

## **Pengendalian Kualitas *Mooney Viscosity (MV)* dan *Plasticity Retention Index (PRI)* dalam *Crumb rubber SIR 3CV 60* dengan Metode *Statistical Quality Control (SQC)* di Perusahaan Karet**

**Gustiarini Rika Putri<sup>1</sup>, Khairun Nadiyah<sup>2\*</sup>, Nadya Rishelin<sup>3</sup>, Renny Futeri<sup>4</sup> dan Raihan Akbar Susanto<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,5)</sup> Program Studi Teknik Industri Agro, Politeknik ATI Padang

<sup>4)</sup> Program Studi Analisis Kimia, Politeknik ATI Padang

Jl. Simpang Tabing, Bungo Pasang, Kec. Koto Tangah, Kota Padang, Sumatera Barat 25171

Email: gustiarini.rika@gmail.com, nadiyahkhairun@gmail.com\*, nadya.rishelin@poltekatipdg.ac.id, rennyfuteri290178@gmail.com, susantoraihanakbar@gmail.com

### **Abstrak**

Industri manufaktur, khususnya industri karet, dihadapkan pada tuntutan untuk terus meningkatkan kualitas produk guna menjaga daya saing di pasar. Salah satu produk yang memerlukan pengendalian kualitas yang ketat adalah *Crumb rubber SIR 3CV 60*, di mana dua parameter penting yang harus dijaga adalah *Mooney Viscosity (MV)* dan *Plasticity Retention Index (PRI)*. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode *Statistical Quality Control (SQC)* menggunakan alat-alat seperti Peta Kendali  $\bar{X}$  dan R serta Diagram *Fishbone* guna mengidentifikasi penyebab penyimpangan pada kedua parameter tersebut. Data yang digunakan adalah hasil pengujian kadar MV dan PRI selama 30 hari pada bulan November 2021. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses produksi *Crumb rubber SIR 3CV 60* terkendali secara statistik, namun kapabilitas proses berdasarkan perhitungan Cp dan Cpk menunjukkan bahwa nilai MV dan PRI belum sepenuhnya memenuhi spesifikasi yang ditetapkan, dengan nilai Cpk yang lebih rendah dari 1 untuk kedua parameter tersebut. Selanjutnya, diagram *Fishbone* digunakan untuk mengidentifikasi berbagai faktor penyebab, termasuk kualitas bahan baku, metode produksi, mesin, serta faktor manusia dan lingkungan. Berdasarkan temuan ini, disarankan agar perusahaan melakukan perbaikan pada pengelolaan bahan baku dan parameter mesin untuk mengurangi variasi dan meningkatkan kapabilitas proses produksi, sehingga produk yang dihasilkan dapat lebih konsisten dan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan.

**Kata kunci:** *Crumb rubber SIR 3CV 60*; pengendalian kualitas; *Mooney Viscosity*; *Plasticity Retention Index*; *Statistical Quality Control (SQC)*; diagram *Fishbone*

### **Abstract**

*The manufacturing industry, particularly the rubber industry, is faced with the demand to continuously improve product quality to maintain competitiveness in the market. One such product that requires stringent quality control is Crumb rubber SIR 3CV 60, where two critical parameters that must be monitored are Mooney Viscosity (MV) and Plasticity Retention Index (PRI). This study aims to apply Statistical Quality Control (SQC) methods using tools such as  $\bar{X}$  and R Control Charts and Fishbone Diagram to identify the root causes of deviations in these two parameters. Data from MV and PRI testing over a 30-day period in November 2021 were analysed. The results showed that the production process for Crumb rubber SIR 3CV 60 was statistically controlled. However, process capability calculations based on Cp and Cpk indicated that both MV and PRI values did not fully meet the specified standards, with Cpk values lower than 1 for both parameters. Furthermore, the Fishbone diagram was used to identify various contributing factors, including raw material quality, production methods, machinery, and human and environmental factors. Based on these*

*findings, it is recommended that the company improve raw material management and machine parameters to reduce variation and enhance process capability, thereby producing more consistent products that meet the established quality standards.*

**Keywords:** *Crumb rubber SIR 3CV 60; quality control; Mooney Viscosity; Plasticity Retention Index; Statistical Quality Control (SQC); Fishbone diagram*

## PENDAHULUAN

Dalam dunia industri yang terus berkembang, perusahaan dituntut untuk melakukan perbaikan guna tetap bersaing di pasar. Perbaikan ini meliputi berbagai aspek, seperti desain produk, pengurangan cacat produksi, efisiensi operasional, respons pelanggan, dan peningkatan keterampilan karyawan. Salah satu cara utama untuk meningkatkan kinerja adalah dengan mengurangi cacat produksi melalui analisis akar penyebab masalah. Peningkatan kualitas yang berkelanjutan sangat penting untuk menjaga konsistensi dan akurasi produk (Basu & Montgomery, 1987).

Dalam konteks ini, pengendalian kualitas menjadi aspek yang sangat vital, terutama pada industri yang memproduksi barang dengan standar kualitas yang ketat, seperti perusahaan karet yang bergerak dalam produksi *crumb rubber*. Salah satu produk yang sangat bergantung pada pengendalian kualitas adalah *crumb rubber SIR 3CV 60*, yang diharapkan dapat memenuhi harapan pelanggan dan pasar. Perusahaan karet yang memproduksi *crumb rubber* ini harus memastikan bahwa setiap tahapan dalam proses produksi dijalankan dengan cermat untuk menghasilkan produk yang berkualitas tinggi. Proses pengendalian kualitas dalam produksi *crumb rubber* melibatkan beberapa tahapan, mulai dari penerimaan bahan baku, pengolahan latex, pengendalian kualitas, hingga pengemasan produk. Pengendalian kualitas yang baik tidak hanya memastikan bahwa produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan, tetapi juga membantu menjaga kepuasan pelanggan dan mencegah terjadinya pemborosan dalam waktu, biaya, serta tenaga kerja.

Pada pengendalian kualitas produk *crumb rubber SIR 3CV 60*, ada dua parameter yang sangat penting untuk dijaga, yaitu *Mooney Viscosity (MV)* dan *Plasticity Retention Index (PRI)*. MV ditentukan dengan Mooney Viscometer (Chernyshov et al., 2024; Indrajati & Setyorini, 2019) untuk mengukur kekentalan atau viskositas karet pada suhu tertentu, yang berpengaruh langsung terhadap karakteristik pemrosesan dan vulkanisasi karet. Sementara itu, PRI menggambarkan kemampuan karet untuk mempertahankan plastisitasnya setelah pemanasan, yang mempengaruhi kualitas dan daya tahan produk akhir. Kedua parameter ini menjadi acuan utama dalam memastikan produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ditetapkan perusahaan dan dapat diterima oleh konsumen.

