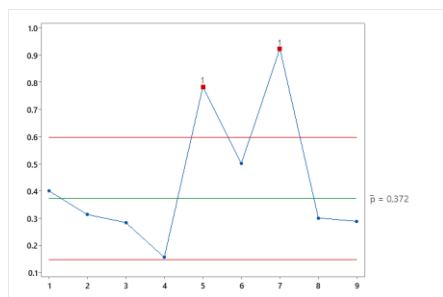
Hipotesis :

$H_0: p_1 = p_2$ (Tidak terdapat perbedaan proporsi cacat antara fase I dan fase II)

$H_1: p_1 \neq p_2$ (Terdapat perbedaan proporsi cacat antara fase I dan fase II)

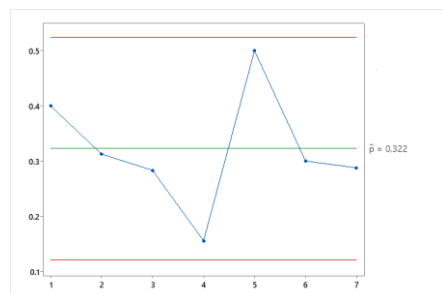
Perhitungan yang dilakukan didapatkan nilai statistik uji (Z) sebesar -4,858. Nilai Z lebih kecil daripada nilai $-Z_{0,025}$ sehingga diputuskan H_0 ditolak yang artinya bahwa terdapat perbedaan antara fase I dan fase II. Adanya perbedaan antara fase I dan fase II yang terjadi menunjukkan bahwa pada fase II dilakukan analisis peta kendali P dengan menggunakan batas kendali baru, karena batas kendali pada fase I tidak dapat memonitor pada fase II.

Analisis peta kendali p dilakukan pada proses pengelasan pipa pada fase dua dengan menggunakan batas kendali baru. Peta kendali P ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Kendali P Fase II

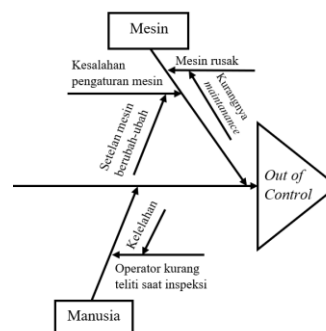
Berdasarkan hasil Gambar 5 menunjukkan bahwa terdapat dua subgrup yang berada di luar batas kendali yaitu pada produksi ke-5, dan 7. Produksi ke-5 pada tanggal 22 Juli mesin 3 disebabkan oleh kerusakan mesin. Produksi ke-7 pada tanggal 24 Juli mesin 3 disebabkan oleh kesalahan dalam proses pengelasan dan terdapat kerusakan pada mesin. Hal ini menjelaskan bahwa proses tidak terkendali dan untuk analisis selanjutnya, plot yang berada di luar batas kendali yaitu pada produksi ke-5 dan 7 harus dikeluarkan. Peta kendali baru ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Kendali P Fase II Perbaikan I

Berdasarkan hasil Gambar 6 menunjukkan bahwa tidak terdapat subgrup yang berada di luar batas kendali atas maupun batas kendali bawah. Hal ini menjelaskan bahwa proses produksi pada fase II telah terkendali.

Diagram *ishikawa* digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menjadi penyebab *out of control* yang terjadi pada analisis peta kendali p fase I dan fase II. Penyebab yang terjadi dikelompokkan kedalam faktor manusia dan mesin, karena *out of control* yang muncul disebabkan oleh manusia dan mesin. Diagram *ishikawa* ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Ishikawa

Berdasarkan hasil Gambar 7 menjelaskan bahwa penyebab *out of control* yang terjadi pada mesin dikarenakan oleh kesalahan dalam pengaturan mesin dan mesin yang rusak. Kesalahan dalam pengaturan mesin dikarenakan mesin digunakan untuk berbagai ukuran, sehingga setelan mesin menyesuaikan dengan ukuran yang akan dilakukan pengelasan. Mesin yang rusak disebabkan oleh kurangnya perawatan rutin pada mesin pengelasan, sehingga performa yang dihasilkan tidak maksimal.

