

Diagram Kendali EWMA untuk Memantau Rata-Rata Proses pada Proses *Spinning* Benang PT XYZ

Rahmania Marwah Darmawan*, Suliadi

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*askrahmaniaa@gmail.com, suliadi@unisba.ac.id

Abstract. The textile industry plays a crucial role in the global economy, including in Indonesia. This sector is one of the main contributors to exports and employment. As market competition intensifies and consumer demand for high-quality textile products increases, quality control becomes a crucial factor for every manufacturer. In statistics, the approach to monitoring quality is called Statistical Quality Control (SQC). SQC is the monitoring of shifts that occur so that improvements can be made quickly before many defective products are produced. A tool that can be used to monitor process shifts is a control chart. In this study, an Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) control chart is used which can detect small process shifts ($< 1,5\sigma$). Applying the EWMA control chart with a weight value (λ) = 0,2 and $L = 3$ results in the yarn spinning process carried out by PT XYZ in a controlled state on the average process.

Keywords: *Statistical Quality Control, EWMA Control Chart, Spinning.*

Abstrak. Industri tekstil memiliki peran yang sangat penting dalam ekonomi global termasuk di Indonesia. Sektor ini menjadi salah satu penyumbang utama ekspor dan lapangan kerja. Persaingan pasar yang semakin ketat dan meningkatnya permintaan konsumen terhadap produk tekstil berkualitas tinggi maka pengendalian kualitas menjadi faktor yang krusial bagi setiap produsen. Dalam statistika, pendekatan untuk memantau kualitas disebut dengan pengendalian kualitas statistik. Pengendalian kualitas statistik adalah proses untuk memantau pergeseran proses yang terjadi agar dapat dilakukan perbaikan secara cepat sebelum banyak produk cacat yang diproduksi. Alat yang dapat digunakan untuk memantau pergeseran proses adalah diagram kendali. Pada penelitian ini digunakan diagram kendali *Exponentially Weighetd Moving Average* (EWMA) yang dapat mendeteksi pergeseran proses yang kecil ($< 1,5\sigma$). Penerapan diagram kendali EWMA dengan nilai pembobot (λ) = 0,2 dan nilai $L = 3$ menghasilkan proses *spinning* benang yang dilakukan oleh PT XYZ dalam keadaan terkendali pada rata-rata proses.

Kata Kunci: *Pengendalian Kualitas Statistik, Diagram Kendali EWMA, Proses Spinning.*

A. Pendahuluan

Industri tekstil memiliki peran yang sangat penting dalam ekonomi global termasuk di Indonesia. Sektor ini menjadi salah satu penyumbang utama ekspor dan lapangan kerja. Persaingan pasar yang semakin ketat dan meningkatnya permintaan konsumen terhadap produk tekstil berkualitas tinggi maka pengendalian kualitas menjadi faktor yang krusial bagi setiap produsen. Dalam industri ini, proses *spinning* merupakan salah satu tahapan utama yang secara langsung mempengaruhi kualitas produk akhir. Kualitas benang yang dihasilkan akan menentukan sifat-sifat kain seperti kekuatan, kelembutan, dan daya tahan (1).

Dalam statistika, pendekatan untuk memantau kualitas disebut dengan pengendalian kualitas statistik. Pengendalian kualitas statistik adalah proses untuk memantau pergeseran proses yang terjadi agar dapat dilakukan perbaikan secara cepat [2]. Salah satu alat yang dapat digunakan untuk memantau pergeseran proses adalah diagram kendali. Dengan diagram kendali proses yang berada di luar batas kendali dapat dideteksi [3]. Diagram kendali *Shewhart* adalah diagram kendali paling sederhana yang dapat mendeteksi pergeseran proses yang besar ($> 1,5\sigma$). Pada tahun 1959, Roberts memperkenalkan diagram kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) untuk memperbaiki kinerja dari diagram kendali *Shewhart* sehingga dapat mendeteksi pergeseran proses yang kecil sampai sedang ($< 1,5\sigma$) [2]. Diagram kendali EWMA bekerja dengan memanfaatkan data sebelumnya dengan cara memberikan bobot eksponensial pada pengamatan terbaru sehingga dapat mendeteksi tren atau perubahan kecil yang berkelanjutan dalam proses produksi (4).