Beberapa aspek yang penting dan acuan utama pembeli adalah pengendalian kualitas MV berdasarkan SNI 8384:2017 dan PRI berdasarkan SNI ISO 2930:2013. Pengujian kadar MV dan PRI merupakan pengecekan pertama yang dilakukan sebelum produk didistribusikan, namun tetapi pada keadaan nyata dalam melakukan pengendalian mutu *crumb rubber SIR 3CV 60* selalu ada menghasilkan mutu yang bervariasi sehingga terjadi beberapa *crumb rubber SIR 3CV 60* yang tidak memenuhi spesifikasi standar mutu perusahaan untuk pengujian MV dan PRI dengan standar kadar MV untuk SIR 3CV 60 sebesar 55-65 ( $\pm 5$ ), dan PRI sebesar min 60. Produk yang tidak memenuhi standar ini harus dikategorikan sebagai *reject*, yang tentunya dapat menyebabkan peningkatan biaya pengecekan ulang, waktu, dan tenaga kerja. Penurunan nilai MV dan PRI sering kali terjadi

karena berbagai faktor, seperti fluktuasi kualitas bahan baku, variasi dalam proses produksi, atau ketidaktepatan pengaturan mesin.

Untuk mengatasi variasi dalam kualitas produk dan meminimalkan produk reject, perusahaan perlu mengimplementasikan *Statistical Quality Control (SQC)* (Ishak et al., 2020; Mitra, 2021; Nadiyah & Dewi, 2022). Metode SQC menggunakan pendekatan berbasis statistik untuk memantau dan mengendalikan kualitas produk sepanjang proses produksi (Emir, 2024; Mitra, 2021; Pramono et al., 2024). Dalam hal ini, perusahaan dapat menggunakan alat-alat dalam SQC seperti Diagram *Fishbone* (Ishikawa) dan Peta Kendali X dan R. Diagram *Fishbone* berguna untuk menganalisis akar penyebab masalah yang dapat mempengaruhi kualitas produk (Achmad et al., 2023; Handayani et al., 2023), sementara Peta Kendali X dan R digunakan untuk memantau stabilitas dan konsistensi proses produksi (Arti et al., 2018); sehingga perusahaan dapat mengetahui apakah proses tersebut berada dalam batas kendali yang telah ditentukan.

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode *SQC*, dengan menggunakan diagram *Fishbone* dan peta kendali  $\bar{X}$  dan R, untuk mengidentifikasi penyebab penyimpangan dalam parameter MV dan PRI pada produk *Crumb rubber SIR 3CV 60*. Diharapkan, dengan penerapan metode ini, perusahaan dapat mengurangi tingkat produk reject, meningkatkan efisiensi pengecekan ulang, serta memastikan kualitas produk yang konsisten sesuai dengan standar yang ditetapkan. Hal ini pada akhirnya akan meningkatkan kepuasan pelanggan dan memperkuat daya saing perusahaan di pasar.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan mengendalikan kualitas produk *Crumb rubber SIR 3CV 60* melalui analisis MV dan PRI menggunakan metode statistik dan pengendalian kualitas. Penelitian ini menggabungkan pendekatan kualitatif kuantitatif dalam pengumpulan data, yang mencakup observasi lapangan dan wawancara dengan pihak-pihak terkait untuk memperoleh informasi yang komprehensif. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sampel pengujian kadar MV dan kadar PRI selama 30 hari pada bulan November 2021. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan alat Diagram Sebab-Akibat (*Fishbone*) dan Peta Kendali  $\bar{X}$  dan R untuk menganalisis faktor-faktor penyebab dan variasi dalam kualitas produk.

### **Prosedur Penentuan MV**

Prosedur untuk menentukan MV bertujuan untuk mengukur kekentalan atau viskositas karet pada suhu tertentu (Taylor & Veith, 2020), yang merupakan salah satu parameter utama dalam pengendalian kualitas crumb rubber. Adapun tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Pemotongan Contoh Uji: Potong contoh uji menjadi dua bagian berbentuk piringan dengan diameter sekitar 50 mm dan ketebalan sekitar 6 mm sesuai dengan ketebalan penyeragaman contoh.
- b. Persiapan Rotor: Lubangi salah satu piringan karet pada bagian tengah agar potongan uji dapat dipasang pada as rotor.
- c. Pemanasan Alat dan Rotor: Panaskan cetakan dan rotor hingga mencapai suhu pengujian yang telah ditentukan, yaitu  $100 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Pastikan suhu stabil sebelum dimulainya pengujian. Untuk pengujian karet SIR, gunakan rotor L (*Large*), sedangkan untuk kompon karet, gunakan rotor S (*Small*).
- d. Penempatan Contoh Uji: Setelah cetakan dibuka, pasang potongan uji yang telah dilubangi pada rotor, lalu masukkan kembali ke dalam cetakan. Letakkan potongan uji kedua yang tidak berlubang pada bagian tengah rotor dan segera tutup cetakan.

- e. Pemanasan Awal: Catat waktu saat cetakan ditutup dan lakukan pemanasan karet selama 1 menit (waktu pemanasan awal).
- f. Pengujian: Nyalakan rotor dan amati viskositas karet. Jika viskometer tidak dilengkapi pencatat kontinu, ukur dan catat skala viskositas setiap 30 detik hingga mencapai 4 menit pengujian.
- g. Pembacaan Hasil: Nilai MV dicatat pada menit ke-4 setelah rotor dinyalakan.
- h. Penyelesaian Pengujian: Setelah pengujian selesai, matikan rotor, buka cetakan, dan keluarkan rotor beserta karet yang telah diuji.