Penyebab yang berasal dari manusia yaitu operator kurang teliti dalam inspeksi. Operator kurang teliti dalam inspeksi disebabkan oleh kelelahan akibat banyaknya produksi pipa yang dilakukan dan panjangnya waktu *shift*. Selain itu, terdapat kendala pada operator dalam penyesuaian penggunaan mesin.

Perhitungan level sigma bertujuan untuk mengukur tingkat kemampuan proses dalam memenuhi standar kualitas. Pada tahap ini level sigma dihitung secara keseluruhan baik fase I maupun fase II. Perhitungan yang dilakukan didapatkan jumlah produk cacat sebanyak 247 unit dengan jumlah unit yang diperiksa sebanyak 864 unit dan karakteristik kualitas sebanyak 1, sehingga didapatkan nilai DPO sebesar 0,286 dan didapatkan nilai DPMO sebesar 285.879,6. Berdasarkan hasil nilai DPMO, maka didapatkan level sigma sebesar 2,07σ dengan persentase produk baik sebesar 71% dan persentase produk cacat yang dihasilkan sebesar 29%.

IMPROVE

Tahap *improve* untuk memberikan usulan perbaikan kepada perusahaan berdasarkan penyebab permasalahan yang telah dijelaskan pada diagram *ishikawa*. Usulan perbaikan yang diberikan dengan menggunakan 5W + 1H yaitu *What, Why, Where, When, Who, and How* dengan menjabarkan penyebab

yang berasal dari diagram *ishikawa*. *What* menjelaskan tentang apa usulan perbaikan yang akan dilakukan, *why* menjelaskan tentang mengapa usulan perbaikan harus diterapkan, *where* menjelaskan tentang dimana usulan perbaikan akan diterapkan, *when* menjelaskan tentang kapan usulan perbaikan diterapkan, *who* menjelaskan tentang siapa yang akan menerapkan usulan perbaikan yang diberikan, dan *how* menjelaskan tentang bagaimana usulan perbaikan akan diterapkan di perusahaan. Analisis 5W + 1H dengan usulan perbaikan yang dapat diberikan berdasarkan faktor penyebab mesin dijelaskan pada Tabel 3.

Tabel 3. Usulan Perbaikan Faktor Mesin

Faktor	5W + 1H	Tindakan
Mesin	<i>What</i> (Apa)	Melakukan program <i>maintenance</i> terjadwal dan standarisasi setelan mesin untuk mencegah kerusakan, serta memastikan hasil proses yang konsisten
	<i>Why</i> (Mengapa)	Mengurangi ketidakstabilan mesin, mencegah kerusakan, dan menjaga kualitas proses
	<i>Where</i> (Dimana)	Area pengelasan
	<i>When</i> (Kapan)	Perawatan mesin keseluruhan setiap bulan
	<i>Who</i> (Siapa)	Tim <i>Quality Control</i> dan operator
	<i>How</i> (Bagaimana)	Membuat jadwal perawatan mesin dan inspeksi berkala, menggunakan checklist inspeksi dan parameter proses, dan mencatat hasil perawatan serta, temuan kerusakan untuk pemantauan

Analisis 5W +1H dengan usulan perbaikan yang dapat diberikan berdasarkan faktor penyebab manusia dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Usulan Perbaikan Faktor Manusia

