



Rekayasa Ulang terhadap Pengendalian Kualitas Gulungan Benang Polyester 20s pada Mesin Winding Menggunakan Metode *Statistical Quality Control* (SQC) dan *Failure Mode and Effect Analysis*

Taufik¹⁾, Agus Nurrokhman²⁾

¹²Program Studi Teknik Industri, Universitas Pamulang, Indonesia

*Corresponding author: dosen01332@unpam.ac.id

ARTICLE INFO

Received: 16-02-2025
Revision: 19-04-2025
Accepted: 28-04-2025

Keywords:

Polyester 20S yarn
Statistical Quality Control
Failure Mode and Effect Analysis

ABSTRACT

PT. Primayudha Mandiri Jaya is a manufacturing company operating in the textile sector. Customer satisfaction is the main goal. Therefore, production quality always comes first. However, there are problems in making this happen, namely that there are often defects in spools of 20s polyester, because these defects greatly exceed the production limit set by the company, namely 5% of total production. The aim of this research is to find out directly the problems that occur in the production process, as well as to find out the resolution of problems that occur on winding machines. To make this happen, the Statistical Quality Control (SQC) method is used. To determine the possibility of failure, the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method is used. SQC is used to control product quality, reduce or prevent product failures, while FMEA is used to identify potential failures in the production process. The results of research using the Statistical Quality Control method, the defect rate of 44.67% in Stitch can be reduced to 43.97% and the defect rate of 36.07% in Swelled Package can be reduced to 29.36%. In the Failure Mode and Effect Analysis method, the factors causing defects are influenced by a lack of attention to components and maintenance on the machine, so the maintenance team is recommended to carry out regular check-ups on the condition of the machine every day. Before repairs were carried out, total defects from January to September reached 68,231.52 or 5.28% of production output. After improvements, the number of defects decreased in October to 6,831.72 or 4.53%. Thus, this research is able to reduce defects in spools of 20s polyester thread by 0.75%.

1. PENDAHULUAN

Dunia bisnis semakin berkembang pesat di era globalisasi. Hal ini terjadi karena ilmu pengetahuan dan teknologi terus berkembang dengan pesat [1]–[3]. Kelangsungan hidup setiap perusahaan dapat terancam jika terjadi persaingan yang ketat di antara mereka. (Suryatman, 2020) Menurut penelitian [4] mengungkapkan bahwa penentu kepuasan pelanggan yang paling penting dan mungkin adalah kualitas. Seiring dengan harga produk yang wajar, kualitas akan memainkan peran utama dalam pemilihan produk. Kualitas produksi perusahaan, dari bahan mentah hingga proses pembuatan, merupakan salah satu perhatian terbesar dalam hal memproduksi barang berkualitas tinggi yang memenuhi kebutuhan pelanggan [5]–[7]. Terlepas dari apakah suatu produk termasuk dalam kategori baik atau buruk (defect), setiap perusahaan memiliki standar untuk produk yang diproduksinya [8]–[10]. Produk cacat adalah produk yang tidak memenuhi standar kualitas perusahaan selama proses pembuatan. Menurut [11] (Arianti, 2020), untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan, maka perusahaan harus melakukan pengendalian mutu pada proses produksinya dengan tujuan

dan tahapan yang jelas, sistem pengendalian mutu produk ini bertujuan untuk menghasilkan kualitas yang sesuai. Pengendalian mutu dalam kualitas harus dapat dilakukan dengan berbagai cara, termasuk pemanfaatan bahan yang bernilai, penciptaan mesin atau peralatan yang memuaskan, dan penyediaan persiapan bagi pekerja yang berbakat.

PT. Primayudha Mandirijaya merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang tekstil yang beroperasi di produksi pemintalan benang. Memproduksi 100% Combed Cotton, 100% Rayon, 100% Polyester, 100% Poly/Rayon, 100% Poly/Cotton. Memiliki 3 unit produksi yaitu Spinning 1 yang memproduksi jenis Cotton dan Rayon, Spinning 2 yang memproduksi jenis Polyester dan gabungan Rayon dan Cotton, dan Spinning 3 yang memproduksi jenis Rayon. Dalam ruang produksi terdapat mesin winding yang digunakan untuk membuat gulungan benang polyester 20s. Dalam penelitian ini ternyata menunjukkan kelainan atau penyimpangan dari norma mutu yang diharapkan dan ditetapkan oleh perusahaan. Berikut data pengamatan dari Januari hingga September 2023 dapat dilihat pada Tabel.1

Tabel 1. Data Pengamatan Hasil Produksi

	Bulan	Jumlah Produksi (Cones)	Jumlah Produksi (Kg)	Produk Cacat (Kg)	Persentase Kecacatan (%)
1	Januari	47.530	119.775,6	6.035,40	5,03%
2	Februari	70.988	178.889,76	9.344,16	5,22%
3	Maret	39.832	100.376,64	5.314,68	5,29%
4	April	30.401	76.610,52	3.843	5,01%
5	Mei	35.465	89.371,8	4.478,04	5,01%
6	Juni	29.826	75.161,52	3.769,92	5,01%
7	Juli	81.786	206.100,72	11.168,64	5,41%
8	Agustus	57.512	144.930,24	7.469,28	5,15%
9	September	119.812	301.926,24	16.808,40	5,56%
	Total	513.152	1.293.143,04	68.231,52	5,27%
	Rata-Rata	57.017	143.682,56	7.581,28	5,27%

Data informasi di atas menunjukkan bahwa terdapat 68.231,52 kg atau 5,27% dari benang polyester 20s yang diproduksi dengan mesin winding, sangat melampaui batas produksi yang ditetapkan yaitu sebesar 5% dari total produksi. Untuk 1 Cones = 2,52 kg. Mesin winding ini berproses memindahkan gulungan benang dari cop ke cone dan membuang benang yang terlalu tebal atau terlalu tipis yang masih menggantung di lilitan pada cone (paper cone maupun plastic cone), sehingga layak untuk ditangani lebih lanjut. Faktor manusia, mesin, bahan, proses, dan lingkungan adalah beberapa variabel yang memengaruhi kualitas produksi polyester 20s. Penelitian ini bagaimana mengurangi kesalahan dengan melakukan kontrol kualitas pada mesin winding. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan yang menyebabkan kecacatan pada polyester 20s sehingga perbaikan yang sesuai dapat diusulkan.

