

## Diagram Kendali *Triple Homogeneously Weighted Moving Average* dan Penerapannya pada Proses *Plating* Aksesori Mobil PT. XYZ

Fairuza Amanda Belia\*, Suliadi Suliadi

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

\*fairuzaamandabelra@gmail.com, suliadi@gmail.com

**Abstract.** Quality control is carried out to maintain or improve product quality to meet consumer satisfaction. One of the methods that can be used is control chart. Triple Homogeneously Weighted Moving Average (THWMA) is one of the control chart techniques that can be used in quality control. The Triple Homogeneously Weighted Moving Average control chart is a control chart for efficient monitoring of the process average under zero state and steady state which is very sensitive in identifying small and continuous changes in the process effectively and using three times sample information. THWMA control is considered superior to the previously existing Homogeneously Weighted Moving Average (HWMA) and Double Homogeneously Weighted Moving Average (DHWMA) control charts and from other competitors. In our thesis we will apply a THWMA control chart to monitor the plating process of PT. XYZ. The results obtained in Phase I of the in control chart, so that the parameter values used in Phase II are  $\hat{\mu}$  of 10.691 dan  $\hat{\sigma}$  of 0.67. Phase II control chart using  $K = 2.994$  and  $\lambda = 0.25$ , it is found that the THWMA control chart is controlled.

**Keywords:** *Control Chart, Triple Homogeneously Weighted Moving Average, Quality Control.*

**Abstrak.** Pengendalian kualitas dilakukan untuk mempertahankan maupun meningkatkan kualitas produk sehingga dapat memenuhi kepuasan konsumen. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk pengendalian kualitas adalah menggunakan diagram kendali. Triple Homogeneously Weighted Moving Average (THWMA) adalah salah satu teknik diagram kendali yang dapat digunakan dalam pengendalian kualitas. Diagram Kendali Triple Homogeneously Weighted Moving Average adalah diagram kendali untuk pemantauan yang efisien terhadap rata-rata proses di bawah zero state dan steady state yang sangat sensitif dalam mengidentifikasi perubahan kecil dan berkelanjutan dalam proses secara efektif dan menggunakan informasi sampel sebanyak tiga kali. kendali THWMA dinilai lebih unggul dari diagram kendali Homogeneously Weighted Moving Average (HWMA) dan Double Homogeneously Weighted Moving Average (DHWMA) yang sebelumnya sudah ada dan dari pesaing lainnya. Dalam skripsi kami akan menerapkan diagram kendali THWMA untuk memonitor proses plating aksesoris mobil PT. XYZ. Diperoleh hasil pada Fase I diagram kendali in control, sehingga nilai parameter yang digunakan pada Fase II adalah  $\hat{\mu}$  sebesar 10.691 dan  $\hat{\sigma}$  sebesar 0.67. Diagram Kendali Fase II dengan menggunakan  $K = 2.994$  dan  $\lambda = 0.25$ , diperoleh bahwa diagram kendali THWMA terkendali.

**Kata Kunci:** *Diagram Kendali, Triple Homogeneously Weighted Moving Average, Pengendalian Kualitas.*

## A. Pendahuluan

Pengendalian kualitas adalah aktivitas keteknikan dan manajemen, yang dengan aktivitas itu kita ukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan dan mengambil tindakan penyelesaian yang sesuai apabila ada perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dan yang standar [3].

Cara yang dapat dilakukan untuk menjaga kualitas dari sebuah produk salah satu caranya dengan menggunakan diagram kendali, diagram kendali yang sangat umum digunakan dalam proses pengendalian kualitas adalah diagram kendali Shewhart yang terdiri dari diagram kendali  $\bar{X}$ , diagram kendali R dan diagram kendali S. Para praktisi kualitas menyadari bahwa skema pemantauan berbasis struktur shewhart hanya bekerja secara efektif dalam mengidentifikasi pergeseran besar dalam parameter proses. Untuk mengatasi ini, pada tahun 1959 Roberts memperkenalkan exponentially weighted moving average (EWMA) untuk memperbaiki kemampuan diagram kendali Shewhart yang lemah dalam mendeteksi pergeseran yang kecil [3].