Pada penelitian ini, penerapan diagram kendali EWMA akan dilakukan pada variabel *spinning* benang yang dilakukan oleh PT XYZ. Pada proses *spinning* dihasilkan benang di mana setiap gulungan benang akan diukur kekuatan tarik benang dengan satuan centi Newton (cN). Dengan menggunakan diagram kendali EWMA, pergeseran kecil dalam proses *spinning* dapat dideteksi lebih cepat dibandingkan dengan metode diagram kendali konvensional seperti diagram kendali *Shewhart*. Diagram kendali EWMA memberikan bobot lebih pada data terbaru sehingga lebih sensitif terhadap perubahan kecil dalam proses. Hal ini memungkinkan untuk diterapkan dalam proses *spinning* untuk meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan (5).

Berdasarkan rumusan masalah di atas, pada penelitian ini akan diidentifikasi apakah rata-rata proses *spinning* benang di PT XYZ terkendali secara statistik dengan menggunakan diagram kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penerapan diagram kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) dalam pemantauan rata-rata proses pada proses *spinning* benang PT XYZ.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari PT XYZ di mana data diambil selama 61 hari terhitung dari tanggal 1 November – 31 Desember 2023. PT XYZ memiliki nilai rata-rata target (μ) sebesar 640 cN dan simpangan baku (σ) 27,328 cN. Berikut data kekuatan tarik benang yang digunakan:

Tabel 1. Data Penelitian

Hari	Sampel				
	1	2	3	4	5
1	644	625	621	665	645
2	661	629	659	638	653
3	672	645	645	643	648
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
59	654	622	645	633	669
60	654	620	639	644	671
61	632	634	654	702	651

Diagram Kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA)

Diagram kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) diperkenalkan oleh Roberts pada tahun 1959. Diagram kendali ini dirancang untuk memperbaiki kelemahan dari diagram kendali *Shewhart* sehingga dapat mendeteksi pergeseran proses yang kecil [2]. Selain itu, diagram kendali EWMA memiliki keunggulan dari diagram kendali *Cumulative Sum* (CUSUM) apabila $n > 1$ [2].

Misal x_{ij} merupakan karakteristik dari suatu proses dengan $i = 1, 2, 3, \dots, m$ dan $j = 1, 2, 3, \dots, n$ di mana n adalah banyaknya pengamatan dalam satu sub grup dan m adalah banyaknya sub grup. Berikut merupakan karakteristik datanya :

Tabel 2. Struktur Data Diagram Kendali

Waktu/Nomor Sampel (<i>i</i>)	Pengamatan (<i>j</i>)				
	1	2	3	...	<i>n</i>
1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	...	X_{1n}
2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	...	X_{2n}
3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	...	X_{3n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
<i>M</i>	X_{m1}	X_{m2}	X_{m3}	...	X_{mn}

Dalam diagram kendali EWMA, titik-titik yang diplotkan merupakan pergerakan rata-rata setiap pengamatan yang diberi bobot (λ) dengan perubahan secara eksponensial. Statistik *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) dengan $n > 1$ didefinisikan dengan persamaan berikut [2]:

$$z_i = \lambda \bar{x}_i + (1 - \lambda)z_{i-1} \quad (1)$$

Keterangan:

z_i : *Weighted average* pengamatan sub grup ke-*i* untuk EWMA

λ : Nilai pembobot konstan yang bernilai $0 < \lambda \leq 1$

\bar{x}_i : Rata-rata pengamatan grup ke-*i*

Nilai z_0 diperoleh dari nilai target yang ditentukan oleh produsen (μ), tetapi jika tidak terdapat nilai target yang ditentukan sebelumnya dapat ditaksir dengan persamaan sebagai berikut :

$$z_0 = \bar{x} = \left(\frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} \right) \quad (1)$$

Diagram kendali EWMA dibangun oleh tiga garis utama yaitu Batas Kendali Atas (BKA), garis pusat, dan Batas Kendali Bawah (BKB). Garis-garis tersebut diperoleh dari persamaan [2]:

$$BKA_i = \mu + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} [1 - (1 - \lambda)^{2i}] \quad (2)$$

$$\text{Garis Tengah} = \mu \quad (3)$$

$$BKB_i = \mu - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} [1 - (1 - \lambda)^{2i}] \quad (4)$$