Berdasarkan penelitian terdahulu oleh [12], bahwa dengan metode SQC yang diintegrasikan dengan FMEA mampu memonitor, menganalisis, mengelola, mengendalikan dan meningkatkan proses produksi [13]. Penelitian oleh bahwa impementasinya juga mampu menurunkan defect produk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi kesalahan dengan melakukan kontrol kualitas pada mesin winding dan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan yang menyebabkan kecacatan pada polyester 20s sehingga perbaikan yang sesuai dapat diusulkan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada ruang lingkup PT. Primayudha Mandirijaya beralamat di Desa Ngadirojo, Kecamatan Ampel, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah Indonesia. Adapun waktu penelitian ini dilakukan dari bulan Januari 2023 sampai Oktober 2023.

2.2. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kualitatif yang melibatkan pengumpulan dan analisis data. Dimana masalah tersebutlah yang mendasari peneliti mengambil data yang kemudian diukur dengan angka agar bisa dilakukan sesuai dengan prosedur dan mendapatkan hasil penyelesaian masalah.

2.3. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data yang dibutuhkan dalam penelitian. Adapun pengumpulan data dilakukan dengan cara sebagai berikut: Observasi, Dokumentasi, Studi pustaka.

2.4. Metode Analisis Data

Dalam melakukan penelitian digunakan metode yang tepat dan sistematis dalam pengolahan data agar tercapai tujuan yang diharapkan, untuk dapat menjelaskan mengenai metode serta langkah-langkah yang digunakan penulis selama penelitian, dapat dilihat pada Gambar 1 dan dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1. Alur pemecah masalah

Analisis Statistical Quality Control (SQC)

SQC dilakukan untuk mengetahui kualitas serta mengontrol jumlah kecacatan yang terjadi berdasarkan data produksi pada bulan Januari 2023 hingga September 2023. Analisis data dalam penelitian ini menggunakan 7 Alat (Sevntools) yaitu [14]–[16]:

- a. Check sheet
- b. Stratification
- c. Histogram
- d. Pareto Diagram
- e. Scatter Diagram
- f. P-Chart
- g. Diagram Sebab Akibat
- h. Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA dilakukan untuk mengidentifikasi berbagai jenis kecacatan yang mungkin terjadi dalam proses dan menilai dampak atau efek yang ditimbulkan oleh kecacatan yang telah diidentifikasi tersebut [17]. Adapun tahapan dalam analisis FMEA adalah sebagai berikut [18]–[20]:

- a. Menentukan Apa Saja Dampak Yang Ditimbulkan
- b. Menetapkan Nilai-nilai Severity, Occurent, dan Detection
- c. Mengolah Data dan Mentukan Nilai Risk Priority Number
- d. Membuat Usulan Kendali Yang Dapat Dilakukan
- e. Melakukan Kuesioner Setelah Perbaikan
- f. Melakukan Perbandingan Sebelum dan Sesudah Perbaikan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Statistical Quality Control

Berikut data jumlah produksi dan jumlah kecacatan pada bulan Januari 2023 sampai dengan September 2023 pada Tabel 2 dibawah:

Tabel 2. Data Produksi dan Kecacatan Bulan Januari-September 2023

No	Bulan	Jumlah Produksi	Produk Yang Cacat (Kg)
1	Januari	119.775,6	6.035,40
2	Februari	178.889,76	9.344,16
3	Maret	100.376,64	5.314,68
4	April	76.610,52	3.843
5	Mei	89.371,8	4.478,04
6	Juni	75.161,52	3.769,92
7	Juli	206.100,72	11.168,64
8	Agustus	144.930,24	7.469,28
9	September	301.926,24	16.808,40

Data tersebut adalah jumlah produksi dan jumlah kecacatan pada bulan Januari sampai dengan September 2023 yang nantinya akan digunakan dalam analisis Statistical Quality Control (SQC) untuk mengetahui kualitas serta mengontrol jumlah kecacatan yang terjadi menggunakan 7 Alat (Sevontools). berikut adalah hasil analisis menggunakan Statistical Quality Control (SQC).

1. Lembar Pemeriksaan (Check Sheet)

Check Sheet digunakan untuk mengumpulkan data kemudian mengolahnya menjadi informasi yang dapat membantu pengambilan keputusan. Alat ini dimaksudkan untuk bekerja dengan sortasi informasi sehingga menjadi data yang lebih terbuka. Untuk mencegah cacat pada gulungan benang polyester 20s pada mesin winding, ulasan ini menyusun data menggunakan check sheet. Berikut daftar pemeriksaan kecacatan bulan Oktober 2023 disajikan pada Tabel 3:

Tabel 3. Lembar Check Sheet Setelah Perbaikan di Bulan Oktober 2023

Tgl	Jumlah Produksi (Kg)	Jenis Cacat Gulungan (Cones)					Jumlah Cacat (Cones)	Jumlah Cacat (Kg)
		<i>Swelled Package</i>	<i>Stitch</i>	<i>Pattern Winding</i>	<i>Lapping</i>	<i>Wrinkles</i>		
1	5.528,48	25	43	18	2	12	100	252
2	7.028,99	38	55	28	2	5	128	322,56
3	4.594,06	27	40	10	0	4	81	204,12
4	4.568,66	25	35	18	1	1	80	201,6
5	5.341,59	25	47	17	2	4	95	239,4
6	4.966,01	21	45	20	1	2	89	224,28
7	4.663,01	25	41	18	0	1	85	214,2
8	5.076,69	28	35	20	1	8	92	231,84
9	6.306,85	31	55	22	0	5	113	284,76
10	6.508,25	30	50	20	6	11	117	294,84
11	7.858,17	35	55	26	7	17	140	352,8
12	6.575,39	27	52	27	4	9	119	299,88
13	7.642,25	42	60	30	2	2	136	342,72
14	7.364,65	45	55	28	1	3	132	332,64
15	6.858,43	33	53	20	6	12	124	312,48
16	5.016,82	20	33	18	7	14	92	231,84
17	4.557,77	26	32	13	5	7	83	209,16
18	2.734,30	12	23	8	1	4	48	120,96
19	3.280,44	20	33	6	0	0	59	148,68
20	2.498,43	16	24	4	0	0	44	110,88
21	2.233,53	15	20	4	0	0	39	98,28
22	5.566,58	25	43	18	5	9	100	252
23	6.190,73	42	54	10	1	3	110	277,2
24	6.190,73	40	52	14	0	4	110	277,2
25	6.401,20	34	42	24	5	10	115	289,8
26	5.767,98	31	43	15	4	11	104	262,08

27	6.100,01	35	40	26	4	8	113	284,76
28	1.366,24	10	10	4	0	0	24	60,48
29	1.179,36	8	12	1	0	0	21	52,92
30	1.005,18	5	10	2	0	1	18	45,36
Total	150.970,78	796	1.192	489	67	167	2.711	6.831,72
Total Cacat Per (Kg)	2.005,92	3.003,84	1.232,28	168,84	420,84	2.711	2.711	6.831,72 (4,53%)

Berdasarkan Tabel 3, didapatkan bahwa cacat produksi selama bulan oktober mencapai 6.831,72kg atau sebesar 4,53%. Hal ini membuat produktivitas perusahaan tidak tercapai.