(Abbas, 2018) mengajukan Teknik Homogeneosly Weighted Moving Average (HWMA), dengan mengalokasikan bobot tertentu pada nilai proses yang paling baru dan sisanya dialokasikan secara homogen diantara rata-rata semua nilai lainnya dalam proses. (Abid dkk., 2020) mengembangkan Teknik Double Homogeneosly Weighted Moving Average (DHWMA) untuk mendeteksi perubahan kecil dalam proses rata-rata yang lebih baik dari HWMA setelah dilakukan perbandingan. (Riaz dkk., 2021) mengembangkan diagram kendali Triple Homogeneosly Weighted Moving Average (THWMA) untuk pemantauan yang efisien terhadap rata-rata proses di bawah zero state and steady state yang sangat sensitive dalam mengidentifikasi perubahan kecil dan berkelanjutan dalam proses secara efektif dan menggunakan informasi sampel sebanyak tiga kali. Oleh karena itu, (Riaz dkk., 2021) memberikan kesimpulan bahwa diagram kendali THWMA dinilai lebih unggul dari diagram kendali DHWMA yang sebelumnya sudah ada dan dari pesaing lainnya.

Konsumen merupakan hal yang tidak akan pernah lepas dari suatu perusahaan, perusahaan akan selalu menyajikan produknya dengan hasil yang terbaik agar konsumen puas dan membeli lagi produk yang disediakan (Putri & Suliadi, 2023). Oleh karena itu, perusahaan perlu melihat dan menjaga agar kualitas produk yang dihasilkan terjamin serta dapat diterima oleh konsumen yang berakhir bisa bersaing dengan para pesaing yang ada.

Salah satu produk yang sampai saat ini banyak diproduksi adalah aksesoris mobil, banyak konsumen yang tertarik untuk membeli aksesoris mobil. Proses *plating* pada aksesoris mobil dapat melindungi agar tidak mudah korosi dan dapat bertahan lama sehingga meningkatkan kualitas produk yang mengakibatkan konsumen puas dengan produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, proses *plating* aksesoris mobil ini perlu dikendalikan untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan. Skripsi ini akan menerapkan Diagram Kendali *Triple Homogeneosly Weighted Moving Average* dalam proses *plating* aksesoris mobil PT. XYZ.

Dalam penelitian ini kami menerapkan diagram kendali THWMA untuk memonitor *plating* aksesoris mobil PT. XYZ.

## B. Metodologi Penelitian

Peneliti menggunakan metode Diagram Kendali *Triple Homogeneosly Weighted Moving Average*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder mengenai pengontrolan proses *plating* untuk aksesoris mobil dari PT.XYZ. Karakteristik yang diamati adalah ketebalan lapisan logam setelah proses *plating* pada *finishing* aksesoris mobil, data diambil tiap satu hari sekali dengan satuan pengamatan mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) selama 60 hari dan setiap pengambilan diambil sebanyak 5 sampel.

### Diagram Kendali Fase I

Pembentukan Diagram Kendali THWMA melalui dua fase perhitungan, yaitu Fase I dan Fase II. Tujuan dari diagram kendali Fase I adalah memperoleh parameter proses yang diperoleh dari proses yang telah terkendali jika nilai parameter untuk Fase II tidak diketahui. Pada fase I,

$\hat{\mu}$  didefinisikan sebagai rata-rata sampel dan  $\hat{\sigma}$  didefinisikan sebagai simpangan baku sampel, untuk mendapatkan estimasi parameter, dapat memakai rumus:

$$\hat{\mu} = \bar{\bar{x}} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t \bar{X}_i \quad (1)$$

di mana:

$\bar{X}_i$  : Rata-rata X tiap nomor sampel

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{c_4} \quad (2)$$

$$\bar{s} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t s_i \quad (3)$$

di mana:

$s_i$ : simpangan baku tiap sampel

Lalu, batas kontrol yang digunakan adalah

$$\hat{\mu} \pm A_3 \bar{s} \quad (4)$$

Apabila diagram kendali yang terbentuk dalam Fase I ini terdapat sampel yang *out of control* maka sampel tersebut dibuang dan batas-batas kendali dihitung ulang hingga diagram kendali yang terbentuk dinyatakan terkendali (*in control*). Setelah diagram kendali dipastikan terkendali, parameter yang dihasilkan yaitu nilai  $\hat{\mu}$  dan  $\hat{\sigma}$  pada Fase I akan digunakan sebagai  $\hat{\mu}_0$ ,  $\hat{\sigma}_0$  pada langkah selanjutnya, yakni digunakan pada diagram kendali Fase II.

