

PENGENDALIAN KUALITAS PENGELASAN MENGUNAKAN METODE *STATISTICAL QUALITY CONTROL (SQC)* DAN *FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA)* DI PT. PAL INDONESIA

Nafa Artha Cahaya Mulia¹⁾ dan Rr. Rochmoeljati²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

e-mail: nafaarthacm27@gmail.com¹⁾, rochmoeljati@gmail.com²⁾

ABSTRAK

PT. PAL Indonesia merupakan sebuah perusahaan galangan kapal terbesar di Indonesia. Hasil produksi perusahaan adalah pembuatan kapal dan perancangan kapal berdasarkan permintaan konsumen. Pada proses produksi kapal BRS W-303 masih ditemukan cacat saat pengelasan seperti incomplete penetration, incomplete fusion, slag inclusion, dan porosity yang mempengaruhi kualitas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui persentase kecacatan yang paling dominan dan faktor penyebab cacat serta memberikan usulan tindakan perbaikan kualitas pengelasan. Metode yang digunakan adalah Statistical Quality Control (SQC) dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA). Alat bantu SQC yakni check sheet, stratifikasi, histogram, diagram pareto, scatter diagram, peta kendali atribut, dan diagram sebab akibat. Kemudian melanjutkan analisis FMEA berdasarkan diagram sebab akibat untuk usulan tindakan perbaikan. Berdasarkan hasil penelitian pada Statistical Quality Control (SQC) diketahui cacat pengelasan kapal yang paling dominan adalah incomplete penetration (32,81%), lalu incomplete fusion (25,47%), slag inclusion (23,26%), dan porosity (18,36%). Berdasarkan hasil penelitian pada Failure Mode Effect Analysis (FMEA) diketahui akar penyebab masalah tertinggi dengan RPN 288 adalah penetapan root gap terlalu kecil/sempit. Rekomendasi perbaikan yang dapat diusulkan yaitu menegaskan kepada welder untuk wajib membaca dan memahami WPS yang digunakan untuk mengelas dengan benar.

Kata Kunci: *Failure Mode Effect Analysis, Kualitas Pengelasan, Statistical Quality Control.*

ABSTRACT

PT. PAL Indonesia is the largest shipbuilding company in Indonesia. The company's products are shipbuilding and ship design based on consumer demand. In the production process of the BRS W-303 ship, defects were still found during welding such as incomplete penetration, incomplete fusion, slag inclusions, and porosity that affect the quality. The purpose of this study was to determine the most dominant proportion and factors causing defects and provide an assessment of quality improvement. The methods used are Statistical Quality Control (SQC) and Failure Mode Effect Analysis (FMEA). SQC tools are check sheets, stratification, histograms, Pareto diagrams, scatter diagrams, attribute control charts, and cause and effect diagrams. Then continue the FMEA analysis based on the cause-and-effect diagram of the proposed corrective action. Based on research on Statistical Quality Control (SQC) it is known that the most dominant ship welding is incomplete penetration (32.81%), incomplete fusion then (25.47%), slag inclusion (23.26%), and porosity (18,36%). Results Based on research on Failure Mode Effect Analysis (FMEA) it is known that the root cause of the highest problem with RPN 288 is the determination of the root gap is too small/narrow. Recommendations for improvement that can be proposed are to emphasize to welders that they must read and understand the WPS used to weld correctly..

Keywords: *Failure Mode Effect Analysis, Statistical Quality Control, Welding Quality.*

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, kualitas produk merupakan faktor yang sangat penting dan menentukan bagi keberhasilan usaha dan daya saing bisnis. Untuk mempertahankan keberadaan produk di pasar, perusahaan perlu fokus pada kualitas produk (Setiawan & Ida, 2018).

PT. PAL Indonesia ialah sebuah perusahaan galangan kapal terbesar di Indonesia. Pada proses produksi kapal, PT. PAL Indonesia berusaha memberikan yang terbaik bagi konsumen tepatnya dalam segi kualitas pembuatan kapal BRS W-303, dimana saat proses pengelasan masih ditemui beberapa kecacatan pengelasan yakni *Slag Inclusion*/Inklusi Terak (SI), *Porosity*/Porositas (POR), *Incomplete Penetration*/Penetrasi Tidak Penuh (IP), dan *Incomplete Fusion*/Penyambungan Tidak Merata (IF). Bagian pengelasan yang diamati pada produksi kapal BRS W-303 yakni *ME Seat (Engine Bed)*, *Stern Tube*, *House Pipe Block FP*, dan *Fore Bullbouse Bow (FBB)*. Dari semua bagian pengelasan yang diamati, diketahui jumlah cacat dalam pengelasan kapal BRS W-303 dengan total keseluruhan cacat sebesar 8,7%.

Berdasarkan penjelasan masalah yang telah dijelaskan, penelitian ini ditujukan untuk mengetahui persentase kecacatan yang paling dominan dan faktor penyebab cacat serta memberikan usulan tindakan perbaikan kualitas pengelasan. *Statistical Quality Control* ialah sistem yang mempertahankan standar kualitas produk yang seragam dengan biaya terendah untuk mencapai tingkat yang efektif (Andespa, 2020). Oleh sebab itu, sesuai dengan permasalahan diatas peneliti menerapkan metode *Statistical Quality Control (SQC)* untuk mengetahui penyebab kecacatan produk dan analisis *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)* untuk memberikan usulan tindakan perbaikan terhadap pengendalian kualitas pengelasan di PT. PAL Indonesia.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kualitas

Mutu atau kualitas merupakan tolak ukur untuk menilai apakah sebuah produk ataupun jasa dapat mencukupi kebutuhan para konsumen yang memiliki standar tersendiri. Kualitas merupakan faktor yang paling mendasar bagi kepuasan pelanggan. Tentunya perusahaan yang memproduksi produk harus memperhatikan kualitas produk serta memenuhi kriteria dan aturan untuk menetapkan apakah suatu produk yang nantinya diproduksi dalam kategori baik atau produk tersebut tidak memenuhi syarat atau cacat.