### **Prosedur Penentuan Plastisitas dan PRI**

Penentuan plastisitas dan PRI dilakukan untuk mengukur kemampuan karet dalam mempertahankan plastisitasnya setelah dipanaskan (Ponciano et al., 2024). Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan:

- a. Penggilingan Contoh Uji: Giling contoh uji seberat 15–25 g sebanyak dua kali dengan rol gilingan tanpa friksi, dengan celah rol diatur sehingga lembaran karet yang dihasilkan memiliki ketebalan akhir sekitar 1,7 mm.
- b. Lipat dan Tekan: Lipat lembaran karet menjadi dua dan tekan perlahan dengan telapak tangan untuk menghindari gelembung udara. Pastikan permukaan karet tetap rata dan tidak berlubang.
- c. Pemotongan Contoh Uji: Potong lipatan karet menggunakan pelubang berdiameter 13 mm menjadi enam potong, masing-masing dengan ketebalan  $3,4 \pm 0,4$  mm.
- d. Penempatan Potongan Uji: Tempatkan potongan uji pertama di tengah antara dua lembar kertas sigaret, lalu letakkan seluruhnya antara piringan yang telah dipanaskan. Atur alat pengukur ketebalan pada angka nol saat piringan ditutup.
- e. Penerapan Tekanan: Tekan potongan uji hingga ketebalan  $1,00 \pm 0,01$  mm dengan alat penggerak piringan dan pertahankan tekanan selama 15-16 detik sebagai periode pra-pemanasan.
- f. Pengujian Plastisitas: Setelah periode pra-pemanasan selesai, plastimeter secara otomatis akan menerapkan gaya uji. Baca ketebalan setelah 15 detik pengujian.
- g. Proses Pemanasan dan Pendinginan: Susun potongan uji kedua pada nampan aluminium dan masukkan ke dalam oven pada suhu  $140 \pm 0,2^\circ\text{C}$ , lalu tutup oven. Setelah pemanasan, keluarkan potongan dan biarkan dingin hingga suhu ruang selama 30 menit (maksimal 2 jam).
- h. Pembacaan Hasil: Tentukan nilai plastisitas dengan mengikuti prosedur yang sama pada langkah 4–6 untuk potongan uji kedua.

### **Peta Kendali $\bar{X}$ dan R**

Peta kendali  $\bar{X}$  dan R digunakan untuk memantau stabilitas proses produksi dan untuk mendeteksi adanya penyimpangan atau variasi yang tidak terkendali (Hajej et al., 2021; Xie et al., 2002). Langkah-langkah yang dilakukan dalam penggunaan peta kendali ini adalah:

- a. Mengontrol proses produksi untuk menemukan dan memperbaiki masalah yang terjadi, guna menjaga kualitas produk yang konsisten.
- b. Memprediksi dan memperoleh kisaran (*range*) dari hasil proses yang sedang dianalisis.
- c. Menilai apakah proses yang dipelajari stabil dengan memeriksa batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL).
- d. Menganalisis pola variasi dalam proses untuk mengetahui apakah ada faktor-faktor khusus yang menyebabkan penurunan nilai MV dan PRI.

- e. Menentukan apakah langkah perbaikan kualitas perlu difokuskan pada pencegahan masalah tertentu atau jika perubahan mendasar dalam proses diperlukan.

**Diagram Sebab-Akibat (*Cause and Effect*)**

Diagram sebab-akibat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab (sebab) yang memengaruhi kualitas produk (akibat), khususnya yang berkaitan dengan penurunan nilai MV dan PRI. Diagram ini membantu dalam menemukan hubungan antara penyebab-penyebab potensial dan variabilitas yang terjadi dalam proses produksi, sehingga langkah-langkah perbaikan yang tepat dapat diambil untuk meningkatkan kualitas produk.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil perhitungan nilai Kadar MV selama 30 hari pada bulan November dengan Peta Kendali  $\bar{X}$  dan R dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

**Tabel 1.** Rekapitulasi nilai Kadar MV

NO	Hasil Sampel (%)		$\bar{X}$	R	NO	Hasil Sampel (%)		$\bar{X}$	R
	X1	X2				X1	X2		
	1	63				63	63		
2	63	55	59	8	17	17	57	59	58
3	55	55	55	0	18	18	59	59	59
4	55	63	59	8	19	19	61	59	60
5	60	63	61,5	3	20	20	59	56	57,5
6	55	56	55,5	1	21	21	58	57	57,5
7	55	63	59	8	22	22	56	62	59
8	55	55	55	0	23	23	61	60	60,5
9	63	55	59	8	24	24	62	56	59
10	58	63	60,5	5	25	25	58	61	59,5
11	55	56	55,5	1	26	26	61	59	60
12	62	63	62,5	1	27	27	62	60	61
13	62	56	59	6	28	28	61	59	60
14	59	60	59,5	1	29	29	61	58	59,5
15	58	62	60	4	30	30	57	60	58,5

Maka, diperoleh total  $X = 1186$  dengan  $R = 50$  dengan  $\bar{X} = 59,30$  dan  $R = 2,50$ . Selanjutnya, batas kendali peta  $\bar{X}$  untuk Bulan November adalah:

$$UCL = \bar{X} + A2 \times R = 59,30 + (1,88 \times 2,50) = 64,1$$

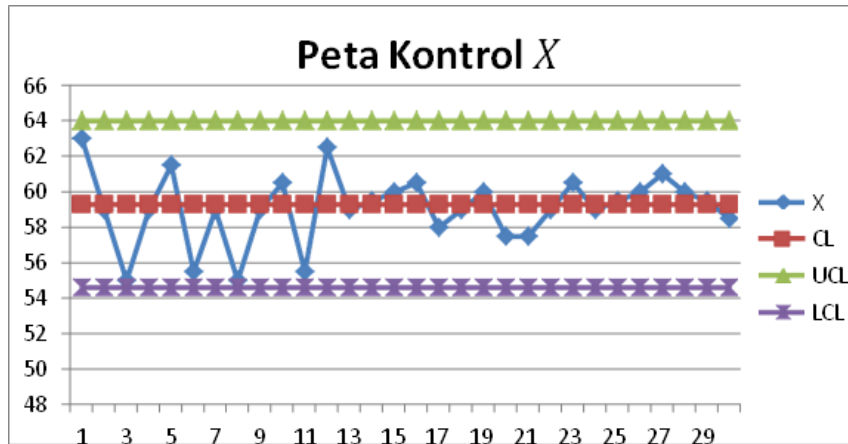
$$LCL = \bar{X} - A2 \times R = 59,30 - (1,88 \times 2,50) = 54,6$$

Batas kendali peta R untuk Bulan November adalah:

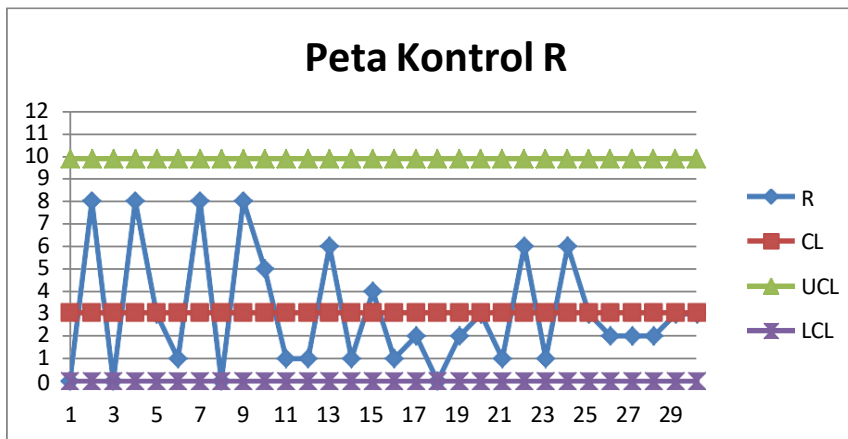
$$UCL = D4 \times R = 3,267 \times 2,50 = 8,17$$

$$LCL = D3 \times R = 0 \times 2,50 = 0$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat digambarkan peta kendali  $\bar{X}$  dan R pada gambar 1 dan gambar 2



Gambar 1. Grafik Peta Kendali  $\bar{X}$  Kadar MV



Gambar 2. Grafik Peta Kendali  $R$  Kadar MV

Selanjutnya, berikut nilai kapabilitas dari MV:

$$\bar{X} = 59,30; R = 2,50; USL = 61; LSL = 58;$$

$$D2 = 1,128 (n = 2)$$

Maka, diketahui  $S = R / d2 = 2,50 / 1,128 = 2,21$

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6S} = \frac{61 - 58}{6(2,21)} = 0,22$$

$$CPU = \frac{USL - \bar{X}}{3S} = \frac{61 - 59,3}{3(2,21)} = 0,26$$

$$CPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3S} = \frac{59,3 - 58}{3(2,21)} = 0,19$$

$$Cpk = \min\{CPL; CPU\}$$

$$Cpk = \min\{0,19; 0,26\}$$

$$Cpk = 0,19$$

Berdasarkan analisis peta kendali  $\bar{X}$  dan  $R$  di atas, dapat dilihat bahwa pada peta kendali  $\bar{X}$  tidak terdapat data kadar MV yang berada di luar batas kendali, yang menunjukkan bahwa proses pengukuran kadar viskositas terkendali secara statistik dan seragam. Selanjutnya, pada peta kendali  $R$ , tidak ditemukan adanya data yang *out of control*. Penyebabnya adalah rentang antara nilai sampel terbesar dan terkecil ( $X_{max} - X_{min}$ ) tidak

terlalu jauh, menunjukkan variasi yang relatif kecil antar sampel. Namun, meskipun tidak ada data yang melewati batas kendali, peta kendali R menunjukkan adanya fluktuasi tajam pada rentang data, baik pada kenaikan maupun penurunan nilai, yang cukup signifikan.

Dalam perhitungan kapabilitas proses, nilai UCL (*Upper Control Limit*) pada peta kendali  $\bar{X}$  diperoleh sebesar 64,1, sementara LCL (*Lower Control Limit*) adalah 54,6. Pada peta kendali R, nilai UCL adalah 8,17 dan LCL adalah 0, dengan USL (*Upper Specification Limit*) sebesar 61 dan LSL (*Lower Specification Limit*) sebesar 58. Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa nilai mean spesifikasi kadar MV (m) tidak sesuai dengan nilai mean proses ( $\mu$ ), yang berarti bahwa proses produksi tidak terpusat dengan baik, yaitu  $m \neq \mu$ .

Karena perbedaan antara nilai mean spesifikasi dan mean proses, maka pengukuran kapabilitas proses yang perlu diperhatikan adalah nilai Cpk. Hasil perhitungan Cpk menunjukkan nilai sebesar 0,19, yang mengindikasikan bahwa proses cenderung menghasilkan produk yang berada di bawah batas spesifikasi (LSL) untuk kadar MV. Berdasarkan kriteria kapabilitas proses yang ada:

- Jika Cpk = Cp, maka proses dianggap terpusat dengan baik (*centered*).
- Jika Cpk = 1, maka proses menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi.
- Jika Cpk < 1, maka proses menghasilkan produk yang tidak memenuhi spesifikasi.

Karena nilai Cpk yang diperoleh kurang dari 1, dapat disimpulkan bahwa proses menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi, dengan kecenderungan untuk melampaui batas bawah (LSL) dari spesifikasi kadar MV pada proses produksi.

Selanjutnya, berikut hasil perhitungan nilai PRI selama 30 hari pada bulan November dengan Peta Kendali  $\bar{X}$  dan R dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

**Tabel 2.** Rekapitulasi nilai Kadar PRI

NO	Hasil Sampel (%)		$\bar{X}$	R	NO	Hasil Sampel (%)		$\bar{X}$	R
	X1	X2				X1	X2		
1	28	32	30	4	16	31	32	31,5	1
2	32	30	31	2	17	30	32	31	2
3	30	30	30	0	18	31	31	31	0
4	32	32	32	0	19	32	32	32	0
5	31	31	31	0	20	32	30	31	2
6	32	31	31,5	1	21	31	30	30,5	1
7	32	31	31,5	1	22	30	32	31	2
8	30	31	30,5	1	23	32	31	31,5	1
9	33	29	31	4	24	32	30	31	2
10	32	28	30	4	25	32	32	32	0
11	31	31	31	0	26	31	31	31	0
12	32	32	32	0	27	32	32	32	0
13	31	32	31,5	1	28	31	30	30,5	1
14	30	31	30,5	1	29	30	32	31	2
15	32	32	32	0	30	32	31	31,5	1

Maka, diperoleh total  $\sum X = 934$  dengan  $\sum R = 34$  dengan  $\bar{\bar{X}} = 31,13$  dan  $\bar{R} = 1,13$ . Selanjutnya, batas kendali peta  $\bar{X}$  untuk Bulan November adalah:

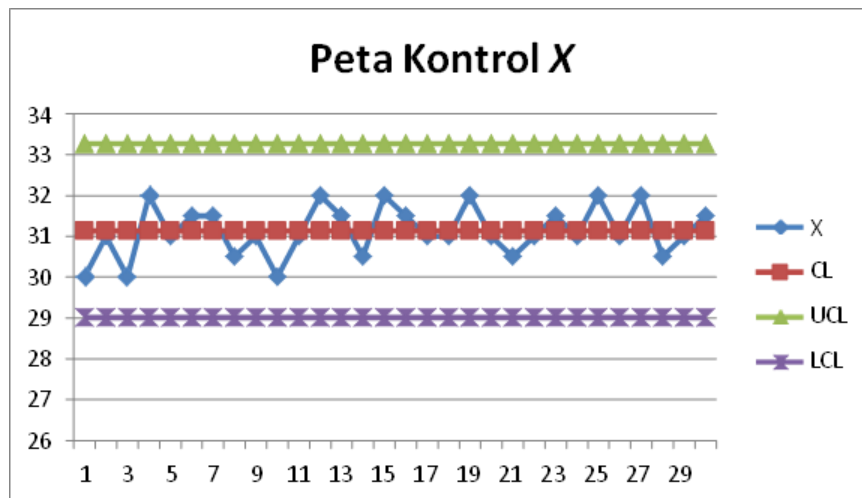
$$UCL = \bar{\bar{X}} + A2 \times \bar{R} = 31,13 + (1,88 \times 1,15) = 33,26$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A2 \times \bar{R} = 31,28 - (1,88 \times 1,15) = 29$$