2. Stratifikasi (*Stratification*)

Pembagian atau pengelompokan data berdasarkan karakteristik cacat yang sama yang terjadi di lantai produksi dikenal sebagai stratifikasi. Tujuan dari stratifikasi ini adalah untuk menentukan faktor-faktor yang menyebabkan cacat produk. Berikut jenis stratifikasi kecacatan dari Januari hingga September 2023 disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Stratifikasi Kecacatan bulan Oktober 2023

No.	Jenis Cacat	Jumlah Kecacatan (Kg)
1	<i>Stitch</i>	3.003,84
2	<i>Swelled Package</i>	2.005,92
3	<i>Pattern Winding</i>	1.232,28
4	<i>Lapping</i>	168,84
5	<i>Wrinkles</i>	420,84
Total		6.831,72

Berdasarkan Tabel 4, diketahui jumlah cacat secara total 6.831,72kg atau sebesar 4,53%. Jumlah cacat itu terdiri dari *stitch*, *swelled package*, *pattern winding*, *lapping*, *wrinkles*.

3. Histogram

Histogram adalah grafik distribusi frekuensi yang menampilkan distribusi atau sebaran data dan nilai tengah sebagai standar kualitas produk untuk menganalisis kualitas sekelompok data. Langkah-langkah untuk membuat histogram data produk cacat untuk gulungan benang polyester 20s pada bulan Oktober 2023 tercantum di bawah ini :

Hitung berapa jumlah data cacat = $(n = 30)$

Hitung nilai maksimal (max) = 352,80

Hitung nilai minimal (min) = 45,36

Rumus hitung range = max - min

$$= 352,80 - 45,36$$

$$= 307,44 \text{ bulatkan menjadi } 308$$

Hitung kelas interval = $1 + 3,3 \log n$

$$= 1 + 3,3 \log(30)$$

$$= 5,8745 \text{ menjadi } 6$$

Hitung lebar kelas = Range/(Kelas Interval) = $(308)/6 = 51,33$ menjadi 52

Menentukan batas bawah = 44,86

Menentukan batas atas = 96,86

Menentukan nilai tengah = (Batas Bawah)/(Batas Atas)

Berikut ini adalah nilai tengah untuk masing-masing kelas gulungan benang polyester 20s yang cacat pada bulan Oktober 2023 ditunjukkan pada Tabel 5:

Tabel 5 Perhitungan Histogram Bulan Oktober 2023

No. Kelas	Kelas Interval		Nilai Tengah	Frekuensi
	Batas bawah	Batas atas		
1	44,86	96,86	70,86	3
2	96,86	148,86	122,86	4
3	148,86	200,86	174,86	0

4	200,86	252,86	226,86	10
5	252,86	304,86	278,86	8
6	304,86	356,86	330,86	5
TOTAL				30

Berdasarkan perhitungan tabel 5 dapat melihat frekuensi setiap kelas dan nilai tengah yang menjadi standar kualitas produk. Secara keseluruhan total jumlah frekuensi pada bulan oktober 2023 berjumlah 30.

4. Diagram Pareto

Diagram Pareto adalah representasi visual yang mengidentifikasi masalah paling penting berdasarkan tingkat frekuensi kejadian yang paling sering terjadi. Berikut ini persentase produk benang poliester 20s yang mengalami cacat pada bulan Oktober 2023 dapat dilihat pada Tabel 6:

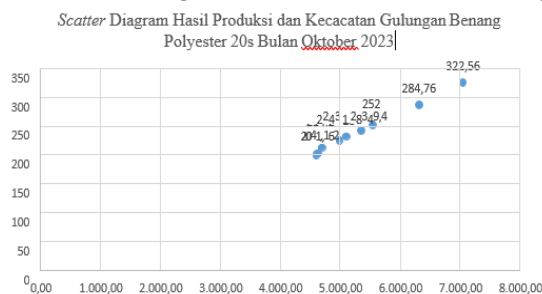
Tabel 6. Diagram Pareto di bulan Oktober 2023

No.	Jenis Kecacatan	Jumlah Kecacatan	Persentase Cacat	Persentase Kumulatif
1	<i>Swelled Package</i>	2.005,92	29,36%	29,36%
2	<i>Stitch</i>	3.003,84	43,97%	73,33%
3	<i>Pattern Winding</i>	1.232,28	13,14%	91,37%
4	<i>Lapping</i>	168,84	1,16%	93,84%
5	<i>Wrinkles</i>	420,84	4,97%	100%
TOTAL		6.831,72	100%	

Diagram Pareto di atas menunjukkan bahwa meskipun beberapa usulan perbaikan telah diterapkan pada bulan Oktober 2023, jenis kecacatan gulungan benang polyester 20s yang paling dominan sering terjadi masih tetap sama. Jenis kecacatan tertinggi adalah *Stitch* dengan persentase 43,97%, diikuti oleh *Swelled Package* sebagai jenis cacat kedua tertinggi dengan persentase 29,36%.

5. Scatter Diagram

Untuk menguji hubungan antara dua variabel, diagram sebar (Scatter) adalah jenis grafik yang menggambarkan data numerik dalam sistem koordinat Cartesius. Setelah beberapa saran perbaikan diterapkan, jumlah hasil produksi dan gulungan benang polyester 20s pada mesin winding, Untuk bulan Oktober 2023 dapat dilihat pada Gambar 2:



Gambar 2. Diagram Scatter bulan Oktober 2023

Grafik pada Gambar 1 menunjukkan pola positif, yaitu pola yang menunjukkan hubungan atau korelasi positif di antara Variabel X (bebas) dan Variabel Y (terikat), dimana nilai-nilai besar dari Variabel X berhubungan dengan nilai-nilai besarnya Variabel Y, sedangkan nilai-nilai kecil variabel X berhubungan dengan nilai-nilai kecil Variabel Y. Semakin ketat data satu dengan lainnya yang artinya relasi data semakin baik. Gambar 2 menjelaskan bahwa sebaran titik-titik jatuh pada sebuah garis lurus dan saling berdekatan membentuk derajat korelasi. Nilai koefisien pada diagram scatter menunjukkan lebih besar 200 artinya mempunyai kekautan atau hubungan yang kuat.

