

MONITORING KUALITAS KACA PANASAB DENGAN DIAGRAM KONTROL MEWMA

Wibawati¹, Amalia Nur Fadhila²

Departemen Statistika ^{1,2}

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya^{1,2}

Email: wibawati@statistika.its.ac.id¹, amaliafadhila17@gmail.com²,

Abstrak. Kaca panasab merupakan salah satu jenis kaca yang mempunyai kemampuan menyerap sebagian panas matahari, sehingga suhu dalam ruangan lebih nyaman. Salah satu perusahaan kaca nasional yang memproduksi kaca panasab melakukan monitoring pada proses pelapisan silvering. Cara silvering dianggap kurang efektif karena mengeluarkan biaya yang mahal. Oleh karena itu pada paper ini dilakukan proses pengendalian kualitas kaca panasab pada karakteristik kualitas *edge distortion* CD kiri dan kanan yang mempengaruhi ada tidaknya distorsi pada hasil *visual check*. Kedua karakteristik kualitas tersebut saling berkorelasi. Oleh karena itu dilakukan pengendalian kualitas menggunakan diagram kontrol Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) untuk memonitor variabilitas dan rata-rata proses. Statistik diagram kontrol MEWMA dipengaruhi oleh nilai pembobot λ . Data karakteristik kualitas kaca panasab dibagi dalam fase 1 dan fase 2. Fase 1 digunakan untuk mendapatkan estimasi parameter yang *in-control* (IC) yang selanjutnya digunakan untuk monitoring data fase 2. Monitoring kualitas pada fase 1, proses telah terkendali secara statistik setelah dilakukan iterasi dengan pembobot $\lambda = 0,4$. Sementara itu pada fase 2, berdasarkan diagram kontrol MEWMA menunjukkan proses produksi kaca panasab belum terkendali secara statistik. Dengan menggunakan analisis kapabilitas proses didapatkan hasil tingkat presisi dan akurasi kualitas produk kaca panasab masih rendah. Sehingga dapat disimpulkan proses produksi kaca panasab belum kapabel

Kata Kunci: Pengendalian kualitas, kaca panasab, MEWMA, kapabilitas

Abstract. Panasab glass is one type of glass that can absorb some of the heart's heat so that the temperature in the room is more comfortable. One of the national glass companies that produce hot glass monitors the silvering coating process. The silvering method is considered less effective because it is expensive. Therefore, in this paper, the process of controlling the quality of hot glass is carried out on the quality characteristics of the left and right CD edge distortion, which is the length of the roll marks on the right and left sides of the net glass that affect the presence or absence of distortion in the visual check results. The two quality characteristics correlate with each other. Therefore, quality control is carried out using a Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) control chart to monitor process variability and averages. MEWMA control chart statistics are affected by the weighting value λ . The quality characteristic data of panasab glass is divided into phase 1 and phase 2. Phase 1 is used to obtain an in-control parameter estimate (IC) which is then used for monitoring phase 2. Quality monitoring in phase 1, the process has been statistically controlled after iterations have been carried out. By using $\lambda = 0.4$. Meanwhile, phase 2, based on the MEWMA control chart, shows that the producton prorcess of panasab glass production has not been controlled statistically. Based on process capability analysis, the results obtained that the level of precision and accuracy of the quality of panasab glass products is still low. So it can be concluded that the production process of panasav glass is not yet capable.

Keywords: Quality Control, Panasab Glass, MEWMA, Capability.

A. Pendahuluan

Permintaan masyarakat terhadap kaca lembaran yang semakin meningkat membuat perusahaan kaca di Indonesia terus berupaya untuk menghasilkan produk berkualitas bagi masyarakat untuk menjaga kepercayaan konsumen. Kualitas adalah salah satu faktor utama yang penting dalam pemilihan suatu produk yang dihasilkan oleh produsen. Hal ini dilakukan agar perusahaan dapat mempertahankan eksistensinya di tengah ketatnya persaingan industry dan tidak kehilangan konsumen karena produk yang tidak sesuai dengan keinginan pelanggan. Kualitas suatu produk ditentukan oleh karakteristik kualitas dari produk tersebut. Dalam