Keterangan :

L : Lebar batas kendali

μ : Rata-rata target

σ : Simpangan baku target

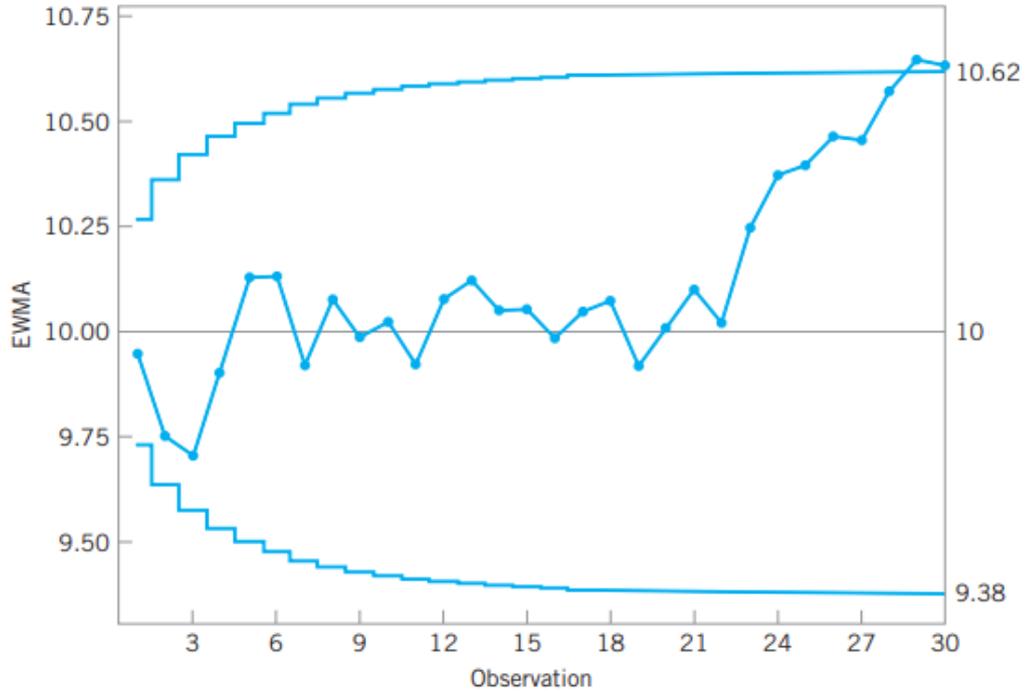
Secara umum, nilai λ yang berkisar $0,05 < \lambda \leq 0,25$ memiliki kinerja yang baik. Nilai λ yang kecil dapat mendeteksi pergeseran proses yang kecil [2]. Untuk nilai L , nilai yang memiliki kinerja baik adalah $L = 3$ (batas tiga sigma). Dengan demikian nilai pembobot (λ) memiliki pengaruh terhadap kepekaan diagram kendali EWMA. Berikut merupakan algoritma untuk diagram kendali EWMA :

1. Menghitung rata-rata (\bar{x}_i) setiap sub grup dengan persamaan

$$\bar{x}_i = \frac{X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{in}}{n} \quad (5)$$

2. Menghitung statistik EWMA (z_i)

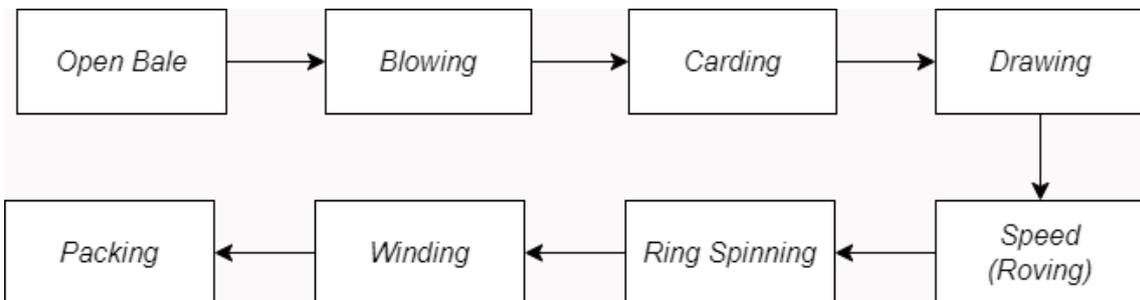
3. Menghitung garis pusat, Batas Kendali Atas (BKA), dan Batas Kendali Bawah (BKB)
4. Membuat plot setiap sub grup terhadap nilai statistik EWMA (z_i), nilai garis pusat, nilai BKA, dan nilai BKB
5. Membuat kesimpulan