Bagi sebuah perusahaan peran kualitas sangatlah penting. Namun, jika perusahaan tidak memperhatikan mutu produk yang dihasilkannya, maka daya tarik produk dari pasar ke konsumen akan semakin sedikit (Andespa, 2020). Mutu atau kualitas pada dasarnya merupakan senjata dalam persaingan untuk memberikan jaminan kepada pelanggan (Waluyo et al., 2020).

Pada kualitas produk terdapat lima perspektif yakni (Rusydah & Yuana, 2019):

1. Pendekatan *Trancedent*
Kualitas dalam pendekatan ini untuk memberitahukan kualitas produk seni.
2. Pendekatan *Product-Based*
Dalam pendekatan ini, mutu atau kualitas adalah karakteristik/properti yang mampu diukur.
3. Pendekatan *User-Based*
Pendekatan ini menjelaskan kualitas bergantung kepada orang yang melihatnya.
4. Pendekatan *Manufacturing-Based*
Pendekatan ini mendasar pada pasokan, terutama pada manufaktur dan rekayasa.
5. Pendekatan *Value-Based*
Pendekatan ini dilihat berdasarkan kualitas dalam hal harga dan nilai.
Semakin baik respon konsumen maka semakin baik kualitas produk. Oleh sebab itu,

dalam penyampaian, penyaluran penilaian konsumen, dan pengendalian kualitas perusahaan sangat membutuhkan integritas manajemen yang baik (Sari, 2018).

B. *Pengendalian Kualitas*

Pengendalian kualitas merupakan salah satu metode yang harus dilakukan dalam proses manufaktur dari awal hingga akhir produk akhir. Pengendalian mutu dilakukan tidak hanya untuk menghasilkan produk berupa jasa/barang yang memenuhi standar dalam bentuk yang diharapkan dan direncanakan, tetapi juga untuk meningkatkan kualitas produk yang tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan (Supriyadi, 2018). Pengendalian kualitas dimulai dari proses pemasukan bahan baku atau informasi oleh pemasar dan pembeli hingga bahan baku diproses (tahap konversi) dan dikirim ke konsumen (Kuswardani et al., 2020).

Dalam hal pengendalian mutu, perusahaan memiliki kebijakan mutu untuk memastikan bahwa hasil akhir proses sejalan dengan kebijakan mutu perusahaan (Rahayu dan Joko, 2020). Kegiatan pengendalian kualitas merupakan area kerja yang sangat kompleks dan luas, karena semua variabel yang mempengaruhi kualitas perlu dipertimbangkan (Nurkholiq et al., 2019). Jadi, mempertahankan mutu produk bermanfaat untuk mengurangi biaya produksi, keberhasilan pemasaran, diterima konsumen, dan meningkatkan keuntungan perusahaan (Anggraini et al., 2019).

C. *Statistical Quality Control*

Statistical Quality Control merupakan sistem dengan mempertahankan standar kualitas pada proses produksi dengan biaya seminimum mungkin, mengumpulkan data, dan menganalisis data menggunakan metode statistik. *Statistical Quality Control* dapat mencegah terjadinya penyimpangan- penyimpangan dalam proses (Vikri, 2018). Jadi, *Statistical Quality Control* merupakan suatu sistem untuk meniadakan penyimpangan atau penyebab yang ada agar sesuai standar produksi yang ditetapkan oleh perusahaan (Arianti, et al., 2020). *Statistical Quality Control* telah diakui secara luas sebagai pendekatan yang efektif untuk memantau proses pembuatan dan layanan sehubungan dengan penggunaan variabel atau bagan atribut dalam proses tertentu (Saka et al., 2019).

7 *tools* merupakan tujuh alat pokok untuk pemecahan masalah yang dihadapi pada proses produksi terutama yang berkaitan dengan mutu atau kualitas. Ketujuh *tools* tersebut ialah *check sheet* (lembar periksa), *stratification*, histogram, diagram pareto, diagram *scatter*, *control chart* (peta kontrol), dan juga *fishbone* diagram (Susetyo, 2013).

1. *Check Sheet*

Lembar periksa digunakan untuk mengumpulkan data dan mencatat proses apa yang terjadi berapa kali. Data yang dikumpulkan juga dapat digunakan pada alat lain yakni diagram pareto dan histogram (Hendrawan et al., 2020).

2. Stratifikasi

Setelah memasukkan data ke dalam *check sheet*, dilakukan proses klasifikasi data permasalahan (kecacatan) kedalam beberapa kelompok sesuai dengan kategorinya (Matondang & Muhammad, 2018).

3. Histogram

Setelah data di *check sheet* diklasifikasi sesuai kategori, kemudian diolah dengan membuat histogram. Histogram ialah diagram batang yang digunakan untuk menunjukkan variasi suatu data (Matondang & Muhammad, 2018).

4. Diagram pareto

Setelah data diklasifikasikan, pembuatan diagram pareto bertujuan mengurutkan kategori data dari tinggi ke rendah, sehingga membantu menemukan masalah terpenting dan segera memperbaikinya. Diagram pareto juga dipergunakan untuk menemukan 20% cacat yang membentuk 80% cacat di seluruh proses manufaktur (Hairiyah et al., 2019).

5. Diagram *scatter*

Scatter diagram yang disebut peta korelasi, adalah grafik yang menunjukkan kuat atau tidaknya hubungan antara dua variabel, yaitu hubungan antara faktor proses yang mempengaruhi proses dan kualitas produk (Haryanto dan Ipin, 2018).

6. *Control chart* (peta kontrol)

Peta kendali adalah alat grafis untuk memantau dan memeriksa apakah suatu proses berada pada kontrol kualitas statistik untuk memecahkan masalah dan mengarah pada peningkatan kualitas (Hendrawan et al., 2020). Peta kendali p digunakan untuk mengukur proporsi ketidaksesuaian. Oleh karena itu, untuk mengontrol proporsi item yang tidak memenuhi spesifikasi mutu digunakan peta kendali p.