mempertahankan kualitas produk, maka perlu dilakukan suatu pengendalian kualitas. Tidak hanya kualitas saja yang diperhatikan namun juga memperhatikan kapabilitas dari pada proses produksi. Penting sekali mengetahui indeks kapabilitas mengingat bahwa kapabilitas merupakan tolak ukur bagaimana suatu proses tersebut apakah telah kapabel ataupun belum dengan melihat indeks kapabilitas prosesnya. Kualitas kaca panasap dapat dilihat melalui ketebalan kaca, size kaca, dan ada tidaknya distorsi pada kaca. Salah satu usaha yang dilakukan dalam menjaga kualitas produk kaca panasap adalah dengan memonitoring distorsi dengan melakukan pengambilan sampel pada kaca yang sudah dilapisi silvering untuk dimonitor kualitasnya. Proses pengendalian kualitas dilakukan dengan melakukan pelapisan perak nitrat yang kemudian dilakukan monitoring seacar visual apakah terdapat distorsi pada kaca atau tidak. Jika terdapat distorsi pada cermin membuat gambar cermin menjadi bergelombang sehingga sampel tidak lulus kualifikasi dan pelapisan perak nitrat pada sampel yang tidak lulus kualifikasi akan terbung sia-sia. Proses pengendalian kualitas dengan cara tersebut dianggap kurang optimal dan tidak efektif dikarenakan biaya pelapisan silvering yang mahal. Oleh karena itu perusahaan ingin merubah pengendalian kualitas produksinya dengan melakukan pengendalian kualitas dengan memonitoring distorsi pada karakteristik kualitas *edge distortion CD kiri* dan *edge distortion CD kanan* yang diduga berpengaruh terhadap ada tidaknya distorsi pada kaca panasap ketika dilakukan pengecheckan visual pada pelapisan silvering. Karakteristik kualitas *edge distortion CD* merupakan panjang bekas roll pada samping kanan dan kiri netto kaca. Kedua karakteristik kualitas *edge distortion CD kiri* dan *edge distortion CD kanan* memiliki korelasi satu sama lain. Penelitian sebelumnya mengenai proses produksi kaca secara univariat dilakukan oleh (Wibawati, Rahma, & Udiatami, 2022) dengan menggunakan diagtam kontrol Neutrosophic Exponentially Weighted Moving Average (NEWMA) \bar{X} dalam Monitoring Rata-Rata Proses Ketebalan Kaca. Pada penelitian ini diperoleh kesimpulan proses belum terkendali secara statistik.

Salah satu metode statistik yang digunakan dalam melakukan pengendalian kualitas pada dua karakteristik kualitas yang saling berhubungan adalah diagram kontrol multivariat. Salah satu diagram kontrol multivariat untuk mendeteksi pergeseran *mean vector* adalah adalah Multivariate Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) (Montgomery, 2020). Statisik diagram kontrol MEWMA mengakumulasikan informasi dari seluruh pengamatan sehingga lebih sensitif untuk mendeteksi pergeseran yang kecil (Prabu & Runger, 1992). Selain itu, diagram kontrol MEWMA robust terhadap distribusi non normal (Stoumbos & Sullivan, 2002), Oeh karena itu, pada paper ini akan dilakukan monitoring kualitas produksi kaca panasap menggunakan diagram kontrol MEWMA dengan karakteristik kualitas *edge distortion CD kiri* dan *edge distortion CD kanan* yang tidak berdistribusi normal multivariat.

B. Metodologi Penelitian

Data yang digunakan pada paper ini merupakan data sekunder dari pengukuran hasil potongan kaca panasap pada periode 2019-2021. Data penelitian dibagi menjadi dua fase, fase 1 dimulai dari periode 2 Maret 2019 – 6 April 2021 dan fase 2 dimulai pada periode 11 Juni 2021 – 4 November 2021. Variabel yang diteliti adalah variabel *edge distortion CD kiri* dan *edge distortion CD kanan* (Tabel 1).