6. P – Chart

Komponen yang ditolak diidentifikasi dengan bantuan diagram kendali. *Stitch* dan *Swelled Package* merupakan jenis cacat yang paling sering ditemukan. Tujuan diagram P-Chart ini adalah untuk menentukan apakah jumlah cacat telah meningkat atau menurun melampaui batas yang ditentukan. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk membuat bagan kendali P :

1) Menggunakan rumus untuk menentukan proporsi cacat produk (p) :

$$P = \frac{\sum np}{\sum n}$$

Keterangan :

$\sum np$ =Jumlah total cacat

$\sum n$ = Jumlah total produk

Berikut adalah hasil perhitungan proporsi kecacatan produk (p) pada Bulan Oktober 2023 :

$$P = \frac{6.831,72}{150.970,78}$$

$$P = 0,0453$$

2) Menghitung garis pusat *Center Line* (CL) yang merupakan mean produk cacat dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{CL}{nP1}$$

Keterangan :

$\sum np$ = Total jumlah cacat

n = Total jumlah produk

3) Gunakan rumus di bawah ini untuk menentukan *Lower Control Limit* (LCL) dan *Upper Control Limit* (UCL) :

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

Berikut adalah hasil perhitungan dari garis pusat *Center Line* (CL), batas kendali atas *Upper Control Limit* (UCL) dan kendali bawah atau *Lower Control Limit* (LCL) pada bulan Oktober 2023 dapat dilihat pada Tabel 7:

Tabel 7. Perhitungan UCL, CL, dan LCL di bulan Oktober 2023

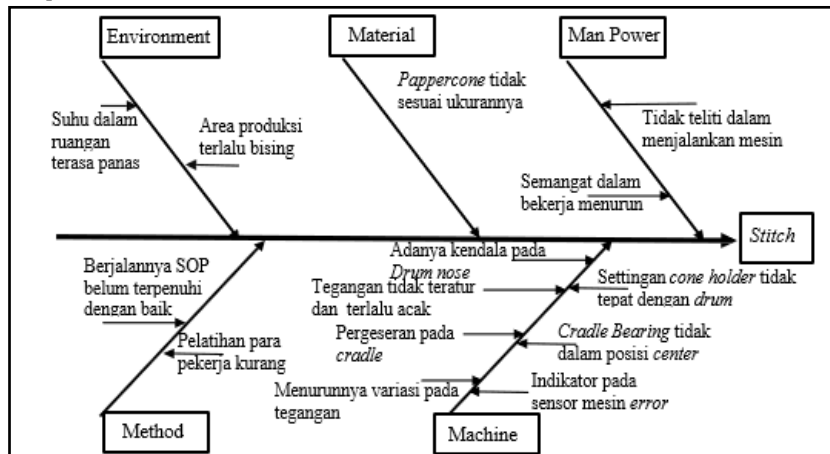
Tgl	<i>Upper Control Limit</i> (UCL)	<i>Control Limit</i> (CL)	<i>Lower Control Limit</i> (LCL)	Tgl	<i>Upper Control Limit</i> (UCL)	<i>Control Limit</i> (CL)	<i>Lower Control Limit</i> (LCL)
1	0,537	0,0456	0,0369	16	0,0541	0,0462	0,0365
2	0,0527	0,0459	0,0379	17	0,0545	0,0459	0,0361
3	0,0545	0,0444	0,0361	18	0,0572	0,0442	0,0344
4	0,0545	0,0441	0,0361	19	0,0562	0,0453	0,0344
5	0,0538	0,0448	0,0368	20	0,0578	0,0444	0,0328
6	0,0542	0,0452	0,0364	21	0,0585	0,0440	0,0321
7	0,0544	0,0459	0,0362	22	0,0537	0,0453	0,0369
8	0,0541	0,0457	0,0365	23	0,0532	0,0448	0,0374
9	0,0532	0,0452	0,0374	24	0,0532	0,0448	0,0374
10	0,0530	0,0453	0,0376	25	0,0531	0,0453	0,0375
11	0,0523	0,0449	0,0383	26	0,0535	0,0454	0,0371
12	0,0530	0,0456	0,0376	27	0,0533	0,0467	0,0373
13	0,0524	0,0448	0,0382	28	0,0622	0,0443	0,0284
14	0,0526	0,0452	0,0380	29	0,0635	0,0449	0,0271
15	0,0528	0,0456	0,0378	30	0,0650	0,0451	0,0256

Kecacatan pada gulungan benang polyester 20s yang diproduksi pada mesin winding di bulan Oktober 2023 masih dalam batas kendali. LCL adalah garis batas bawah yang menunjukkan penyimpangan dari karakteristik sampel. UCL adalah garis batas atas yang menunjukkan penyimpangan yang masih ada. Ketidakadaan titik yang melewati batas UCL dan LCL merupakan bukti yang jelas.

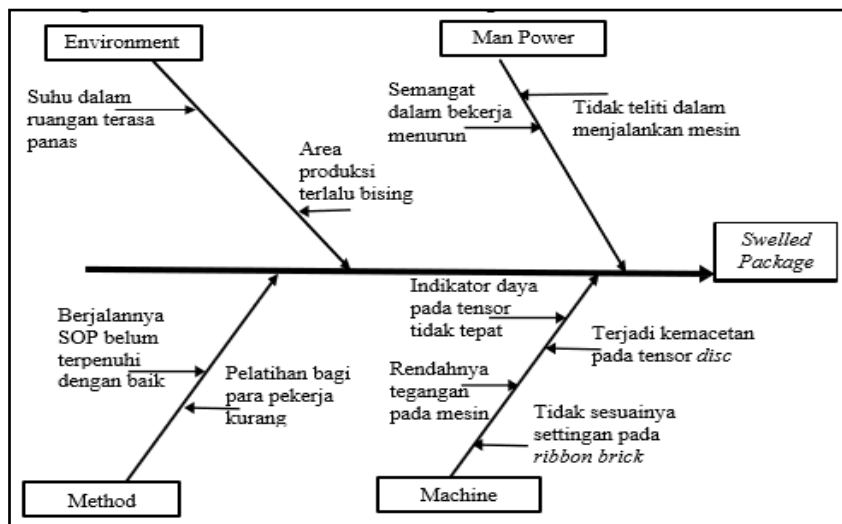
7. Diagram Sebab – Akibat

Diagram Sebab – Akibat ini juga dikenal sebagai tulang ikan (Fishbone). Diagram ini alat untuk mencari penyebab suatu masalah. Diagram. Diagram sebab akibat dalam penelitian ini membantu mengidentifikasi akar penyebab masalah

kecacatan pada mesin winding. Setelah wawancara dengan Sub Head Maintenance dan pengisian kuesioner ke para responden. Menurut Ibu Danik Ratnasari dan para karyawan pabrik, banyaknya kecacatan yang sering terjadi pada gulungan benang polyester 20s mesin winding yaitu jenis *Stitch* dan *Swelled Package*. Oleh karena itu pada dibuatkan Fishbone sebagai berikut pada Gambar 3 dan 4:



Gambar 3. Diagram Sebab dan Akibat jenis *Stitch*



Gambar 4. Diagram Sebab Akibat jenis *Swelled Package*

Dengan memanfaatkan hasil kuesioner, penulis meringkas faktor-faktor penyebab kegagalan yang telah di dapatkan dari jawaban para responden.