Adapun tahap pengolahan datanya adalah sebagai berikut:

a. Menghitung proporsi kecacatan

$$P = \frac{np}{n} \quad (1)$$

Keterangan:

np = jumlah kecacatan

n = jumlah produksi tiap item

b. Menghitung garis pusat (*Center Line*)

$$\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} \quad (2)$$

Keterangan:

$\sum np$ = jumlah total cacat

$\sum n$ = jumlah total produksi

c. Menghitung batas kendali atas (*Upper Control Line*)

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

Keterangan:

\bar{p} = rata-rata kecacatan produk atau *Center Line* (CL)

n = jumlah produksi tiap item

d. Menghitung batas kendali bawah (*Lower Control Line*)

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (4)$$

Keterangan:

\bar{p} = proporsi kecacatan

n = jumlah produksi tiap grup

7. Diagram sebab akibat (*fishbone*)

Setelah mengetahui masalah utama kecacatan produk pada histogram, maka dapat memeriksa apa saja faktor penyebab kecacatan produk (Setiabudi et al., 2020). Diagram sebab akibat digunakan untuk menggambarkan secara grafis akar penyebab suatu masalah, untuk menemukan hubungan sebab-akibat dalam suatu masalah untuk mengambil tindakan korektif lebih lanjut (Setiawan, 2018)

D. *Failure Mode Effect Analysis*

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) ialah strategi perbaikan yang dipergunakan dalam pengidentifikasian, penilaian risiko, dan penentuan prioritas risiko yang harus ditangani. Tujuan utama menggunakan FMEA adalah untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dalam unit sistem, mengevaluasi efek selanjutnya pada kinerja sistem, dan akibatnya merekomendasikan strategi untuk menghilangkan atau mengurangi kemungkinan terjadinya atau keparahan dan meningkatkan deteksi mode kegagalan tertentu (Lo, et al., 2018). Secara umum, ada dua tipe FMEA, yakni proses FMEA dan desain FMEA. Dalam proses FMEA, pengamatan fokus pada proses produksi desain sedangkan desain FMEA, pengamatan fokus pada desain produk (Suwandi et al., 2020).

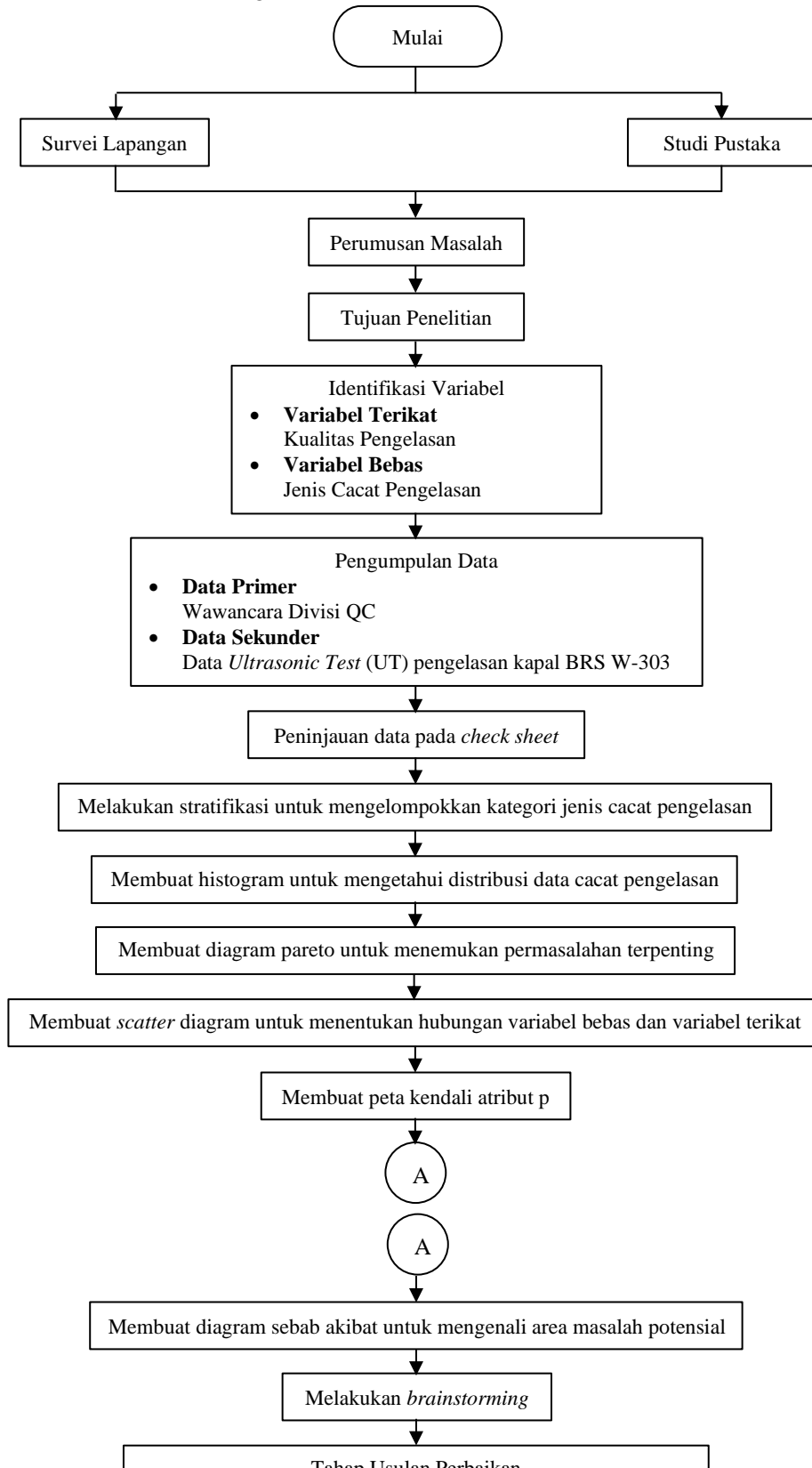
Berikut langkah – langkah dalam melakukan analisis metode FMEA:

1. Identifikasi mode kegagalan
2. Tentukan nilai keparahan (*severity*)

3. Tentukan nilai tingkat kegagalan (*occurance*) yang sering muncul
4. Tentukan nilai deteksi (*detection*) munculnya kegagalan
5. Menghitung hasil perhitungan RPN
 $RPN = Severity (S) \times Occurance (O) \times Detection (D)$ (5)
6. Mengurutkan nilai RPN dari terbesar ke terkecil untuk melakukan tindakan perbaikan sesuai dengan nilai RPN yang terbesar