Tabel 1 Karakteristik Kualitas

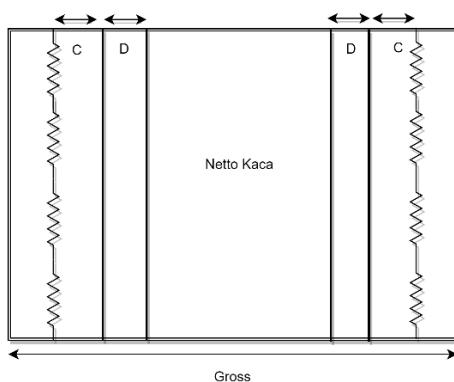
Karakteristik Kualitas	Satuan	Spesifikasi
X_1	<i>Edge Distortion CD kiri</i>	Mm
X_2	<i>Edge Distortion CD kanan</i>	Mm

X_1 : Panjang bekas roll pada samping kiri netto kaca dari titik C hingga titik D.

X_2 : Panjang bekas roll pada samping kanan netto kaca dari titik C hingga titik D.



Secara visual karakteristik kualitas yang digunakan disajikan pada Gambar 1



Gambar 1 Roll Kaca.

Data penelitian yang digunakan pada fase 1 terdiri 50 pengamatan dan fase 2 terdapat 59. Jumlah seluruh pengamatan yang diamati sebanyak 109 pengamatan. Struktur data untuk diagram kontrol MEWMA disajikan pada Tabel 2.

Tabel. 2 Struktur Data

Pengamatan ke-	X_1	X_2
1	$x_{1.1}$	$x_{1.2}$
2	$x_{2.1}$	$x_{2.2}$
3	$x_{3.1}$	$x_{3.2}$
:	:	:
109	$x_{109.1}$	$x_{109.2}$

Langkah analisis pengendalian kualitas pada produk kaca panasap dengan diagram kontrol MEWMA adalah sebagai berikut :

Fase 1 untuk membangun batas kontrol MEWMA menggunakan data pada periode 2 Maret 2019 – 6 April 2021

- Menghitung vektor $Z_n = \lambda X_n + (I - \lambda) Z_{n-1}$,
- Menghitung matriks kovarian dari Z_n .
- Menghitung nilai T_n^2 pada setiap pengamatan, $T_n^2 = Z_n^T \Sigma_{Zn}^{-1} Z_n$,
- Membuat plot T_n^2 dengan BKB=0 dan BKA=H yang diperoleh berdasarkan pembobot λ yang sudah ditetapkan.
- Memilih pembobot λ diagram kontrol MEWMA yang optimum.

Fase 2 untuk memonitoring proses menggunakan data pada periode 11 Juni 2021 – 4 November 2021 kemudian dilakukan perhitungan pada poin (a.) – (d.) menggunakan pembobot λ yang optimum pada diagram kontrol MEWMA fase 1

- Melakukan perbandingan antara hasil pengendalian kualitas menggunakan diagram kontrol MEWMA fase 1 dan fase 2 apakah telah sama atau berbeda dengan pengendalian kualitas menggunakan pelapisan *silvering* dengan perhitungan *confusion matrix*.
- Menghitung kapabilitas proses dengan formula (ASTMInternational, 2003) :

$$MP_{pk}(X_k) = \left(\prod_{k=1}^p P_{pk}(X_k) \right)^{\frac{1}{p}},$$

dengan,

$k = 1, 2, \dots, p$



p = jumlah karakteristik kualitas

$$P_{pk} = \frac{\min(P_{pu}, P_{pl})}{3\sigma}$$

$$P_{pu} = \frac{BSA - \mu}{3\sigma}$$

$$P_{pl} = \frac{\mu - BSB}{3\sigma}$$

BSA = Batas Spesifikasi Atas

BSB = Batas Spesifikasi Bawah

μ = Rata-rata proses

3. Menginterpretasikan hasil analisis.
4. Membuat kesimpulan dan saran.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Gambaran umum karakteristik kualitas kaca panasap meliputi rata-rata, koefisien variasi, nilai minimum dan nilai maximum. Karakteristik kualitas yang diamati adalah *edge distortion Cd* kiri dan *edge distortion CD* kanan pada fase 1 dan fase 2 disajikan pada Tabel. 3.