3.2. Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Berdasarkan hasil Diagram Sebab dan Akibat, mengidentifikasi kegagalan yang terjadi pada *Stitch* dan *Swelled Package* yang merupakan jenis kecacatan yang telah diidentifikasi. Hal berikutnya yang harus dilakukan adalah dengan mencari tahu seberapa besar dampak yang disebabkan dari kegagalan tersebut.

1. Menentukan apa dampak yang mungkin ditimbulkan oleh kecacatan berdasarkan jenis cacat yang potensial terjadi pada prosesnya, yaitu jenis *Stitch* dan *Swelled Package*. Sehingga dari jenis kecacatan tersebut dapat terjadi dampaknya sebagai berikut:
 - 1) Akibat dari jenis cacat *Stitch* adalah sebagai adalah
 - a. Barang yang dihasilkan tidak memenuhi pedoman
 - b. Tujuan produksi perusahaan tidak terpenuhi.
 - 2) Akibat yang ditimbulkan oleh jenis cacat *Swelled Package* adalah
 - c. Tidak memenuhi target produksi yang ditetapkan perusahaan.
 - d. Persyaratan produk akhir tidak terpenuhi.

2. Menetapkan nilai – nilai *Severity*, *Occurent*, dan *Detection*

Menetapkan nilai-nilai dari efek kecacatan (*Severity*), nilai dari terjadinya peluang (*Occurrence*), dan nilai kemungkinan mendeteksi kontrol kecacatan (*Detection*).. Proses menentukan nilai efek, nilai peluang, nilai kontrol yang dapat dilihat pada **Tabel 8 dan 9**:

Tabel 8. Nilai *Severity*, *Occurrence*, *Detection* Kecacatan *Stitch*

Jenis	Faktor	Penyebab	S	O	D
Stitch	Man Power	Tidak teliti dalam menjalankan mesin	6	5	4
		Menurunnya daya tahan tubuh karyawan	4	4	5
	Material	Ukuran pada <i>pappercone</i> tidak sesuai	6	3	3
		Cacat di bagian belakang <i>drum nose</i>	6	3	4
		Tegangan tidak konsisten atau berubah	7	5	5
		Variasi tegangan menurun	6	3	4
	Machine	<i>Cradle</i> menurun	5	5	3
		Tempat drum di <i>cone holder</i> tidak sesuai	3	4	4
		Putaran center <i>bearing cradle</i> tidak ideal	5	7	3
		Sensor tidak bekerja	6	7	4
	Method	Kurangnya instruksi untuk karyawan	4	5	4
		SOP tidak dilaksanakan dengan baik.	5	5	2
	Envelopment	Suhu dalam ruangan terasa panas	5	7	2
		Area produksi yang bising	4	7	3

Tabel 9. Nilai *Severity*, *Occurrence*, *Detection* Kecacatan *Swelled Package*

Jenis	Faktor	Penyebab	S	O	D
Swelled Package	Man Power	Tidak teliti dalam menjalankan mesin	4	5	5
		Menurunnya daya tahan tubuh karyawan	6	4	4
		Rendahnya tegangan pada mesin	7	7	5
	Machine	Daya tensor yang tidak sesuai	5	3	3
		Ada benda asing di <i>Tensor Disc</i> , maka tidak dapat stabil.	4	3	4
		Settingan <i>Ribbon Brick</i> yang salah	5	7	4
	Method	Kurangnya instruksi untuk karyawan	4	5	4
		SOP tidak dilaksanakan dengan baik	4	4	2
	Envelopment	Suhu dalam ruangan terasa panas	5	7	3
		Area produksi yang bising	5	7	3

3. Mengolah data dan menentukan nilai Risk Priority Number

Menghitung total nilai Risk Priority Number (RPN) yang di dapat dari identifikasi *Severity*, *Occurentce* , dan *Detection*. Kemudian, menentukan kelas tertinggi yang harus diprioritaskan terdahulu untuk mengatasi dampak kegagalan dari suatu produk dan efek kecacatan tertinggi. Maka harus diperoleh hasil nilai-nilai RPN ini. Perhitungan dari nilai-nilai RPN dari *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* ini dapat dilihat pada Tabel 10:

Tabel 10. Nilai RPN Kecacatan *Stitch* dan *Swelled Package* Sebelum Penerapan

No	Jenis	Faktor	Penyebab	S	O	D	RPN
1	Stitch	Man Power	Tidak teliti dalam menjalankan mesin	6	5	4	120
			Menurunnya daya tahan tubuh karyawan	4	4	5	80
		Material	Ukuran pada <i>pappercone</i> tidak sesuai	6	3	3	54
			Cacat di bagian belakang <i>drum nose</i>	6	3	4	72
			Tegangan tidak konsisten atau berubah	7	5	5	175
			Variasi tegangan menurun	6	3	4	72
		Machine	<i>Cradle</i> menurun	5	5	3	75
			Tempat drum di <i>cone holder</i> tidak sesuai	3	4	4	48
			Putaran center <i>bearing cradle</i> tidak ideal	5	7	3	105
			Sensor tidak bekerja	6	7	4	168
		Method	Kurangnya instruksi untuk karyawan	4	5	4	80
			SOP tidak dilaksanakan dengan baik.	5	5	2	50
		Envelopment	Suhu dalam ruangan terasa panas	5	7	2	70