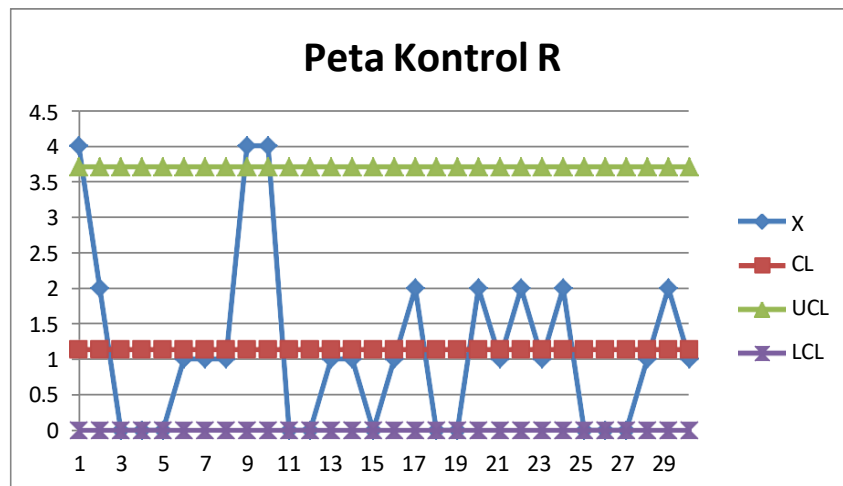
Batas kendali peta R untuk Bulan November adalah:  $UCL = D4 \times \bar{R} = 3,267 \times 1,15 = 3,70$

$$LCL = D3 \times \bar{R} = 0 \times 1,15 = 0$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat digambarkan peta kendali  $\bar{X}$  dan R pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3. Grafik Peta Kendali  $\bar{X}$  Kadar PRI



Gambar 4. Grafik Peta Kendali  $R$  Kadar PRI

Pada grafik peta kendali R dapat dilihat nilai 1, 9, dan 10 melebihi ambang batas/UCL (tidak normal). Dari grafik dan tabel diatas, dapat dianalisis bahwa kecacatan produk pada bulan November terjadi pada Kadar PRI, dengan jumlah cacat sebanyak 3 unit. Untuk memperbaiki kecacatan pada kadar PRI, diperlukan upaya penyeragaman data. Data yang out of control harus dieliminasi atau dibuang, dan proses pengolahan data harus dilakukan kembali. Selanjutnya untuk mencari nilai kapabilitas dan keseragamannya dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi nilai Kadar PRI lanjutan

NO	Hasil Sampel (%)		$\bar{X}$	R	NO	Hasil Sampel (%)		$\bar{X}$	R
	X1	X2				X1	X2		
	1	32				30	31		
2	30	30	30	2	16	32	32	0	
3	32	32	32	0	17	32	30	31	2
4	31	31	31	0	18	31	30	30,5	1
5	32	31	31,5	0	19	30	32	31	2
6	32	31	31,5	1	20	32	31	31,5	1



7	30	31	30,5	1	21	32	30	31	2
8	31	31	31	1	22	32	32	32	0
9	32	32	32	4	23	31	31	31	0
10	31	32	31,5	4	24	32	32	32	0
11	30	31	30,5	0	25	31	30	30,5	1
12	32	32	32	0	26	30	32	31	2
13	31	32	31,5	1	27	32	31	31,5	1
14	30	32	31	1					

Maka, diperoleh total  $X = 834$  dengan  $R = 22$  dengan  $\bar{X} = 31,22$  dan  $R = 0,81$ .  
Selanjutnya, batas kendali peta  $\bar{X}$  untuk bulan November adalah:

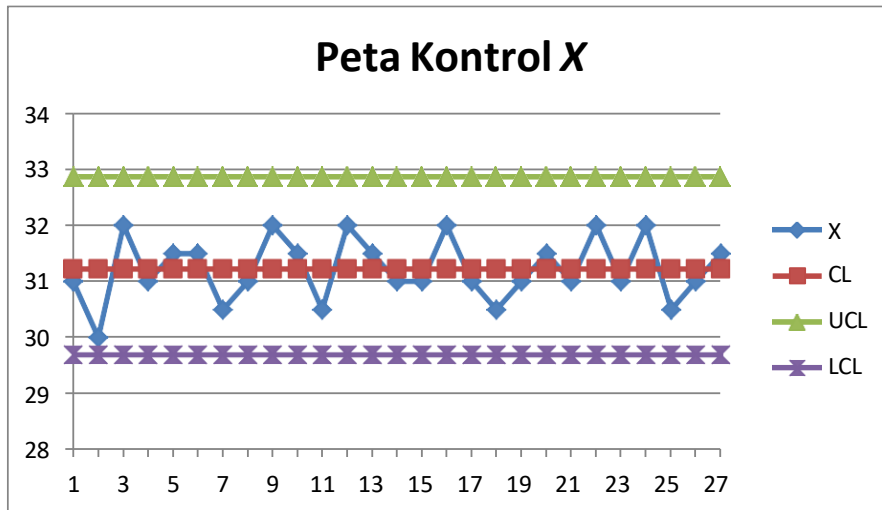
$$UCL = \bar{X} + A_2 \times R = 31,22 + (1,88 \times 0,81) = 32,75$$