Tabel 3 Karakteristik Kualitas Edge Distortion CD

Fase	Karakteristik Kualitas	Rata-Rata	Koefisien Variasi	Minimum	Maksimum	Spesifikasi
Fase 1	<i>Edge distortion CD</i> kiri	62,76	30,35	36	151	70-150 mm
	<i>Edge distortion CD</i> kanan	83,5	129,80	42	829	70-150 mm
Fase 2	<i>Edge distortion CD</i> kiri	72,83	24,49	43	135	70-150 mm
	<i>Edge distortion CD</i> kanan	73,31	27	25	128	70-150 mm

Berdasarkan Tabel 3 didapatkan informasi bahwa pada Fase 1 untuk jenis Kaca Panasap memiliki rata rata dan nilai minimum di bawah batas spesifikasi yaitu sebesar 62,76mm dan 36mm untuk karakteristik kualitas *edge distortion CD* kiri dan 42mm untuk nilai minimum karakteristik kualitas *edge distortion CD* kanan, sedangkan batas minimum untuk karakteristik kualitas *edge distortion CD* adalah 70 mm. Nilai *edge distortion CD* yang di bawah batas spesifikasi menyebabkan kualitas potongan kaca kurang baik sehingga terdapat distorsi pada bayangan di kaca. Nilai maksimum pada karakteristik kualitas *edge distortion CD* kiri dan kanan sangat jauh dari batas spesifikasi maksimum yaitu bernilai 151 mm dan 829mm yang meyebabkan banyak bahan baku yang terbuang sia-sia. Terdapat informasi koefisien variasi



kedua karakteristik kualitas, dimana untuk karakteristik kualitas *edge distortion CD* kanan dan *edge distortion CD* kiri masing-masing bernilai 30,35 dan 129,80. Nilai koefisien variasi *edge distortion CD* kanan memiliki nilai lebih besar dari koefisien variasi *edge distortion CD* kiri yang berarti karakteristik kualitas *edge distortion CD* kanan memiliki variasi yang lebih heterogen dibandingkan dengan karakteristik kualitas *edge distortion CD* kanan.

Pada data pada fase 2 pada karakteristik kualitas *edge distortion CD* kiri maupun *edge distortion CD* kanan memiliki rata-rata sudah berada pada batas spesifikasi perusahaan namun untuk nilai minimum masih di bawah batas spesifikasi yaitu sebesar 43mm dan 25mm, sedangkan batas minimum untuk karakteristik kualitas *edge distortion CD* adalah 70 mm. Nilai *edge distortion CD* yang di bawah batas spesifikasi menyebabkan kualitas potongan kaca kurang baik sehingga terdapat distorsi pada bayangan di kaca. Nilai maksimum pada karakteristik kualitas *edge distortion CD* kiri dan kanan sudah pada batas spesifikasi perusahaan bernilai 135mm dan 128mm. Terdapat informasi koefisien variasi kedua karakteristik kualitas, dimana untuk karakteristik kualitas *edge distortion CD* kanan dan *edge distortion CD* kiri masing-masing bernilai 27 dan 24,49. Nilai koefisien variasi *edge distortion CD* kanan memiliki nilai lebih besar dari koefisien variasi *edge distortion CD* kiri yang berarti karakteristik kualitas *edge distortion CD* kanan memiliki variasi yang lebih heterogen dibandingkan dengan karakteristik kualitas *edge distortion CD* kanan.

Sebelum melakukan monitoring dengan MEWMA, langkah pertama adalah melakukan pengujian korelasi dengan hipotesis .

$H_0 : \rho = 0$: Tidak ada korelasi antar karakteristik kualitas.

$H_1 : \rho \neq 0$: Ada korelasi antar karakteristik kualitas.