2	<i>Swelled Package</i>	<i>Man Power</i>	Area produksi yang bising	4	7	3	84
			Tidak teliti dalam menjalankan mesin	4	5	5	100
			Menurunnya daya tahan tubuh karyawan	6	4	4	96
		<i>Machine</i>	Rendahnya tegangan pada mesin	7	7	5	245
			Daya tensor yang tidak sesuai	5	3	3	75
			Ada benda asing di <i>Tensor Disc</i> , maka tidak dapat stabil.	4	3	4	48
		<i>Method</i>	Settingan <i>Ribbon Brick</i> yang salah	5	7	4	140
			Kurangnya instruksi untuk karyawan	4	5	4	80
			SOP tidak dilaksanakan dengan baik	4	4	2	32
		<i>Envelopment</i>	Suhu dalam ruangan terasa panas	5	7	3	105
			Area produksi yang bising	5	7	3	105

4. Membuat Usulan Kendali

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan sebelumnya maka mendapatkan hasil Risk Priority Number (RPN) yang tertinggi sampai terendah. Selanjutnya, mengurutkan nilai RPN dari yang tertinggi ke terendah dan mencari kendali yang efektif untuk mengevaluasi tingkat keseriusan pada kegagalan tersebut. Kemudian, menentukan prioritas penyelesaian menerapkan strategi perbaikan tersebut seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut untuk mengetahui bagaimana mengatasi kegagalan ditunjukkan pada Tabel 11 :

Tabel 11. Usulan Perbaikan

No	Jenis	Penyebab	RPN	Kendali
1	<i>Swelled Package</i>	Rendahnya tegangan pada mesin	245	Ganti <i>bobbin</i> yang tidak kendur
2	<i>Stitch</i>	Tegangan tidak konsisten atau berubah	175	Reset tegangan (8% pada benang tunggal dan 15% pada benang 2 ganda)
3	<i>Stitch</i>	Sensor tidak bekerja	168	Bersihkan terlebih dahulu apabila ada kotoran
4	<i>Swelled Package</i>	Settingan <i>Ribbon Brick</i> yang salah	140	Mengatur kembali <i>Ribbon Brick</i> keposisi yang ideal
5	<i>Stitch</i>	Tidak teliti dalam menjalankan mesin	120	Pihak perusahaan harus lebih mengawasi pekerja & pekerja pada mesin <i>winding</i> harus lebih teliti dalam proses yang berjalan
6	<i>Swelled Package</i>	Suhu dalam ruangan terasa panas	105	Memasang pendingin udara atau <i>Chiller Air Conditioning</i>
7	<i>Swelled Package</i>	Kebisingan area produksi	105	Menggunakan K3 alat pelindung seperti klip telinga
8	<i>Stitch</i>	Putaran center <i>bearing cradle</i> tidak ideal	105	Mengganti <i>bearing cradle</i> yang baru
9	<i>Swelled Package</i>	Tidak teliti dalam menjalankan mesin	100	Pihak perusahaan harus lebih mengawasi pekerja & pekerja pada mesin <i>winding</i> harus lebih teliti dalam proses yang berjalan
10	<i>Swelled Package</i>	Menurunnya daya tahan tubuh karyawan	96	Perusahaan harus meningkatkan kebutuhan akan menu makan yang berkualitas
11	<i>Stitch</i>	Kebisingan area produksi	84	Menggunakan K3 alat pelindung seperti klip telinga
12	<i>Stitch</i>	Menurunnya daya tahan tubuh karyawan	80	Perusahaan harus meningkatkan kebutuhan akan menu makan yang berkualitas
13	<i>Swelled Package</i>	Kurangnya instruksi untuk karyawan	80	Mengawasi kegiatan pelatihan dan memastikan menguasai tugas
14	<i>Stitch</i>	Kurangnya instruksi untuk karyawan	80	Mengawasi kegiatan pelatihan dan memastikan bahwa karyawan menguasai tugas mereka
15	<i>Swelled Package</i>	Daya tensor yang tidak sesuai	75	Setting tensornya kembali menjadi ideal dan cocok
16	<i>Stitch</i>	<i>Cradle</i> menurun	75	Kencangkan <i>cradle</i>
17	<i>Stitch</i>	Cacat di bagian belakang <i>drum nose</i>	72	Hentikan mesin dan perbaiki kerusakan. Jika tidak bisa maka ganti dengan yang baru.
18	<i>Stitch</i>	Variasi tegangan menurun	72	Segera ganti copnya untuk menjaga keamanan kerja
19	<i>Stitch</i>	Suhu dalam ruangan terasa panas	70	Memasang pendingin udara atau <i>Chiller Air Conditioning</i>
20	<i>Stitch</i>	<i>Pappercone</i> tidak sesuai	54	Pilih pemasok <i>pappercone</i> yang baik dan berkualitas

21	<i>Stitch</i>	SOP tidak dilaksanakan dengan baik.	50	Memberikan petunjuk sebelum bekerja dan memastikan pelaksanaan prosedur standar operasional (SOP).
22	<i>Stitch</i>	Tempat drum di <i>cone holder</i> tidak sesuai	48	<i>Setting</i> kembali cradlenya
23	<i>Swelled Package</i>	Ada benda asing di <i>Tensor Disc</i> , maka tidak dapat stabil	48	Bersihkan debu dan kotoran yang menempel pada <i>tensor disc</i> .
24	<i>Swelled Package</i>	SOP tidak dilaksanakan dengan baik.	32	Memberikan petunjuk sebelum bekerja dan memastikan pelaksanaan prosedur standar operasional (SOP)

Setelah menghitung dan mengurutkan nilai Risk Priority Number (RPN) dari yang tertinggi hingga yang terendah. Kecacatan Swelled Package memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 245, yang disebabkan oleh tegangan rendah, dan tertinggi kedua yaitu 140, yang disebabkan oleh Settingan Ribbon Brick yang salah. Sementara cacat Stitch memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 175, yang disebabkan oleh tegangan yang tidak tepat atau tidak bervariasi, dan tertinggi kedua yaitu 168, yang disebabkan oleh sensor tidak bekerja

5. Melakukan Kuesioner setelah Perbaikan

Setelah memperoleh prioritas perbaikan yang perlu dilakukan oleh perusahaan hasil nilai Risk Priority Number (RPN) sebelum penerapan. Selanjutnya dilakukan pengisian kuesioner secara ulang untuk membuktikan bahwa pengendalian kualitas dapat menurunkan tingkat kecacatan hingga kurang dari 5% serta mengurangi nilai - nilai Risk Priority Number (RPN). Berikut penyelesaian kuesioner setelah implementasi perhitungan RPN dilihat pada Tabel 12 dan 13:

Tabel 12. Nilai RPN Kecacatan Stitch Setelah Penerapan

Jenis	Faktor	Penyebab	S	O	D	RPN
<i>Stitch</i>	<i>Man Power</i>	Semangat dalam bekerja menurun	4	4	4	64
		Tidak teliti dalam menjalankan mesin	6	2	5	60
	<i>Material</i>	Ukuran pada <i>pappercone</i> tidak sesuai	6	3	3	54
		Tegangan tidak konsisten atau berubah	5	4	5	100
		Cacat di bagian belakang <i>drum nose</i>	4	3	3	36
	<i>Machine</i>	Sensor tidak bekerja	7	5	3	105
		Putaran <i>center bearing cradle</i> tidak ideal	5	6	4	120
		Tempat drum di <i>cone holder</i> tidak sesuai	3	3	4	36
		Pergeseran pada <i>Cradle</i>	5	7	4	140
		Variasi tegangan menurun	6	3	4	72
		SOP tidak dilaksanakan dengan baik.	5	2	4	40
	<i>Method</i>	Kurangnya instruksi untuk karyawan	5	3	4	60
		Area produksi yang bising	4	6	3	72
	<i>Envelopment</i>	Suhu dalam ruangan terasa panas	4	7	2	56

Tabel 13. Nilai RPN Kecacatan Swelled Package Setelah Penerapan

Jenis	Faktor	Penyebab	S	O	D	RPN
<i>Swelled Package</i>	<i>Man Power</i>	Semangat dalam bekerja menurun	6	2	5	60
		Tidak teliti dalam menjalankan mesin	4	4	4	64
		Rendahnya tegangan pada mesin	7	4	5	140
		Terdapat benda asing di <i>Tensor Disc</i> , maka tidak dapat memutar secara stabil	5	3	2	30
	<i>Machine</i>	Daya tensor yang tidak sesuai	4	2	2	16
		Settingan <i>Ribbon Brick</i> yang salah	4	5	2	40
		Kurangnya instruksi untuk karyawan	5	5	4	100
	<i>Method</i>	SOP tidak dilaksanakan dengan baik.	5	2	4	40
		Suhu dalam ruangan terasa panas	4	7	3	72
	<i>Envelopment</i>	Area produksi yang bising	4	6	3	72

6. Melakukan Perbandingan Sebelum dan Sesudah Perbaikan.

Setelah melakukan beberapa hitungan langkah demi langkah dan menghasilkan kesimpulan untuk mengatasi dampak kegagalan suatu produk dan kecacatan produksi benang polyester 20s. Langkah selanjutnya adalah mengimplementasi

perbandingan sebelum dan sesudah penerapan dari Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) kecacatan pada Swelled Package dan Stitch dit. Berikut ini merupakan tabel yang menampilkan hasil perbandingan antara jenis kecacatan yang paling umum dari Stitch dan Swelled Package sebelum dan sesudah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 14:

Tabel 14. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Perbaikan

No	Faktor	Jenis Kecacatan			
		Sebelum Perbaikan		Sesudah Perbaikan	
		<i>Stitch</i>	<i>Swelled Package</i>	<i>Stitch</i>	<i>Swelled Package</i>
1	Jumlah Seluruh Kecacatan	68.231,52 (5,28%)		6.831,72 (4,53%)	
2	Jumlah Kecacatan Perjenisnya	30.479,40 (44,67%)	24.607,80 (36,07%)	3.003,84 (43,97%)	2.005,92 (29,36%)
3	P-Chart Diagram	Bulan Januari, Hingga September 2023		Bulan Oktober 2023	
4	Nilai RPN Tertinggi Pertama	RPN 175 (Tinggi)	RPN 245 (Sangat Tinggi)	RPN 100 (Sedang)	RPN 140 (Tinggi)
5	Penyebab dan Usulan Perbaikan	Tegangan tidak tepat dan bervariasi	Tegangan yang rendah	Set tegangan dengan 10% pada benang <i>single</i> dan 15% pada benang <i>double</i>	Ganti <i>bobbin</i> yang tidak kendur
6	Nilai RPN Tertinggi Kedua	RPN 168 (Tinggi)	RPN 140 (Tinggi)	RPN 105 (Sedang)	RPN 40 (Rendah)
7	Penyebab dan Usulan Perbaikan	Sensor tidak bekerja	<i>Setting ribbon brick</i> tidak sesuai	Bersihkan sensor karena biasanya ada debu atau kotoran	<i>Setting</i> ulang kembali