$$LCL = \bar{X} - A_2 \times R = 31,22 - (1,88 \times 0,81) = 29,7$$

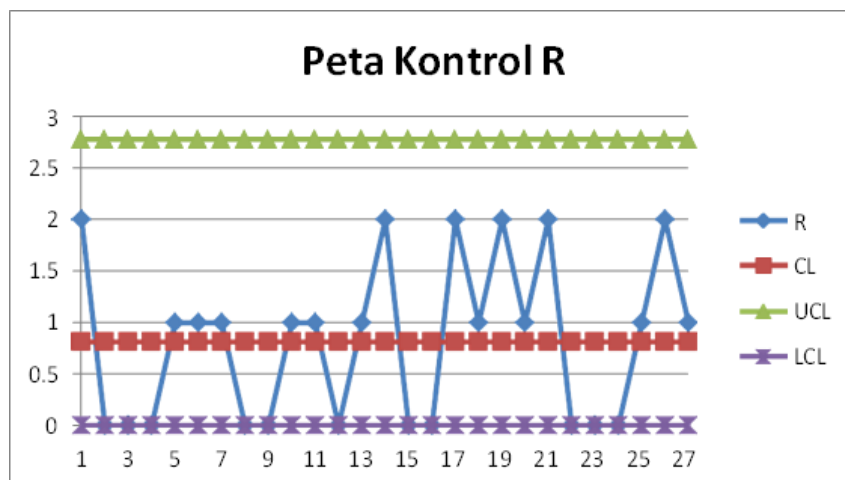
Batas kendali peta  $R$  untuk Bulan November adalah :  $UCL = D_4 \times R = 3,267 \times 0,81 = 2,66$

$$LCL = D_3 \times R = 0 \times 0,81 = 0$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat digambarkan peta kendali  $\bar{X}$  dan  $R$  pada gambar 5 dan gambar 6



Gambar 5. Grafik Peta Kendali  $\bar{X}$  lanjutan Kadar PRI



Gambar 6. Grafik Peta Kendali R lanjutan Kadar PRI

Selanjutnya, berikut nilai kapabilitas dari kadar PRI:

$\bar{X} = 31,22$ ;  $R = 0,81$ ;  $USL = 32$ ;  $LSL = 30$ ;  
 $D2 = 1,128$  ( $n = 2$ )

Maka, diketahui  $S = R / d2 = 0,81 / 1,128 = 0,71$

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6S} = \frac{32 - 30}{6(0,81)} = 0,41$$

$$CPU = \frac{USL - \bar{X}}{3S} = \frac{32 - 31,22}{3(0,81)} = 0,32$$

$$CPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3S} = \frac{31,22 - 30}{3(0,81)} = 0,50$$

$$Cpk = \min\{CPL ; CPU\}$$

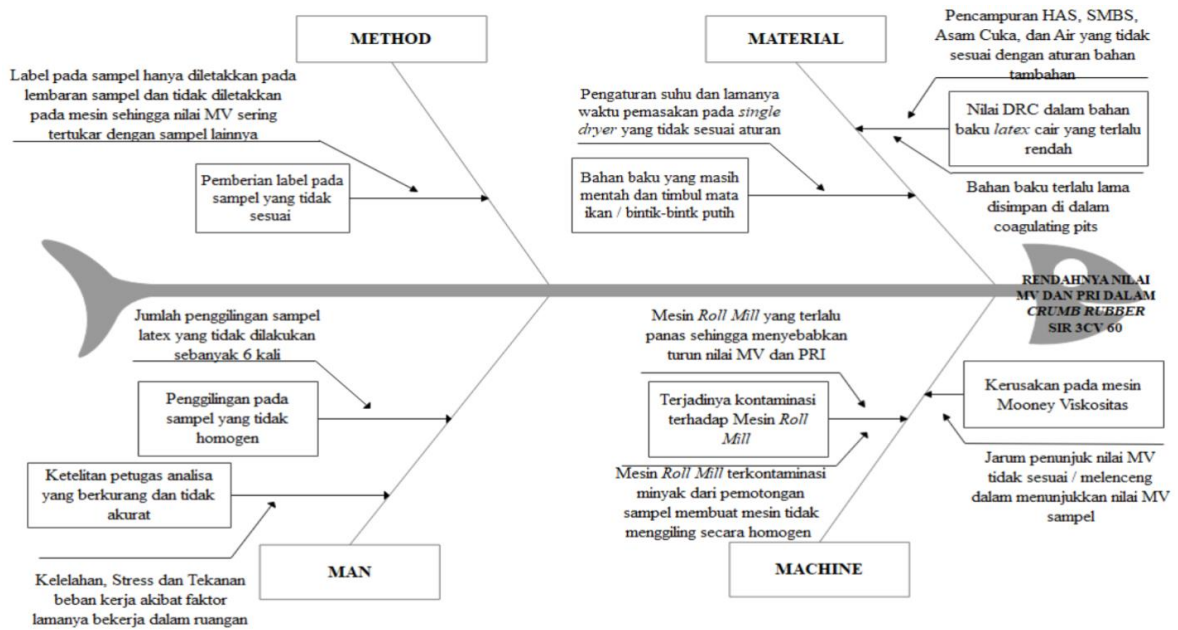
$$Cpk = \min\{0,50 ; 0,32\}$$

$$Cpk = 0,32$$

Pada peta kendali  $\bar{X}$  lanjutan, tidak ada data kadar PRI yang *out of control*, yang menunjukkan bahwa proses sudah terkendali secara statistik dan data sudah seragam. Demikian pula pada peta kendali R, setelah eliminasi data yang *out of control*, tidak terdapat data yang berada di luar batas kendali, yang menandakan bahwa data sudah terkendali dengan baik. Dalam perhitungan kapabilitas proses, nilai UCL pada peta kendali  $\bar{X}$  adalah 32,75, sedangkan LCL adalah 29,7. Pada peta kendali R, UCL adalah 2,66, dan LCL adalah 0, dengan USL (Upper Specification Limit) sebesar 32 dan LSL (*Lower Specification Limit*) sebesar 30. Hasil analisis menunjukkan bahwa mean spesifikasi kadar PRI ( $m$ ) tidak sama dengan mean proses ( $\mu$ ), yaitu  $m \neq \mu$ , yang mengindikasikan bahwa kapabilitas proses tidak terpusat dengan baik (*not centered*). Oleh karena itu, pengukuran kapabilitas proses yang perlu diperhatikan adalah nilai Cpk. Nilai Cpk yang diperoleh adalah 0,32, yang menunjukkan bahwa proses cenderung menghasilkan produk yang melebihi batas atas (USL) dari spesifikasi kadar PRI pada proses produksi. Karena nilai Cpk yang diperoleh kurang dari 1, dapat disimpulkan bahwa proses menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi, dengan kecenderungan untuk melampaui batas atas (USL) dari spesifikasi kadar PRI pada proses.