### Desain Skema Triple Homogeneously Weighted Moving Avarage

Sebelum Riaz dkk. (2021) merancang skema Triple Homogeneously Weighted Moving Average (THWMA) ini, terlebih dahulu Abbas (2018) merancang skema Homogeneously Weighted Moving Average (HWMA) dan Abid dkk. (2020) merancang skema Double Homogeneously Weighted Moving Average (DHWMA).

### Homogeneously Weighted Moving Avarage

Teknik HWMA, diajukan oleh (Abbas, 2018) dengan mengalokasikan bobot tertentu pada nilai proses yang paling baru dan sisanya dialokasikan secara homogen diantara rata-rata semua nilai lainnya dalam proses, karena dalam Teknik sebelumnya, yaitu Exponential Weighted Moving Average (EWMA), memberikan bobot yang lebih besar pada informasi terbaru dan bobot lebih kecil pada informasi lama, dan bobot pada EWMA menurun secara eksponensial di antara informasi sampel [1].

Misalkan karakteristik kualitas  $Y_{tj}$ ;  $t = 1, 2, 3, \dots$  dan  $j = 1, 2, 3, \dots, n$  diambil dari distribusi normal dengan mean ( $\mu$ ) dan standard deviasi ( $\sigma$ ), dimana  $t$  menyatakan sampel ke- $t$  dan  $n$  adalah ukuran sub grup. Statistik HWMA yang diusulkan oleh Abbas (2018) dituliskan sebagai

$$H_t = \lambda \bar{Y}_t + (1 - \lambda) \bar{Y}_{t-1}. \quad (5)$$

Dengan batas kontrolnya dapat dinyatakan seperti berikut ini:

$$\begin{aligned} LCL_t &= \begin{cases} \mu - K \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \lambda^2}, & t = 1 \\ \mu - K \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \left[ \lambda^2 + \frac{(1-\lambda)^2}{(t-1)} \right]}, & t > 1 \end{cases} \\ CL &= \mu \\ UCL_t &= \begin{cases} \mu + K \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \lambda^2}, & t = 1 \\ \mu + K \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \left[ \lambda^2 + \frac{(1-\lambda)^2}{(t-1)} \right]}, & t > 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (6)$$

### Double Homogeneously Weighted Moving Avarage

Setelah pengembangan model HWMA, (Abid dkk., 2020) merancang bagan Double Homogeneously Weighted Moving Average (DHWMA) untuk mendeteksi perubahan kecil dalam proses rata-rata yang lebih baik dari HWMA. Skema pembuatan grafik DHWMA menggunakan informasi sampel sebanyak dua kali [2]. Statistik pemetaan DHWMA diturunkan sebagai

$$DH_t = \lambda 2 \bar{Y}_t + (1 - \lambda 2) \bar{Y}_{t-1}. \quad (7)$$

Dengan batas kontrolnya dapat dinyatakan seperti berikut ini:

$$\begin{aligned} LCL_t &= \begin{cases} \mu - K \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \lambda^4}, & t = 1 \\ \mu - K \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \left[ \lambda^4 + \frac{(1-\lambda^2)^2}{(t-1)} \right]}, & t > 1 \end{cases} \\ CL &= \mu, \\ UCL_t &= \begin{cases} \mu + K \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \lambda^4}, & t = 1 \\ \mu + K \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \left[ \lambda^4 + \frac{(1-\lambda^2)^2}{(t-1)} \right]}, & t > 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (8)$$

### Triple Homogeneously Weighted Moving Avarage

Triple HWMA (THWMA) yang diajukan oleh (Riaz dkk., 2021) ini sangat sensitif dalam mengidentifikasi perubahan kecil dan berkelanjutan dalam proses secara efektif. THWMA menggunakan informasi sampel sebanyak tiga kali, yang membuat strukturnya menjadi efisien dan merupakan pembaharuan dari DHWMA yang memungkinkan perubahan kecil dapat lebih terdeteksi [4].