Gambar 1. Contoh Diagram Kendali EWMA

Spinning Benang

Spinning benang merupakan proses penting dalam industri tekstil yang bertujuan untuk mengubah serat menjadi benang yang siap digunakan [1]. Tahapan *spinning* ini dimulai dari pembersihan serat yang disebut dengan *blowing*, dilanjutkan dengan *carding* yaitu penguraian serat dan pemisahan serat, lalu *drawing* yaitu penggabungan beberapa *sliver* dan meratakan serat-serat dalam *sliver* sejajar dengan sumbunya, setelah *drawing* dilakukan *roving* untuk mengubah *sliver* menjadi benang setengah jadi yang lebih kuat, selanjutnya mengubah *roving* menjadi benang dan digulungkan pada tube, dan diakhiri dengan *winding* yang bertujuan untuk mengubah gulungan benang dari bentuk tube ke cone [4]. Setiap gulungan yang dihasilkan diukur kekuatan tarik benang yaitu kekuatan yang dibutuhkan untuk dapat memutuskan satu helai benang dalam centi Newton (cN).



Gambar 2. Tahapan Spinning Benang



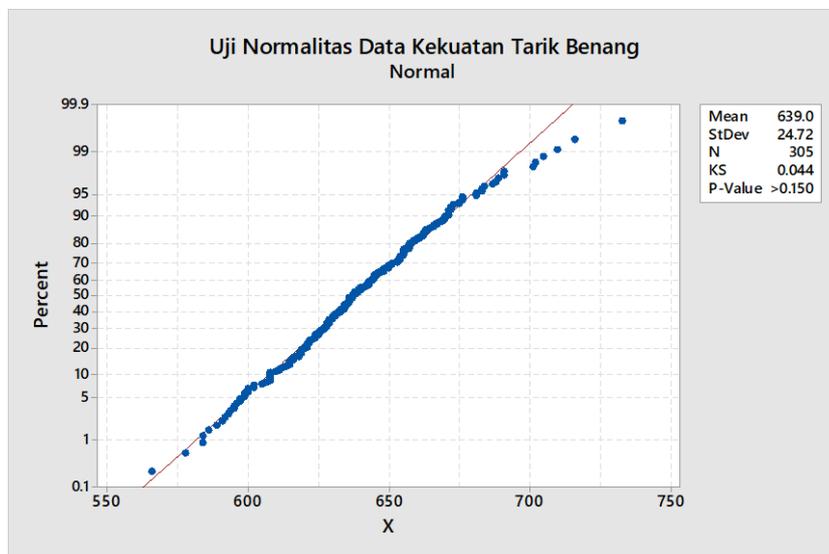
Sumber : Google

Gambar 3. Benang Hasil Proses Spinning

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Uji Normalitas

Data yang normal merupakan asumsi yang harus dipenuhi sebelum melakukan perhitungan pada diagram kendali EWMA. Uji normalitas yang digunakan yaitu *Kolmogorov-Smirnov* dengan hasil sebagai berikut :



Gambar 4. Uji Normalitas Data Kekuatan Tarik Benang

Berdasarkan grafik di atas data tersebar mengikuti garis sehingga data berdistribusi normal. Jika dilihat dari nilai *P-Value*, nilai tersebut lebih dari nilai α (0.05) maka dapat disimpulkan bahwa data kekuatan tarik benang berdistribusi normal.