Selanjutnya, pada penggunaan diagram *Fishbone*, faktor-faktor penyebab penurunan kualitas pada produk *Crumb rubber SIR 3CV 60* dalam proses produksi latex grade dapat dianalisis untuk mengidentifikasi akar masalah yang memengaruhi kualitas. Selanjutnya, langkah berikutnya adalah melakukan identifikasi lebih mendalam terhadap topik masalah yang menyebabkan penurunan mutu *Crumb rubber SIR 3CV 60* menggunakan diagram sebab-akibat. Proses ini bertujuan untuk menguraikan permasalahan secara lebih rinci, dengan fokus pada penyebab penurunan nilai MV dan PRI yang berada di bawah standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Identifikasi akar masalah dilakukan dengan menelusuri berbagai faktor yang mempengaruhi kualitas, yaitu faktor material, metode, manusia, dan mesin, yang kemudian akan disusun dalam bentuk diagram sebab-akibat untuk menemukan solusi yang efektif guna meningkatkan kadar MV dan PRI pada *Crumb rubber SIR 3CV 60*.

Untuk memberikan gambaran lebih jelas mengenai penyebab-penyebab yang berkontribusi terhadap tingginya kadar MV dan PRI dalam pengolahan *Crumb rubber SIR 3CV 60* pada objek penelitian, dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Sebab-Akibat (*Fishbone*) kadar PRI

Berdasarkan Gambar 7 di atas, dapat disimpulkan bahwa kerusakan atau cacat yang terjadi dalam produksi *Crumb rubber SIR 3CV 60* disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya adalah faktor bahan baku, metode, mesin, manusia, dan lingkungan. Dari segi bahan baku, ditemukan bahwa beberapa bahan baku tidak memenuhi standar proses produksi yang telah ditetapkan. Contohnya adalah bahan baku yang terlalu lembek dan bahan baku dengan *Dry Rubber Content (DRC)* rendah. Kondisi ini menyebabkan saat dilakukan pengecekan kadar MV dan PRI, latex menjadi lebih lengket dan lebih lunak, yang pada gilirannya menurunkan nilai MV dan PRI yang dihasilkan. Dari segi metode, terdapat beberapa prosedur yang tidak dilaksanakan sesuai dengan instruksi kerja yang telah ditetapkan. Sebagai contoh, pemberian label pada sampel pengecekan mutu hanya diberikan pada lembaran sampel itu sendiri, tanpa ada penandaan pada mesin yang digunakan untuk memeriksa sampel tersebut. Hal ini menyebabkan kesalahan dalam pembacaan nilai MV dan PRI, seperti tertukarnya nilai antara sampel satu dengan yang lainnya. Dari segi mesin, terdapat masalah pada mesin water cooler yang digunakan pada roll mill, yang tidak berfungsi dengan baik. Penyebabnya adalah selang air pendingin tersumbat akibat es yang mengeras di dalam selang, sehingga air pendingin tidak dapat mengalir. Akibatnya, mesin roll mill menjadi panas, yang dapat mempengaruhi proses penggilingan sampel latex dan menurunkan nilai MV selama pengolahan. Dari sisi manusia, faktor utama yang berkontribusi pada kesalahan adalah beban kerja yang tinggi di dalam ruangan produksi, kelelahan, dan tekanan dari atasan untuk mencapai target produksi. Kondisi ini menyebabkan kesalahan dalam membaca nilai MV dan PRI, yang pada akhirnya menghasilkan nilai produk yang tidak sesuai dengan standar yang diharapkan.

Setelah menganalisis penyebab rendahnya kadar MV dan PRI pada *Crumb rubber SIR 3CV 60* yang dihasilkan oleh perusahaan, langkah selanjutnya adalah merumuskan tindakan perbaikan mutu berdasarkan hasil identifikasi faktor-faktor penyebab yang terungkap melalui diagram sebab-akibat (*cause-effect*). Untuk meningkatkan kualitas produk, perusahaan perlu mengimplementasikan perbaikan pada berbagai aspek yang mempengaruhi proses produksi. Pertama, pada faktor manusia, perbaikan dapat dilakukan dengan pengaturan jadwal istirahat yang lebih terstruktur. Selama ini, pengaturan waktu istirahat sering dilakukan secara mandiri oleh pekerja, yang dapat menyebabkan

ketidakseimbangan waktu istirahat dan meningkatkan tingkat kelelahan. Hal ini berdampak pada fokus pekerja dalam membaca nilai MV dan PRI. Selain itu, penting bagi perusahaan untuk menyediakan air minum yang cukup di setiap stasiun kerja untuk mencegah dehidrasi ringan yang dapat mengganggu konsentrasi. Untuk memastikan kualitas tetap terjaga, perusahaan juga perlu memberikan pelatihan rutin dan evaluasi kinerja bulanan kepada pekerja. Pada faktor mesin, langkah perbaikan mencakup pengecekan rutin terhadap mesin water cooler untuk memastikan tidak ada penyumbatan atau kebocoran pada selang air yang dapat memengaruhi suhu mesin *roll mill*. Suhu mesin yang tidak terkontrol dapat menyebabkan peningkatan nilai MV pada sampel. Selain itu, perusahaan perlu memastikan bahwa celah penggilingan pada mesin *roll mill* sesuai dengan standar yang ditetapkan dan memeriksa gerakan mesin agar tetap lancar, sehingga proses penggilingan berjalan optimal dan menghasilkan produk berkualitas. Dari segi bahan, perbaikan dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran yang lebih akurat terhadap *Dry Rubber Content* (DRC) pada latex cair. Pengawasan ketat terhadap DRC dapat mencegah penggunaan bahan baku yang tidak memenuhi standar, yang bisa menyebabkan masalah seperti kelembekan pada latex dan menurunkan kualitas MV dan PRI. Perusahaan juga dapat menambahkan bahan pendukung sesuai kebutuhan untuk memperbaiki kualitas bahan baku, sehingga mengurangi potensi penurunan nilai viskositas. Terakhir, pada faktor metode, perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan meningkatkan prosedur pemberian label pada sampel. Selama ini, label hanya diberikan pada lembaran sampel, namun tidak pada mesin penguji viskositas. Hal ini dapat menyebabkan kesalahan dalam pembacaan nilai jika sampel tertukar. Oleh karena itu, perusahaan perlu memberikan label pada kedua elemen tersebut (lembar sampel dan mesin penguji) untuk menghindari kesalahan yang dapat mengganggu akurasi pengukuran. Dengan melaksanakan langkah-langkah perbaikan tersebut, diharapkan kualitas *Crumb rubber SIR 3CV 60* dapat meningkat, produk yang dihasilkan lebih memenuhi standar, dan perusahaan dapat meminimalkan produk cacat serta meningkatkan kepuasan pelanggan.