Misalkan karakteristik kualitas yang diminati  $Y_{ij}$  memiliki  $\bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3, \dots, \bar{Y}_t, \dots$  yang merupakan rata-rata pengamatan yang identik dan independent yang sesuai dengan setiap nomor sampel, sebagaimana pada HWMA dan DHWMA. Maka, bentuk sistematis dari skema pemetaan THWMA adalah

$$TH_t = \lambda 3 \bar{Y}_t + (1 - \lambda 3) \bar{Y}_{t-1}. \quad (9)$$

Dimana  $TH_1, TH_1, TH_1, \dots, TH_1$  adalah statistik plotting THWMA yang diusulkan yang sesuai dengan setiap nomor sampel. Rata-rata dan varians dari statistik THWMA adalah  $E(TH_t) = \mu$  dan  $V(TH_t) = \left[ \frac{\sigma^2}{n} \left[ \lambda^6 + \frac{(1-\lambda^3)^2}{(t-1)} \right] \right]$ . Batas Kendalinya yaitu,

$$\begin{aligned} LCL_t &= \begin{cases} \mu - K \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \lambda^6}, & t = 1 \\ \mu - K \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \left[ \lambda^6 + \frac{(1-\lambda^3)^2}{(t-1)} \right]}, & t > 1 \end{cases} \\ CL &= \mu, \\ UCL_t &= \begin{cases} \mu + K \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \lambda^6}, & t = 1 \\ \mu + K \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \left[ \lambda^6 + \frac{(1-\lambda^3)^2}{(t-1)} \right]}, & t > 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (10)$$

Dimana  $\lambda$  ( $0 < \lambda < 1$ ) menunjukkan parameter penghalusan dan  $K$  menunjukkan koefisien pensinyalan dari grafik THWMA yang diusulkan. Skema THWMA melacak pergeseran rata-rata proses jika berada di atas  $UCL_t$  atau di bawah  $LCL_t$ . Grafik THWMA yang diusulkan menurun ke grafik Shewhart jika  $\lambda = 1$ .

Nilai  $\lambda$  dan  $K$  yang diusulkan oleh (Riaz dkk., 2021) bernilai  $\lambda = 0.25$  dan nilai  $K = 2.994$  diperhitungkan pada  $IC ARL_0 = 370$  yang diinginkan oleh semua grafik.

### Proses *Plating*

Dalam teknologi pengerjaan logam, proses *electroplating* dikategorikan sebagai proses pengerjaan akhir (*metal finishing*). Secara sederhana, *electroplating* merupakan proses pelapisan logam, dengan menggunakan bantuan arus listrik dan senyawa kimia tertentu guna memindahkan partikel logam pelapis ke material yang hendak dilapis. Proses *electroplating* mengubah sifat fisik, mekanik, dan sifat teknologi suatu material. Salah satu contoh perubahan fisik ketika material dilapis dengan nikel adalah bertambahnya daya tahan material tersebut terhadap korosi, serta bertambahnya kapasitas konduktifitasnya [5].

Proses *plating* dilakukan untuk berbagai hal contohnya pada pelapisan cat pada aksesoris mobil, dengan tujuan agar aksesoris mobil yang dipakai dapat bertahan lama dan tidak mengalami perubahan warna yang signifikan meski terkena cahaya, debu ataupun air sehingga menjaga keindahan dan estetika yang ada, serta bisa menambah harga jual yang berlaku. Di bawah ini adalah salah satu aksesoris mobil yang sudah dilakukan *plating* atau pelapisan menggunakan logam yang merupakan proses *finishing*.