Faktor	5W + 1H	Tindakan
Manusia	<i>What</i> (Apa)	Melakukan pelatihan pengelasan sesuai prosedur, pengaturan <i>shift</i> , dan rotasi kerja untuk mengurangi kelelahan dan meningkatkan ketelitian inspeksi
	<i>Why</i> (Mengapa)	Untuk meningkatkan keterampilan dan kepedulian operator, mengurangi kesalahan pengelasan, meningkatkan ketelitian inspeksi, dan menurunkan tingkat produk cacat yang dihasilkan
	<i>Where</i> (Dimana)	Area pengelasan dan area inspeksi <i>Quality Control</i>
	<i>When</i> (Kapan)	Pelatihan minggu ke-1, evaluasi kemampuan minggu ke-2, rotasi dan kontrol kelelahan diterapkan setiap <i>shift</i> serta, <i>training</i> rutin setiap 6 bulan
	<i>Who</i> (Siapa)	Supervisor Produksi, Tim <i>Quality Control</i> dan <i>Welding Engineer</i>
	<i>How</i> (Bagaimana)	Menyusun dan menjalankan program pelatihan pengelasan dengan teori dan praktik, sertifikasi internal operator, mengatur rotasi tugas dan break terjadwal untuk mengurangi kelelahan, melakukan pencatatan performa operator dan menindaklanjuti untuk pelatihan ulang bagi operator yang menghasilkan produk cacat tinggi, melakukan penambahan operator di setiap <i>shift</i> .

PENUTUP

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Level sigma proses produksi pipa S mencapai 2,07σ dengan persentase produk cacat yang

dihasilkan pada proses produksi pipa S sebesar 29%. Nilai sigma yang telah diperoleh menunjukkan bahwa perbaikan dapat dilakukan untuk menurunkan jumlah produk cacat dan meningkatkan kualitas produk.

2. Faktor penyebab produk cacat yang dihasilkan pada produksi pipa disebabkan oleh manusia dan mesin. Mesin mengalami kerusakan dan kesalahan dalam pengaturan mesin. Manusia berperan melalui operator yang kurang teliti dalam inspeksi. Faktor-faktor yang telah diketahui dapat membantu memperbaiki proses dan meningkatkan kualitas produksi pipa.
3. Kualitas produksi pipa bisa ditingkatkan dengan mengelola beberapa faktor penting. Mesin dirawat rutin, dilakukan standarisasi mesin, dan pengecekan secara berkala agar tetap stabil dan tidak rusak. Manusia ditingkatkan kemampuannya lewat pelatihan, sertifikasi internal, penambahan operator serta, pengaturan *shift* dan rotasi kerja supaya tidak mengalami kelelahan dan dapat mengurangi kesalahan. Usulan yang telah diberikan diharapkan jumlah produk cacat yang dihasilkan berkurang dan kualitas produksi pipa meningkat.

SARAN

Saran yang dapat diberikan kepada perusahaan yaitu dengan memberikan perhatian lebih terhadap pengelolaan proses produksi khususnya pada proses pengelasan, sehingga jumlah produk cacat dapat ditekan dan kualitas produk meningkat. Oleh karena itu, target yang diharapkan adalah menurunkan proporsi produk cacat mencapai 7%, sehingga tercapainya persentase produk baik sekitar 93% agar proses dapat dikategorikan stabil. Saran kepada penelitian selanjutnya yaitu dengan menambahkan periode pengamatan agar hasil yang diperoleh lebih maksimal dan mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- GASPERSZ, V. (2002). *PEDOMAN IMPLEMENTASI PROGRAM SIX SIGMA TERINTEGRASI DENGAN ISO 9001:2000, MBNQA DAN HACCP*. JAKARTA: PT GRAMEDIA PUSTAKA UTAMA.
- Gaspersz, V. (2007). *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries* (1st ed.). Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hutabarat, J. (2017). *Pengantar Teknik Industri* (1st ed.). Malang: Media Nusa Creative.
- Montgomery, D. C. (2020). *Introduction to Statistical Quality Control* (8th ed.). New York: Wiley.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2002). *Applied Statistics and Probability for Engineers* (3rd ed.). USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Musman, A. (2019). *KAIZEN for Life Kunci Sukses Continuous Improvement di Era 4.0*. Anak Hebat Indonesia.