## PENUTUP

### Simpulan

Penelitian ini mengidentifikasi dan menganalisis penyebab variasi kualitas pada produk *Crumb rubber SIR 3CV 60* dengan menggunakan metode *Statistical Quality Control* (SQC), yaitu Diagram Sebab-Akibat dan Peta Kendali  $\bar{X}$  dan R. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses produksi tidak sepenuhnya terkendali, dengan nilai Cpk yang kurang dari 1 untuk kadar *Mooney Viscosity* (MV) dan *Plasticity Retention Index* (PRI). Pada peta kendali  $\bar{X}$  dan R untuk Kadar MV, tidak ditemukan data yang melebihi batas kendali, menunjukkan bahwa proses tersebut terkendali. Namun, fluktuasi yang tajam dalam rentang data (R) menunjukkan adanya variasi yang cukup signifikan antar sampel. Hasil perhitungan kapabilitas proses (Cpk) menunjukkan nilai yang rendah, yaitu Cpk = 0,19 untuk Kadar MV, yang menunjukkan bahwa proses cenderung menghasilkan produk yang berada di bawah batas spesifikasi bawah (LSL). Hal ini mengindikasikan bahwa proses tidak terpusat dengan baik dan tidak memenuhi standar kualitas yang diinginkan.

Demikian pula pada Kadar PRI, meskipun peta kendali  $\bar{X}$  menunjukkan kontrol yang baik setelah eliminasi data yang *out of control*, peta kendali R masih menunjukkan adanya fluktuasi tidak normal pada beberapa titik. Hasil perhitungan Cpk untuk Kadar PRI sebesar Cpk = 0,32 juga menunjukkan bahwa proses cenderung menghasilkan produk yang melampaui batas atas spesifikasi (USL). Sama seperti pada Kadar MV, nilai Cpk yang lebih kecil dari 1 menunjukkan bahwa proses tidak memenuhi spesifikasi yang ditetapkan, baik di bawah batas spesifikasi bawah (LSL) untuk Kadar MV, maupun melampaui batas spesifikasi atas (USL) untuk Kadar PRI.

Faktor-faktor penyebab utama kualitas yang buruk antara lain adalah ketidaksesuaian bahan baku, kerusakan mesin, kesalahan prosedur, dan faktor manusia. Langkah perbaikan yang diusulkan meliputi perbaikan pemeliharaan mesin, pengelolaan kualitas bahan baku, serta peningkatan prosedur operasional dan pelatihan pekerja. Implementasi perbaikan ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas produk, mengurangi produk *reject*, dan memperkuat daya saing perusahaan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, F., DEVIANY, D., Nuranisa, A., Antika, R., SUHARTONO, S., & SUHARTO, S. (2023). Fisibilitas Pemanfaatan Koagulan Alami Terhadap Karakteristik Karet Pada Produksi Sir 20. *Jurnal Penelitian Karet*, 41(2), 153–168. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v41i2.876>
- Arti, D. K., Fidyarningsih, R., Rohmah, A., Wisojodharmo, L. A., & Purwati, H. (2018). Pengaruh variasi komposisi bahan pengisi carbon black dan silika pada sifat viskoelastis kompon karet untuk tread ban. *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*. <https://doi.org/10.20543/mkpk.v34i1.3437>
- Basu, A. P., & Montgomery, D. C. (1987). An Introduction to Statistical Quality Control. *Journal of the American Statistical Association*. <https://doi.org/10.2307/2289508>
- Chernyshov, S. V., Lyusova, L. R., Zharylganova, M. B., & Konyaeva, L. A. (2024). *Effect of linear low-density polyethylene on the properties of elastomeric materials based on synthetic polyisoprene*. 1–9. <https://doi.org/10.22063/poj.2024.35524.1291>
- Emir, Ć. (2024). No TitleEAENH. *Master Thesis, Lut University*, 55.
- Hajej, Z., Nyoungue, A. C., Abubakar, A. S., & Ali, K. M. (2021). An integrated model of production, maintenance, and quality control with statistical process control chart of a supply chain. *Applied Sciences (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/app11094192>
- Handayani, H., Maspanger, D. R., & Andriani, W. (2023). PENELITIAN PENDAHULUAN SINTESIS EMULSI BIOFUEL-AIR UNTUK BAHAN BAKAR PENGERINGAN KARET REMAH. *Jurnal Penelitian Karet*. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v41i2.870>
- Indrajati, I. N., & Setyorini, I. (2019). Relaxation behavior of natural rubber composites based on mooney stress relaxation and rheometer data. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 541(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/541/1/012009>
- Ishak, A., Siregar, K., Ginting, R., & Manik, A. (2020). Analysis Roofing Quality Control Using Statistical Quality Control (SQC) (Case Study: XYZ Company). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1003/1/012085>
- Mitra, A. (2021). FUNDAMENTALS OF QUALITY CONTROL AND IMPROVEMENT: Fifth Edition. In *Fundamentals of Quality Control and Improvement: Fifth Edition*. <https://doi.org/10.1002/9781119692379>
- Nadiyah, K., & Dewi, G. S. (2022). Quality Control Analysis Using Flowchart, Check Sheet, P-Chart, Pareto Diagram and Fishbone Diagram. *OPSI*. <https://doi.org/10.31315/opsi.v15i2.7445>
- Ponciano, G., Dong, N., Dong, C., Breksa, A., Vilches, A., Abutokaikah, M. T., McMahan, C., & Holguin, F. O. (2024). Overexpression of tocopherol biosynthesis genes in guayule (*Parthenium argentatum*) reduces rubber, resin and argentatins content in stem and leaf tissues. *Phytochemistry*, 222(September 2023), 114060. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2024.114060>

- Pramono, E., Enrico, S., Rengganis, M., Fegeler, S., Noya, S., & Putrianto, K. (2024). *Analisis Kualitas Menggunakan Metode Statistical Process Control pada Berat Timbang Rokok Per Kotak Siap Kirim ( Studi Kasus pada PT PID Ongkowidjojo )*. 4, 58–65.
- Taylor, R. H., & Veith, A. G. (2020). Mooney Viscosity Measurements in Determining Processibility of Technically Classified Rubbers. In *Symposium on Recent Developments in the Evaluation of Natural Rubber*. <https://doi.org/10.1520/stp13619530004>
- Xie, M., Goh, T. N., & Kuralmani, V. (2002). Statistical Models and Control Charts for High-Quality Processes. In *Statistical Models and Control Charts for High-Quality Processes*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1015-4>