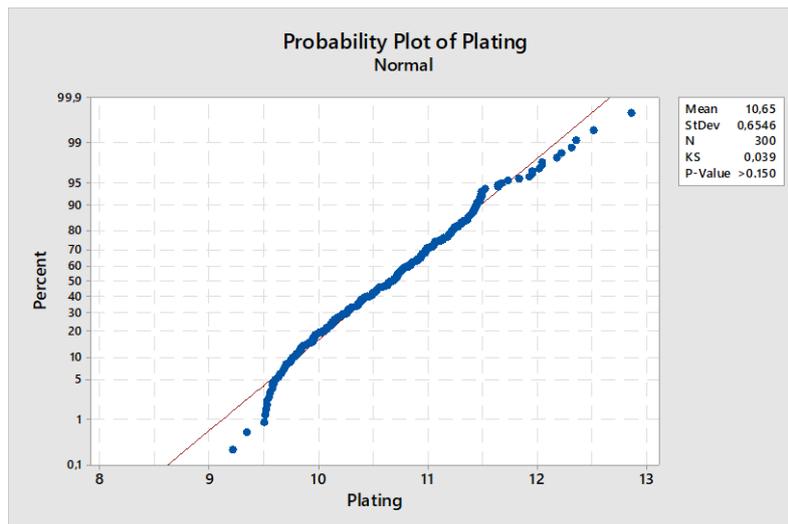


**Gambar 1.** Aksesoris Mobil Setelah Proses *Plating*

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### Normalitas Data

Uji normalitas digunakan untuk memenuhi asumsi pada data diagram kendali fase I. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Maka diperoleh hasil sebagai berikut.

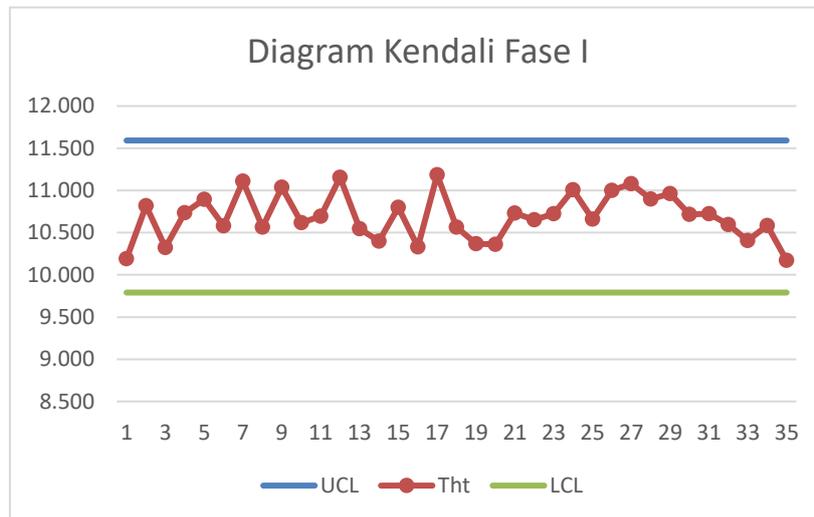


**Gambar 2.** Uji Normalitas

Dapat dilihat bahwa nilai  $p\text{-value} > 0.05$ , maka  $H_0$  diterima yang artinya data sampel berdistribusi normal.

### Diagram Kendali Fase I

Diagram kendali fase I menggunakan diagram kendali Shewhart. Sampel yang diambil sebanyak 35 dan sub grup 5, fase I digunakan untuk menduga parameter yang nantinya akan dipakai di fase II. Didapatkan nilai  $\hat{\mu} = 10.691$   $\bar{s} = 0.631$   $\hat{\sigma} = 0.67$ . Dari nilai-nilai tersebut diperoleh nilai batas kendali atas sebesar 11.592 dan batas kendali bawah 9.79. Maka, diperoleh diagram fase I terkendali pada Gambar 2.