Perhitungan RPN pada tabel 14, semakin tinggi nilai RPN, semakin tinggi prioritas risiko yang perlu diatasi. RPN digunakan dalam Analisis Mode Kegagalan dan Efek (FMEA) untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko. Nilai RPN dapat digunakan untuk menentukan tindakan perbaikan yang tepat. Nilai RPN dihitung dengan para *expert* melalui *focus group discussion*. Dari Tabel 14 dapat diidentifikasi bahwa nilai RPN tertinggi untuk jenis cacat Stitch mencapai 175. RPN tertinggi kedua yaitu 168. Untuk jenis cacat Swelled Package, nilai RPN tertinggi tercatat 245. RPN tertinggi kedua untuk kecacatan ini adalah 140.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh mengenai apa saja faktor – faktor penyebab terjadinya kecacatan pada gulungan benang polyester 20s pada bagian mesin winding yaitu dikarenakan pihak maintance kurang memperhatikan komponen dan perawatan pada mesin serta peralatan pendukung lainnya. Berdasarkan hasil perhitungan dalam penelitian ini jumlah kecacatan dari Januari hingga September mencapai 68.231,52 kg atau 5,28%. Kemudian menerapkan usulan perbaikan menggunakan Metode *Statistical Quality Control* (SQC) mendapatkan hasil jumlah kecacatan pada bulan Oktober sebesar 6.831,72 kg atau 4,53%. Hal tersebut membuktikan bahwa Metode *Statistical Quality Control* (SQC) terbukti efektif dalam mengendalikan kualitas gulungan benang polyester 20s karena terjadinya penurunan sebesar 0,75% pada mesin winding. Berdasarkan perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN), teridentifikasi bahwa nilai RPN tertinggi untuk jenis Stitch mencapai 175. Penyebab dari kecacatan ini adalah tegangan yang tidak sesuai, yang dapat diatasi dengan penyesuaian tegangan yang normal. RPN tertinggi kedua yaitu 168, disebabkan oleh sensor yang tidak berfungsi, yang dapat diperbaiki dengan membersihkan mesin dari debu. Untuk jenis Swelled Package, nilai RPN tertinggi tercatat 245, dengan penyebab utama adalah tegangan rendah, yang dapat diatasi dengan mengganti bobbin yang kendur. RPN tertinggi kedua yaitu 140, yang diakibatkan oleh pengaturan ribbon brick yang tidak tepat, dan dapat diperbaiki dengan melakukan setting ulang pada ribbon brick tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji serta syukur saya panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah memeberikan rahmat dan hidayahnya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan teknis, dukungan finansial, serta waktu dan tenaga sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga, bapak dan ibu dosen, serta teman-teman yang selalu memberikan dukungan moral dan semangat dalam terselesaikannya penelitian ini. Semua kontribusi dan bantuan yang diberikan sangat berarti bagi terwujudnya jurnal ini. Terima kasih atas segalanya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Bhattacharjee, V. Dey, and U. K. Mandal, "Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) using interval number based BWM—MCDM approach: Risk Expected Value (REV) method," *Soft Comput.*, vol. 26, no. 22, pp. 12667–12688, 2022, doi: 10.1007/s00500-022-07264-9.
- [2] W. Atikno and L. H. Kusumah, "Analysis of FMEA to Determine Failure Mode Priority on the TS Analyzer Machine," in *12th Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2022, pp. 5202–5211.
- [3] V. N. Helia and W. N. Wijaya, "Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Applications to Identify Iron Sand Reject and Losses in Cement Industry : A Case Study," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, 2017, doi: 10.1088/1757-899X/215/1/012039.
- [4] T. H. Suryatman, M. E. Kosim, and S. Julaeha, "Pengendalian Kualitas Produksi Roma Sandwich Menggunakan Metode Statistik Quality Control (Sqc) Dalam Upaya Menurunkan Reject Di Bagaian Packing," *J. Ind. Manuf.*, vol. 5, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.31000/jim.v5i1.2429.
- [5] I. Setiawan and Setiawan, "Defect reduction of roof panel part in the export delivery process using the DMAIC method: a case study," *J. Sist. dan Manaj. Ind.*, vol. 4, no. 2, pp. 108–116, 2020, doi: 10.30656/jsmi.v4i2.2775.
- [6] S. K. Priya, V. Jayakumar, and S. S. Kumar, "Defect analysis and lean six sigma implementation experience in an automotive assembly line," *Mater. Today Proc.*, vol. 22, no. 1, pp. 948–958, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2019.11.139.
- [7] L. A. D. Septania and Deswindi, "Quality Control of Frozen Fish Based on Fault Tree Analysis (FTA) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Methods," *Int. J. Educ. Inf. Technol. Others*, vol. 5, no. 2, pp. 86–92, 2022, doi: 10.5281/zenodo.6585742.
- [8] D. Sjarifudin, H. Kurnia, H. H. Purba, and C. Jaqin, "Implementation of the six sigma approach for increasing the quality of formal men's jackets in the garment industry," *J. Sist. dan Manaj. Ind.*, vol. 6, no. 1, pp. 33–44, 2022, doi: 10.30656/jsmi.v6i1.4359.
- [9] H. Kurnia, C. Jaqin, H. H. Purba, and I. Setiawan, "Implementation of Six Sigma in the Dmaic Approach for Quality Improvement in the Knitting Socks Industry," *Tekst. ve Muhendis*, vol. 28, no. 124, pp. 269–278, 2021, doi: 10.7216/1300759920212812403.
- [10] S. Hendra, I. Setiawan, K. Suroto, A. Setiawan, and A. M. Wahono, "The Effect of Quality and Price on Satisfaction and Impact on Consumer Loyalty," *J. Ind. Manuf. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 64–74, 2022, doi: 10.31289/jime.v6i1.7047.
- [11] M. S. Arianti, E. Rahmawati, D. R. R. Y. Prihatiningrum, J. Magister, and A. Bisnis, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Menggunakan Statistical Quality Control (Sqc) Pada Usaha Amplang Karya Bahari Di Samarinda," *Ed. Juli-Desember*, vol. 9, no. 2, pp. 2541–1403, 2020.
- [12] M. A. L. Rucitra and J. Amelia, "Integration of Statistical Quality Control (SQC) and Failure Mode Effect Analysis (FMEA) Method of Tea Product Packaging," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 709, no. 1, pp. 1–6, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/709/1/012055.
- [13] A. Amelia, A. N. Rukmana, and Selamat, "Usulan Perbaikan Kualitas Menggunakan Statistical Quality Control (SQC) dan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) untuk Meminimasi Cacat Produk di Home Industry Indah Fashion," *Bandung Conf. Ser. Ind. Eng. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 495–511, 2023, doi: 10.29313/bcsies.v3i2.8714.
- [14] W. Y. Mengesha, Yonatan; Singh, Ajit Pal; Amedie, "Quality Improvement Using Statistical Process Control Tools in Glass Bottles Manufacturing Company," *Int. J. Qual. Res.*, vol. 7, no. 1, pp. 107–126, 2013.
- [15] J. Hardono, H. Pratama, and A. Friyatna, "Analisis Cacat Produk Green Tyre dengan Pendekatan Seven Tools," *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 5, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.30656/intech.v5i1.1462.
- [16] V. Devani and M. Oktaviany, "Usulan Peningkatan Kualitas Pulp Dengan Menggunakan Metode Seven Tools Dan New Seven Tools Di Pt. Ik," *Agrointek*, vol. 15, no. 2, pp. 521–536, 2021, doi: 10.21107/agrointek.v15i2.7166.
- [17] L. Kurt and S. Ozilgen, "Failure mode and effect analysis for dairy product manufacturing: Practical safety improvement action plan with cases from Turkey," *Saf. Sci.*, vol. 55, pp. 195–206, 2013, doi: 10.1016/j.ssci.2013.01.009.
- [18] T. Aprianto, I. Setiawan, and H. H. Purba, "Implementasi metode Failure Mode and Effect Analysis pada Industri di Asia – Kajian Literatur," *J. Manaj. Tek. Ind. – Produksi*, vol. 21, no. 2, pp. 165–174, 2021, doi: 10.350587/Matrik.
- [19] J. Doshi and D. Desai, "Application of Failure Mode & Effect Analysis (FMEA) for Continuous Quality Improvement – Multiple Case Studies in Automobile," *Int. J. Qual. Res.*, vol. 11, no. 2, pp. 345–360, 2016, doi: 10.18421/IJQR11.02-07.
- [20] M. Akmal and G. Kurnia, "Analisis Risiko Operasional Gudang Menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (Studi Kasus: Gudang Konsolidasi Ekspor PT XYZ)," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 8, no. 2, pp. 28–38, 2023, doi: 10.33884/jrsi.v8i2.7210.