Diagram Kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA)

Nilai target untuk μ ditentukan sebesar 640 dan σ sebesar 27,328. Selain itu, ditentukan nilai pembobot (λ) = 0,2 dan nilai $L = 3$. Berikut langkah-langkah dari perhitungan diagram kendali

EWMA:

Menghitung nilai rata-rata setiap sub grup (\bar{x}_i)

$$\bar{x}_1 = \frac{644 + 625 + 621 + 665 + 645}{5} = 640$$

$$\bar{x}_2 = \frac{661 + 629 + 659 + 638 + 653}{5} = 648$$

⋮

$$\bar{x}_{61} = \frac{632 + 634 + 654 + 702 + 651}{5} = 654,6$$

Menghitung statistik EWMA (z_i)

$$z_1 = 0,2(640) + (1 - 0,2)(640) = 640$$

$$z_2 = 0,2(640) + (1 - 0,2)(648) = 641,6$$

⋮

$$z_{61} = 0,2(640) + (1 - 0,2)(654,6) = 645,6$$

Menghitung nilai Batas Kendali Atas (BKA)

$$BKA_1 = 640 + (3 \times 27,328) \sqrt{\frac{0,2}{(2-0,2)} [1 - (1 - 0,2)^{2(1)}]} = 656,397$$

$$BKA_2 = 640 + (3 \times 27,328) \sqrt{\frac{0,2}{(2-0,2)} [1 - (1 - 0,2)^{2(2)}]} = 660,998$$

⋮

$$BKA_{61} = 640 + (3 \times 27,328) \sqrt{\frac{0,2}{(2-0,2)} [1 - (1 - 0,2)^{2(61)}]} = 667,328$$

Menghitung nilai Batas Kendali Bawah (BKB)

$$BKB_1 = 640 - (3 \times 27,328) \sqrt{\frac{0,2}{(2-0,2)} [1 - (1 - 0,2)^{2(1)}]} = 623,603$$

$$BKB_2 = 640 - (3 \times 27,328) \sqrt{\frac{0,2}{(2-0,2)} [1 - (1 - 0,2)^{2(2)}]} = 619,002$$

⋮

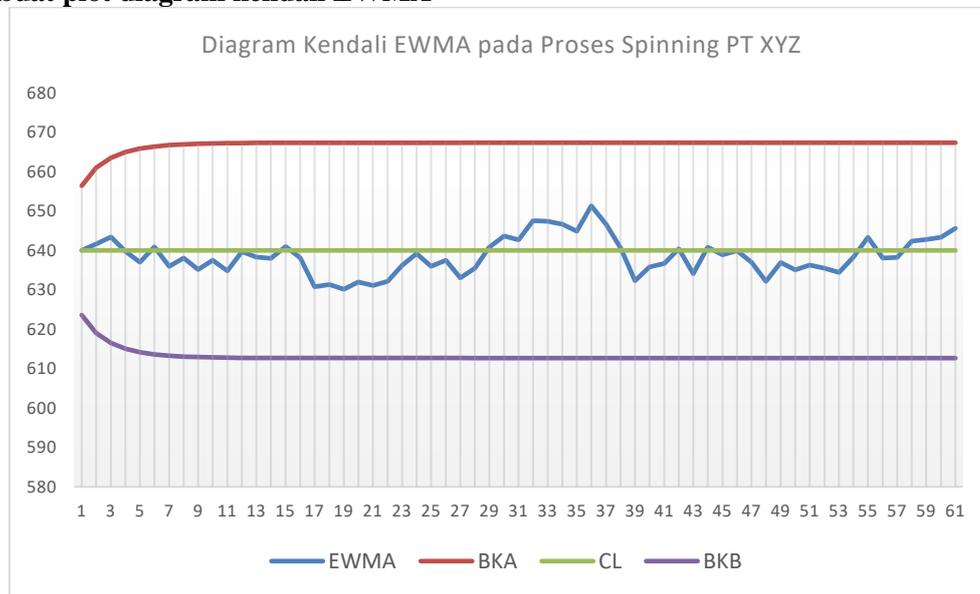
$$BKB_{61} = 640 - (3 \times 27,328) \sqrt{\frac{0,2}{(2-0,2)} [1 - (1 - 0,2)^{2(61)}]} = 612,672$$

Tabel 3. Nilai Statistik \bar{x}_i , z_i , Garis Tengah, BKA, dan BKB

Sub grup ke-	Rata-rata (\bar{x}_i)	EWMA (z_i)	Garis Tengah (μ)	BKA	BKB	Keterangan
1	640	640	640	656.397	623.603	Terkendali
2	648	641.60	640	660.998	619.002	Terkendali
3	650.6	643.40	640	663.474	616.526	Terkendali
4	625.4	639.80	640	664.930	615.070	Terkendali
5	626	637.04	640	665.819	614.181	Terkendali
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
57	638.8	638.23	640	667.328	612.672	Terkendali
58	658.8	642.34	640	667.328	612.672	Terkendali
59	644.6	642.79	640	667.328	612.672	Terkendali