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, digunakan metode *Statistical Quality Control (SQC)* dan analisis *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Berikut langkah-langkah untuk mengatasi permasalahan ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Langkah-Langkah Pemecahan Masalah

Uraian dari langkah pemecahan masalah adalah melakukan survey mengenai permasalahan yang ada untuk menentukan rumusan masalah dan tujuan penelitian, lalu mengidentifikasi variabel terikat (kualitas pengelasan) dan variabel bebas (jenis cacat pengelasan). Kemudian melakukan pengumpulan data penelitian meliputi data primer hasil wawancara dengan divisi QC dan data sekunder berupa data *Ultrasonic Test* (UT) pengelasan kapal BRS W-303. Selanjutnya melakukan olah data dengan metode *Statistical Quality Control* (SQC) dengan pendekatan *seven tools* yakni *check sheet*, stratifikasi, histogram, diagram pareto, *scatter* diagram, peta kendali atribut p, dan diagram sebab akibat, lalu dilakukan *brainstorming* untuk memberikan usulan perbaikan dengan analisis *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) didasarkan pada perhitungan nilai RPN dari perkalian *Severity* (S), *Occurance*, dan *Detection* (D).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data selama proses produksi kapal BRS W-303 yaitu data produksi pengelasan dengan jumlah total 51647 mm dan data cacat pengelasan dengan 4 jenis cacat yakni *Slag Inclusion*/Inklusi Terak (SI), *Porosity*/Porositas (POR), *Incomplete Penetration*/Penetrasi Tidak Penuh (IP), dan *Incomplete Fusion*/Penyambungan Tidak Merata (IF). Lalu data diolah menggunakan metode *Statistical Quality Control* dan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA).

A. *Statistical Quality Control* (SQC)

1. *Check Sheet*

Lembar pemeriksaan atau *check sheet* merupakan alat yang digunakan untuk mencatat hasil pengumpulan data dan menyajikan data ke bentuk yang komunikatif. Pada Tabel I, dapat dilihat hasil pengumpulan data sesuai *check sheet*.

TABEL I
CHECKSHEET

No	Item	Jenis Cacat			
		<i>Slag Inclusion</i>	<i>Porosity</i>	<i>Incomplete Penetration</i>	<i>Incomplete Fusion</i>
1	Me Seat (Engine Bed) Engine Girder 1 (S)	eeee eea	Eeee E	Eeeee Eeeee a	Eeeee Eee

No	Item	Jenis Cacat			
		Slag Inclusion	Porosity	Incomplete Penetration	Incomplete Fusion
2	Me Seat (Engine Bed) Engine Girder 1 (P)	Eeeee ec	Eeeee A	Eeeee Eeeed	Eeeee eeea
3	Me Seat (Engine Bed) Engine Girder 2 (S)	Eed	eed	Eeeeb	eeea
4	Me Seat (Engine Bed) Engine Girder 2 (P)	Eed	Ee	Eeeea	Eed
5	Fore Bullbouse Bow (FBB)	Eee	Eeb	Eeeeb	eeeb
6	House Pipe Block FP (P)	Eeeee Eea	Eeeee A	Eeeee Eeee	Eeeee Ed
7	Stern Tube (P)	Eeeee E	Eeeec	Eeeee Eeec	Eeeee Eb
8	Stern Tube (S)	Eeeee eb	Eeeed	Eeeee eeeb	Eeeee ee

Sumber: Data Internal PT. PAL Indonesia

Keterangan:

A = 5 mm (1 turus mewakili 5 mm)

2. Stratifikasi

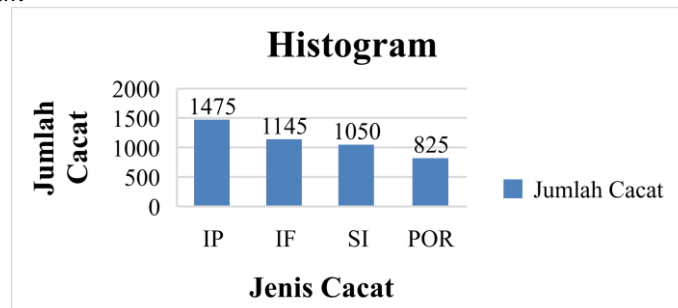
Stratifikasi adalah tahapan untuk melakukan pengkategorian data ke dalam kelompok-kelompok yang memiliki karakteristik sama. Kriteria yang ditetapkan adalah kecacatan pada pengelasan kapal BRS W-303 dengan empat jenis kecacatan yaitu *Slag Inclusion*/Inklusi Terak (SI), *Porosity*/Porositas (POR), *Incomplete Penetration*/ Penetrasi Tidak Penuh (IP), dan *Incomplete Fusion*/Penyambungan Tidak Merata (IF). Pada tabel II ditunjukkan hasil stratifikasi sesuai *check sheet*.

TABEL II
STRATIFIKASI

No	Item	Produksi (mm)	Jenis Cacat				Cacat (mm)
			Slag Inclusion	Porosity	Incomplete Penetration	Incomplete Fusion	
1	Me Seat (Engine Bed) Engine Girder 1 (S)	8400	180	150	255	200	785
2	Me Seat (Engine Bed) Engine Girder 1 (P)	8400	165	130	245	205	745
3	Me Seat (Engine Bed) Engine Girder 2 (S)	3697	70	70	110	80	330
4	Me Seat (Engine Bed) Engine Girder 2 (P)	3180	70	50	105	70	295
5	Fore Bullbouse Bow (FBB)	3480	75	60	110	85	330
6	House Pipe Block FP (P)	8690	180	130	225	170	705
7	Stern Tube (P)	7900	150	115	215	160	640
8	Stern Tube (S)	7900	160	120	210	175	665
	Σ	51647	1050	825	1475	1145	4495