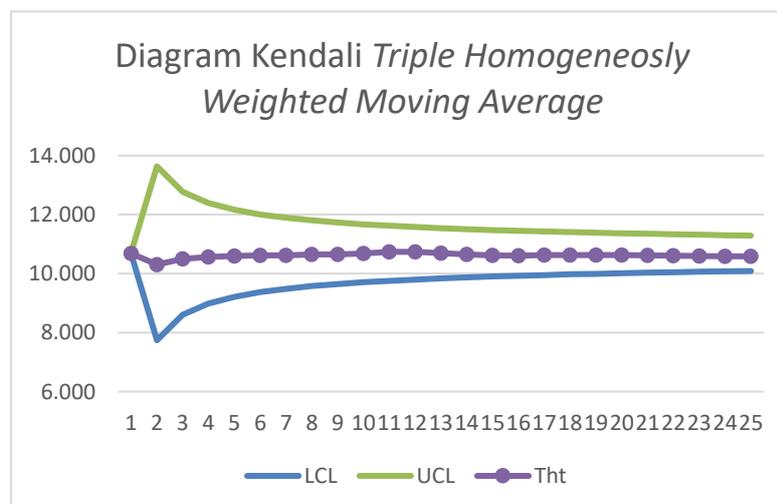


Gambar 3. Diagram Kendali Fase I

### Diagram Kendali Triple Homogeneously Weighted Moving Average (THWMA)

Setelah Diagram Kendali Fase I dinyatakan *in control*, langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah melakukan fase II dengan menggunakan nilai parameter yang telah didapatkan dari fase I, yaitu menggunakan nilai  $\hat{\mu}$  sebesar 10.691 dan  $\hat{\sigma}$  sebesar 0.67. Dengan data sampel sebanyak  $t = 25$  dan subgrup sampel  $n = 5$ . Dengan menggunakan  $K = 2.994$  dan  $\lambda = 0.25$ , diperoleh diagram kendali THWMA sebagai berikut.

Fase II diawali dengan menghitung nilai statistik untuk  $T_{ht}$ , langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai UCL dan LCL. Setelah diperoleh seluruh nilai Batas Kendali Atas dan Batas Kendali Bawah, maka dapat dibuat Diagram Kendali Fase II (Diagram *Triple Homogeneously Weighted Moving Average*).



Gambar 4. Diagram Kendali THWMA

Dapat dilihat dari diagram kendali di atas bahwa tidak terdapat sampel yang di luar batas kontrol, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa Diagram Kendali THWMA terkendali karena tidak terdapat sinyal *out of control*.

#### **D. Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa data pada proses *plating* aksesoris mobil PT.XYZ dengan menggunakan diagram kendali Kendali *Triple Homogeneously Weighted Moving Average* (THWMA) terkendali atau tidak terjadi pergeseran proses

#### **Acknowledge**

Artikel ini merupakan bagian dari tugas akhir (skripsi) penulis pertama di bawah bimbingan penulis kedua

#### **Daftar Pustaka**

- [1] Abbas, N. (2018). Homogeneously weighted moving average control chart with an application in substrate manufacturing process. *Computers and Industrial Engineering*, 120, 460–470. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.05.009>
- [2] Abid, M., Shabbir, A., Nazir, H. Z., Sherwani, R. A. K., & Riaz, M. (2020). A double homogeneously weighted moving average control chart for monitoring of the process mean. *Quality and Reliability Engineering International*, 36(5), 1513–1527. <https://doi.org/10.1002/qre.2641>
- [3] Montgomery, D. C. (2009). *Statistical Quality Control: A Modern Introduction*, Version 6. Bandung: PT. Remaja Rusdakarya.
- [4] Riaz, M., Abbas, Z., Nazir, H. Z., & Abid, M. (2021a). On the development of triple homogeneously weighted moving average control chart. *Symmetry*, 13(2), 1–21. <https://doi.org/10.3390/sym13020360>
- [5] Tezar, A. (2018). Pengaruh Waktu Pelapisan Dengan Electroplating Tembaga Pada Plat Baja ST-37 Terhadap Kekerasan Lapisan (TA). Politeknik Harapan Bersama Tegal.
- [6] Putri, A. K., & Suliadi. (2023). Rekomendasi Destinasi Wisata di Indonesia Menggunakan Metode Item2Vec. *Jurnal Riset Statistika*, 11–18. <https://doi.org/10.29313/jrs.v3i1.1770>