Sub grup ke-	Rata-rata (\bar{x}_i)	EWMA (z_i)	Garis Tengah (μ)	BKA	BKB	Keterangan
60	645.6	643.35	640	667.328	612.672	Terkendali
61	654.6	645.60	640	667.328	612.672	Terkendali

Membuat plot diagram kendali EWMA



Gambar 5. Diagram Kendali EWMA pada Proses *Spinning* Benang PT XYZ

Berdasarkan Gambar 4. dapat dilihat bahwa setiap pengamatan berada di antara batas kendali atas dan batas kendali bawah sehingga dapat disimpulkan bahwa proses *spinning* benang yang dilakukan oleh PT XYZ dalam keadaan terkendali pada rata-rata proses. Hal ini berarti dalam proses produksinya benang yang dihasilkan oleh PT XYZ memiliki kualitas yang stabil dan sesuai standar yang telah ditentukan. Selain itu, variasi yang terjadi dalam proses *spinning* yang dilakukan masih berada dalam rentang yang dapat diterima dan tidak menunjukkan adanya pergeseran proses yang signifikan yang dapat mempengaruhi kualitas produk akhir. Tidak hanya memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas tetapi juga dapat mendukung keberlanjutan operasional yang dilakukan oleh PT XYZ.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil di atas diperoleh kesimpulan bahwa dengan menggunakan diagram kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) dengan nilai pembobot (λ) = 0,2 dan nilai $L = 3$ proses *spinning* benang yang dilakukan oleh PT XYZ dalam keadaan terkendali pada rata-rata proses. Hal ini berarti dalam proses produksinya benang yang dihasilkan oleh PT XYZ memiliki kualitas yang stabil dan sesuai standar yang telah ditentukan. Selain itu, variasi yang terjadi dalam proses *spinning* yang dilakukan masih berada dalam rentang yang dapat diterima dan tidak menunjukkan adanya pergeseran proses yang signifikan yang dapat mempengaruhi kualitas produk akhir.

Acknowledge

Berisi ucapan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang membantu penelitian Anda.

Daftar Pustaka

- [1] Yulianti NA, Cahyawati D, Susanti E, Jurusan), Fakultas M. Penggunaan Metode Double Exponential Smoothing Tipe Holt pada Peramalan Kasus Covid-19 di Provinsi Sumatera Selatan [Internet]. Vol. 23. Available from: <http://corona.sumselprov.go.id/>.
- [2] Montgomery DC. Introduction to Statistical Quality Control. 7th ed. New York: Wiley;

- 2012.
- [3] Mutakin AA, Rifai NAK. Diagram Kendali Decision On Belief (DOB) dan Diagram Kendali Progressive Mean (PM) dalam Pengendalian Kualitas Produksi Kayu Lapis di PT. XYZ. *Bandung Conference Series: Statistics*. 2023 Jul 29;3(2):176–83.
 - [4] Meidianingsih Q, Wardani DE, Salsabila E, Nafisah L, Mutia AN. Perbandingan Performa Metode Berbasis Support Vector Machine untuk Penanganan Klasifikasi Multi Kelas Tidak Seimbang. Vol. 23.
 - [5] Shalsadilla N, Martha S, Perdana H, Satyahadewi N, Sulistianingsih E, Program), et al. Penentuan Jumlah Cluster Optimum Menggunakan Davies Bouldin Index dalam Pengelompokan Wilayah Kemiskinan di Indonesia [Internet]. Vol. 23. 2023. Available from: <https://bps.go.id>
 - [6] Istiharoh. *Pengantar Ilmu Tekstil 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan; 2013.
 - [7] Yohanes A. Setting Parameter Mesin Ring Spinning untuk Meningkatkan Kekuatan Tarik Benang PE 30/1 dengan Menggunakan Metode Taguchi. *Dinamika Teknik*. 2015 Jan;9(1):28–37.