Sumber: Data Internal PT. PAL Indonesia

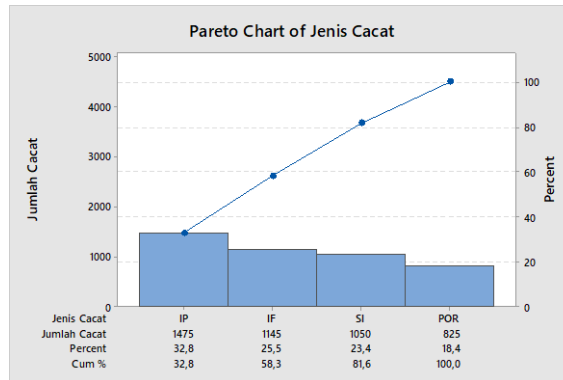
3. Histogram



Gambar 2. Histogram

Berdasarkan pada gambar 2, dapat diketahui bahwa jenis cacat paling banyak terjadi yakni cacat *Incomplete Penetration*/Penetrasi Tidak Penuh (IP) sebesar 1475 mm, lalu cacat *Incomplete Fusion*/Penyambungan Tidak Merata (IF) sebesar 1145 mm, kemudian cacat *Slag Inclusion*/Inklusi Terak (SI) sebesar 1050 mm, dan cacat *Porosity*/Porositas (POR) sebesar 825 mm.

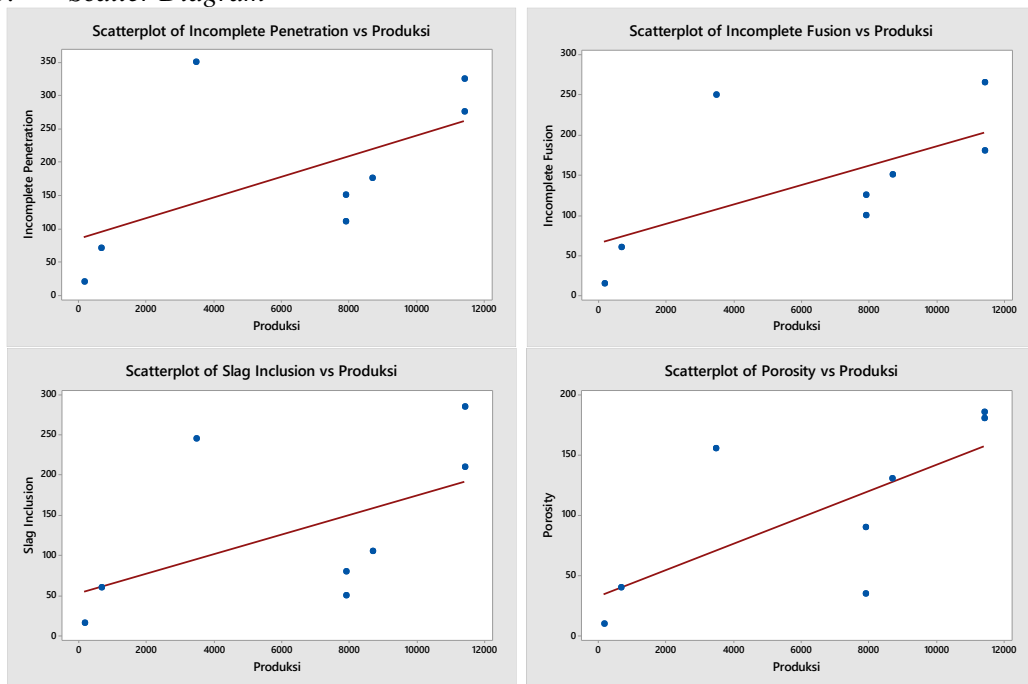
4. *Diagram Pareto*



Gambar 3. Diagram Pareto

Berdasarkan gambar 3, dapat dilihat bahwa jenis cacat paling dominan dilihat dari persentase kumulatif adalah *Incomplete Penetration*/Penetrasi Tidak Penuh (IP) sebesar (32,8%), lalu diikuti *Incomplete Fusion*/Penyambungan Tidak Merata (IF) sebesar (25,5%), kemudian *Slag Inclusion*/Inklusi Terak (SI) sebesar (23,4%), dan *Porosity*/Porositas (POR) sebesar (18,4%).

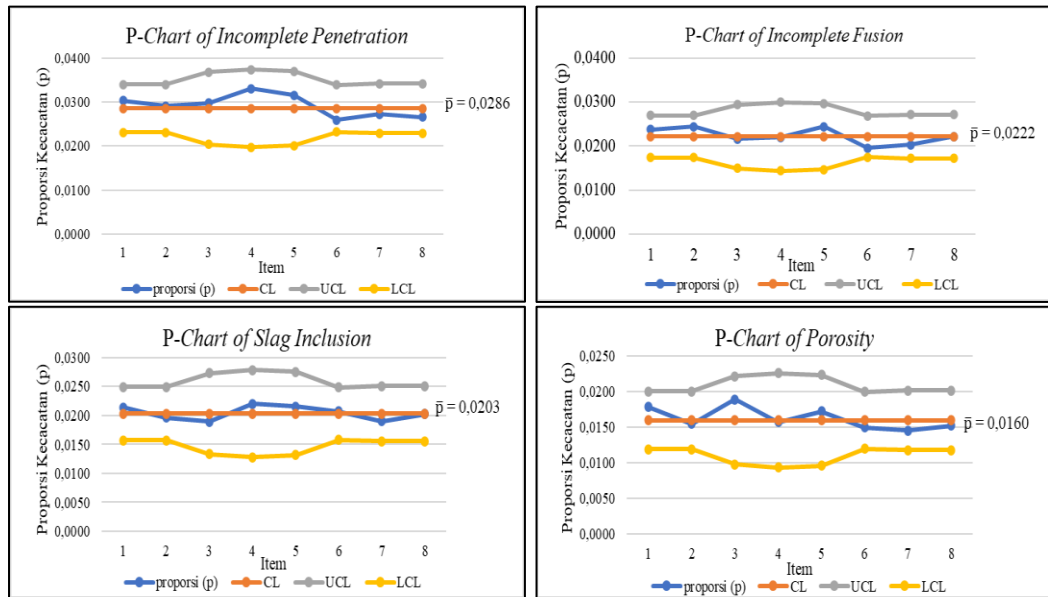
5. *Scatter Diagram*



Gambar 4. Scatter Diagram

Berdasarkan gambar 4, pada keempat jenis cacat yakni *Incomplete Penetration*/Penetrasi Tidak Penuh (IP), *Incomplete Fusion*/Penyambungan Tidak Merata (IF), *Slag Inclusion*/Inklusi Terak (SI), dan *Porosity*/Porositas (POR) terhadap produksi pengelasan hasilnya menunjukkan bahwa dari keempat jenis cacat tersebut terdapat korelasi positif (hubungan positif) dimana peningkatan variabel X diikuti dengan peningkatan variabel Y, dengan makna saat terjadi peningkatan pengelasan maka terjadi peningkatan juga pada jumlah cacat begitupun sebaliknya.

6. Control Chart

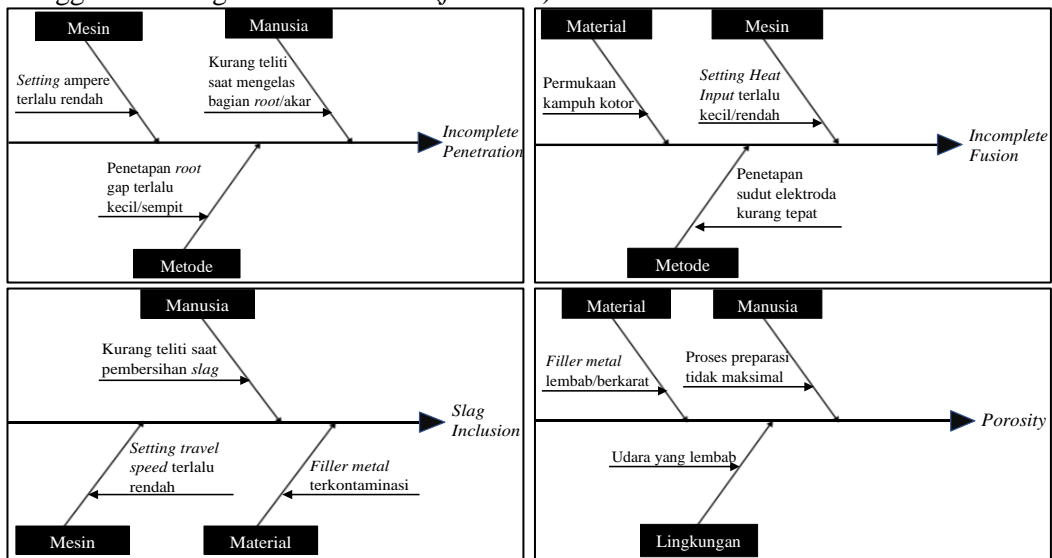


Gambar 5. Peta Kontrol P

Berdasarkan gambar 5, *control chart* atau peta kendali atribut p menunjukkan untuk keempat jenis cacat yakni *Incomplete Penetration*/Penetrasi Tidak Penuh (IP), *Incomplete Fusion*/Penyambungan Tidak Merata (IF), *Slag Inclusion*/Inklusi Terak (SI), dan *Porosity*/Porositas (POR) bahwa cacat yang terjadi masih terkendali (tidak *out of control*).

7. Diagram Sebab Akibat

Dengan diagram sebab akibat dilakukan analisis penyebab terjadinya cacat *Incomplete Penetration*/Penetrasi Tidak Penuh (IP), *Incomplete Fusion*/Penyambungan Tidak Merata (IF), *Slag Inclusion*/Inklusi Terak (SI), dan *Porosity*/Porositas (POR) menggunakan diagram sebab akibat (*fishbone*).



Gambar 6. Diagram Sebab Akibat

Berdasarkan gambar 6, dapat diketahui penyebab kecacatan pada masing-masing faktor. Untuk cacat *Incomplete Penetration*/ Penetrasi Tidak Penuh (IP) penyebab masalah ditinjau dari mesin, manusia, dan metode kerja. Untuk cacat *Incomplete Fusion*/ Penyambungan Tidak Merata (IF) penyebab masalah ditinjau dari material, mesin, dan metode kerja. Untuk cacat *Slag Inclusion*/ Inklusi Terak (SI) penyebab masalah ditinjau dari manusia, mesin, dan material. Untuk cacat *Porosity*/Porositas (POR), penyebab masalah ditinjau dari material, manusia, dan lingkungan.

B. *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*

Setelah dilakukan olah data dengan *Statistical Quality Control*, diketahui cacat paling dominan adalah *Incomplete Penetration/* Penetrasi Tidak Penuh (IP), kemudian diikuti *Incomplete Fusion/* Penyambungan Tidak Merata (IF), *Slag Inclusion/* Inklusi Terak (SI), dan *Porosity/* Porositas (POR). Selanjutnya, sesuai diagram sebab akibat diketahui penyebab kecacatan pengelasan kapal BRS W-303 untuk dilakukan tindakan usulan perbaikan dengan menggunakan analisis *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)* dengan menentukan nilai *Risk Priority Number (RPN)* berdasarkan nilai *Severity (S)*, *Occurance (O)*, dan *Detection (D)* ditunjukkan pada tabel III.

TABEL III
FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA)

Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure	S	Potential cause	O	Current Control	D	RPN
Incomplete Penetration	Akan menimbulkan takikan (<i>notch</i>) yang berpotensi menjadi retak (<i>crack</i>) lalu menimbulkan SCC (<i>Stress Corrosion Cracking</i>), dan mengurangi kekuatan las yang berakibat fatal terhadap ketahanan dan keamanan	8	Setting ampere terlalu rendah	5	Menyesuaikan parameter	4	160
			Kurang teliti saat mengelas bagian <i>root/akar</i>	5	Melakukan <i>briefing</i> pada <i>welder</i>	3	120
			Penetapan <i>root gap</i> terlalu kecil/sempit	6	Menyesuaikan jarak <i>root gap</i> sesuai prosedur	6	288
Incomplete Fusion	Akan menjadi penyebab terjadinya <i>crack</i> apabila terkena beban dan mengurangi kekuatan las yang berakibat fatal terhadap ketahanan dan keamanan	8	Permukaan kampuh kotor	4	Membersihkan kampuh sebelum digunakan	3	96
			Setting Heat Input terlalu kecil	5	Menyesuaikan <i>heat input</i> sesuai prosedur	4	160
			Penetapan sudut elektroda kurang tepat	6	Menetapkan sudut elektroda sesuai prosedur	5	240
Slag Inclusion	Akan menjadi penyebab terjadinya <i>crack</i> apabila terkena beban dan mengurangi kekuatan sambungan las	6	Kurang teliti saat pembersihan <i>slag</i>	6	Mengingatkan <i>welder</i> untuk mengecek ulang tidak ada <i>slag</i> dan celah saat pembersihan interlayer	6	216
			Setting travel speed terlalu rendah	4	Menyesuaikan <i>travel speed</i> sesuai prosedur	3	72
			Filler metal terkontaminasi	4	Menangani <i>filler metal</i> sesuai prosedur	4	96
Porosity	Akan mudah menyebabkan munculnya korosi dari dalam lasan dan akan menjadi penyebab terjadinya <i>crack</i> apabila terkena beban	7	Filler metal lembab/berkarat	5	Menangani <i>filler metal</i> sesuai prosedur	4	140
			Proses preparasi tidak maksimal	6	Mengawasi proses preparasi/ pembersihan dari kotoran dengan benar	5	210
			Udara yang lembab	6	Tidak melakukan pengelasan saat hujan	3	126
			Hembusan angin	6	Melindungi daerah pengelasan dengan pelindung selubung	3	126

Berdasar hasil perhitungan RPN (*Risk Priority Number*) pada tabel III, diketahui bahwa penyebab kegagalan yang menjadi penyebab cacat produk diurutkan dari perhitungan nilai tinggi ke rendah untuk pemberian rekomendasi perbaikan dari setiap penyebab kegagalan (*potential cause*). Adapun rekomendasi berdasarkan urutan RPN dapat dilihat pada tabel IV.

TABEL IV
REKOMENDASI PERBAIKAN BERDASARKAN URUTAN RPN

Priority	Potential Failure Mode	Potential cause	RPN	Recommendation
1	Incomplete Penetration	Penetapan <i>root gap</i> terlalu kecil/sempit	288	Menegaskan kepada <i>welder</i> untuk wajib membaca dan memahami WPS yang akan digunakan
2	Incomplete Fusion	Penetapan sudut elektroda kurang tepat	240	Melakukan pengecekan sudut elektroda sesuai WPS yang

Priority	Potential Failure Mode	Potential cause	RPN	Recommendation
				digunakan sebelum mulai mengelas
3	Slag Inclusion	Kurang teliti saat pembersihan slag	216	Mengawasi welder lebih ketat saat melakukan pembersihan slag agar tidak terjadi penumpukan sisa las/terak berulang kali
4	Porosity	Proses preparasi tidak maksimal	210	Melakukan briefing setiap sebelum dilakukan pengelasan
5	Incomplete Penetration	Setting ampere terlalu rendah	160	Menyesuaikan parameter ampere sesuai WPS yang digunakan
6	Incomplete Fusion	Setting Heat Input terlalu kecil	160	Menyesuaikan heat input sesuai WPS yang digunakan
7	Porosity	Filler metal lembab/berkarat	140	Menggunakan prosedur yang direkomendasikan untuk treatment elektroda
8	Porosity	Udara yang lembab	126	Memberikan pre-heat untuk mengurangi kelembaban dan menambah blower di area pengelasan
9	Porosity	Hembusan angin	126	Melindungi daerah pengelasan dengan memberi selubung / tirai / sekat
10	Incomplete penetration	Kurang teliti saat mengelas bagian root/akar	120	Pemberihan arahan kepada welder sebelum memulai pengelasan dan melakukan training agar lebih terampil
11	Incomplete Fusion	Permukaan kampuh kotor	96	Membuat prosedur untuk wajib memperhatikan kondisi area pengelasan sebelum dan sesudah pengelasan
12	Slag Inclusion	Filler metal terkontaminasi	96	Menggunakan prosedur yang direkomendasikan untuk menyimpan elektroda
13	Slag Inclusion	Setting travel speed terlalu rendah	72	Menyesuaikan arus pengelasan dan travel speed sesuai dengan WPS yang digunakan

Berdasarkan tabel IV, dapat dilihat bahwa penyebab kecacatan dengan nilai RPN (*Risk Priority Number*) tertinggi 288 yaitu pada cacat *Incomplete Penetration* dengan penyebab kecacatan penetapan *root gap* terlalu kecil/ sempit, dan rekomendasi usulan perbaikan yakni menegaskan kepada *welder* untuk wajib membaca dan memahami WPS yang akan digunakan untuk mengelas dengan benar.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah bahwa cacat yang dominan terhadap kualitas pengelasan yakni *Incomplete Penetration*/Penetrasi Tidak Penuh (IP) dengan persentase sebesar (32,8%), lalu diikuti *Incomplete Fusion*/Penyambungan Tidak Merata (IF) sebesar (25,5%), kemudian *Slag Inclusion*/Inklusi Terak (SI) sebesar (23,4%), dan *Porosity*/Porositas (POR) sebesar (18,4%). Faktor penyebab cacat *Incomplete Penetration*/Penetrasi Tidak Penuh (IP) adalah dari segi mesin *setting ampere* terlalu rendah, dari segi manusia kurang teliti saat mengelas bagian *root/akar*, dan dari segi metode kerja penetapan *root gap* terlalu kecil/ sempit.

Berdasarkan hasil perhitungan RPN untuk FMEA pengelasan kapal BRS W-303 didapatkan beberapa risiko yang memiliki tingkat prioritas paling tinggi untuk melakukan perbaikan guna memperkecil kemungkinan terjadinya kesalahan. Perhitungan Nilai RPN paling tinggi adalah 288 dari jenis cacat *Incomplete Penetration*/Penetrasi Tidak Penuh (IP) dengan penyebab penetapan *root gap* terlalu kecil/ sempit. Rekomendasi usulan perbaikan untuk mengatasi masalah ini adalah menegaskan kepada *welder* untuk wajib membaca dan memahami WPS yang akan digunakan untuk mengelas dengan benar.

DAFTAR PUSTAKA

- Andespa, I. (2020), "Analisis Pengendalian Mutu dengan Menggunakan Statistical Quality Control (SQC) pada PT. Pratama Abadi Industri (JX) Sukabumi," *E-Jurnal Ekonomi dan Bisnis Universitas Udayana*, Vol. 19, No. 2, pp. 129-160.
- Anggraini, M., Sulastri., & Nur, A. A. (2019), "Analisis Pengendalian Kualitas Pengolahan Produk Karet Remah SIR 20 dengan Pendekatan Statistical Quality Control," *Jurnal Rekayasa, Teknologi, dan Sains*, Vol. 3, No. 1, pp. 21-26.
- Arianti, M. S., Emy R., & R. R. Yulianti, P. (2020), "Analisis Pengendalian Kualitas Produk dengan Menggunakan Statistical Quality Control (SQC) Pada Usaha Amplang Karya Bahari Di Samarinda," *Jurnal Bisnis dan Pembangunan*, Vol. 9, No. 2, pp. 1-13.
- Hairiyah, N., Raden, R. A., & Eva, L. (2019), "Analisis Statistical Quality Control (SQC) pada Produksi Roti di Aremania Bakery," *Industria : Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, Vol. 8, No. 1, pp. 41-48.
- Haryanto, E., & Ipin, N. (2019), "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Bos Rotor pada Proses Mesin CNC Lathe dengan Metode Seven Tools," *Jurnal Teknik: Universitas Muhammadiyah Tangerang*, Vol. 8, No. 1, pp 69-77.
- Hendrawan, D., Sri, M. W., & Hartati, W. (2020), "Analisis Pengendalian Kualitas Pada Proses Boning Sapi Wagyu Menggunakan Statistical Quality Control (SQC) di PT. Santosa Agrindo," *Journal Industrial Engineering & Management Research (JIEMAR)*, Vol. 1, No. 2, pp 195-206.
- Kuswardani, I., Ni, Made S. Y. P., & Heni, H. U. (2020), "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Telur di Persada Farm Dusun Argopeni Desa Sudimoro Kecamatan Srumbung Kabupaten Magelang," *Jurnal Dinamika Sosial Ekonomi*, Vol. 21, No. 2, pp. 105-121.
- Lo, Huai W., James, J. H., & Liou. (2018), "A novel multiple-criteria decision-making-based FMEA model risk assessment," *Applied Soft Computing*, Vol. 73, No. 7, pp. 684-696.
- Matondang, T. P., & Muhammad, M. U. (2018), "Aplikasi Seven Tools untuk Mengurangi Cacat Produk White Body pada Mesin Roller," *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, Vol. 2, No. 2, pp 59-66.
- Nurkholiq, A., Oyon, S., & Iwan, S. (2019), "Analisis Pengendalian Kualitas (Quality Control) dalam Meningkatkan Kualitas Produk," *Jurnal ekonomi Ilmu Manajemen*, Vol. 6, No. 2, pp. 393-399.
- Rahayu, P., & Joko, S. (2018), "Analisis Pengendalian Kualitas Produk dengan Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) pada Divisi Curing Plant D PT. Gajah Tunggal, Tbk," *Jurnal Teknik: Universitas Muhammadiyah Tangerang*, Vol. 9, No. 1, pp 81-91.
- Rusydah, M., & Yuana, T. U. (2019), "Analisis Manajemen Pengendalian Mutu Produksi pada Bakpiapia Djogja Tahun 2016 Berdasar Perencanaan Standar Produksi" *AT-TAUZI' : Jurnal Ekonomi Islam*, Vol. 18, No. 1, pp. 47-72.
- Saka, A. J., J. A. Izeke., I. Akeyede., M. O. Adele., & B. L. Adeleke. (2019), "Dual Statistical Quality Control Charts with Table of Quality Determinant in Manufacturing Industries," *IJIPC*, Vol. 7, No. 1, pp. 242-252.
- Sari, R. P. (2018), "Analisis Tingkat Kecacatan Produk Lever Assy Parking Brake Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC)," *Jurnal Teknik Industri HEURISTIC*, Vol. 11, No. 2, pp. 77-83.
- Setiabudi, M. E., Vitasari, P., & Priyasmanu, T. (2020), "Analisis Pengendalian Kualitas Untuk Menurunkan Jumlah Produk Cacat Dengan Metode Statistical Quality Control pada UMKM Waris Shoes," *Jurnal Mahasiswa Teknik Industri*, Vol. 3, No. 2, pp. 211-218.
- Setiawan, L., & Ida, M. A. (2018), "Analisis Pengendalian Proses Produksi dengan Metode Statistical Quality Control pada PT. Estwind Mandiri Semarang," *Jurnal Ekonomi Manajemen dan Akuntansi*, Vol. 25, No. 44, pp 16-28.
- Setiawan, W. B. (2018), "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Ban Vulkanisir dengan Metode Statistical Quality Control (SQC) di CV. Jaya Ban Ars Malang," *Jurnal Vatech*, Vol. 1, No. 1, pp. 6-11.
- Supriyadi, E. (2018), "Analisis Pengendalian Kualitas Produk dengan Statistical Process Control (SPC) di PT. Surya Toto Indonesia, Tbk," *JITMI*, Vol. 1, No. 1, pp. 63-73.
- Susetyo, J. (2013), "Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik," Yogyakarta : AKPRIND Press.
- Suwandi, A., Teuku, Y. Z., & Akhmad, H. (2020), "Minimization of Pipe Production Defects using FMEA method and Dynamic System," *International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 13, No. 5, pp. 953-961.
- Vikri, M. Z. (2018), "Penerapan Metode Statistical Quality Control (SQC) dalam Meminimalisir Cacat Produk Paving Block K300 – T6 di PT. ASE Gresik," *JPTM*, Vol. 6, No. 03, pp 86-92.
- Waluyo, D. A., Koesdijati, T., & Utomo, Y. (2020), "Pengendalian Kualitas," Surabaya : Scopindo Media Pustaka.