Dengan daerah kritis adalah tolak H_0 apabila $p\text{-value} < \alpha (0,05)$,

Tabel 4. Uji Korelasi Pearson

Karakteristik Kualitas 1	Karakteristik Kualitas 2	Korelasi	P-Value
<i>Edge Distortion CD</i> kiri	<i>Edge Distortion CD</i> kanan	0,48	0,00

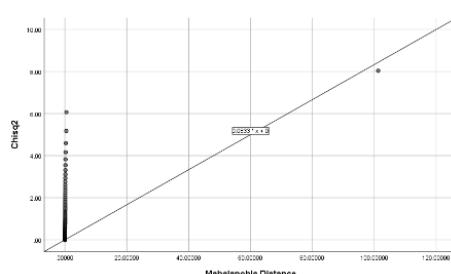
Pada Tabel 4 dapat dilihat nilai $p\text{-value}$ pada uji korelasi Spearman bernilai 0 dimana nilai tersebut kurang dari 0,05 sehingga keputusan yang diambil adalah tolak H_0 atau kedua karakteristik kualitas memiliki korelasi satu sama lain.

Tahap berikutnya adalah melakukan pengujian asumsi normal multivariat. Pemeriksaan uji distribusi normal multivariat dilakukan dengan melihat *scatterplot* d_i^2 dan q_i . Hipotesis yang digunakan pada pengujian normal multivariat adalah sebagai berikut.

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

Dengan daerah kritis adalah gagal tolak H_0 apabila *scatterplot* cenderung membentuk garis lurus. Berikut adalah Q-Q plot pada pengujian normal multivariat untuk karakteristik kualitas *edge distortion CD* kiri dan *edge distortion CD* kanan.



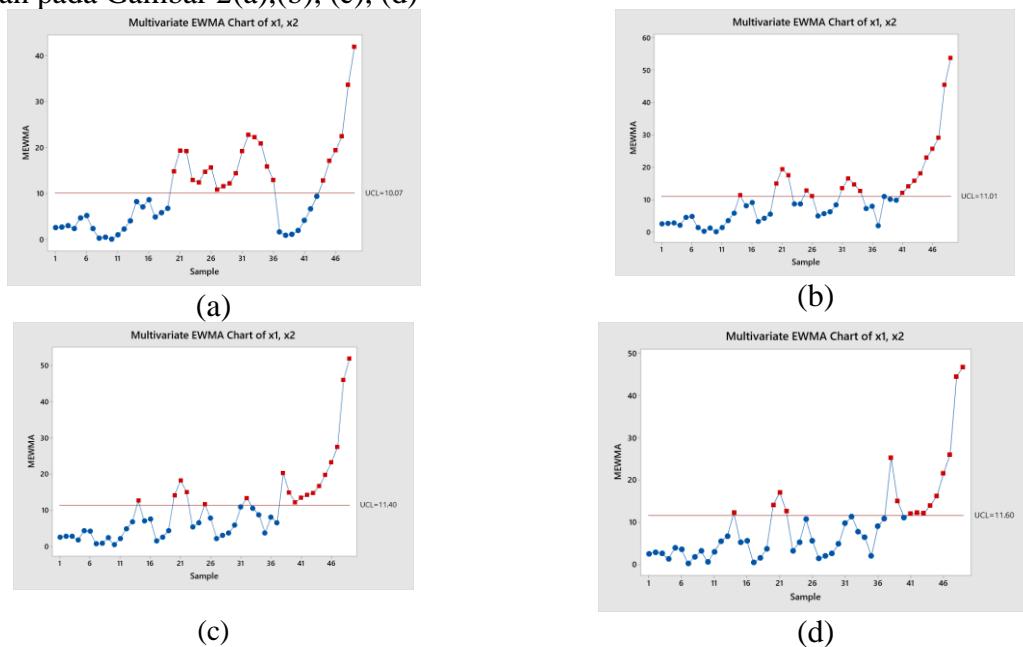
Gambar 1 Q-Q Plot karakteristik kualitas kaca Panasab

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa data tidak mengikuti garis lurus sehingga keputusan yang diambil adalah tolak H_0 atau data pada penelitian ini tidak berdistribusi normal multivariat.



Metode statistika yang digunakan selanjutnya untuk melakukan pengendalian kualitas pada penelitian kali ini adalah MEWMA. Menurut (Montgomery, 2020) kedua diagram kontrol multivariat tersebut *robust* terhadap non normal dan dikutip dari penelitian (Stoumbos & Sullivan, 2002) menyebutkan bahwa efek dari non normalitas pada peta kendali MEWMA menunjukkan bahwa grafik Chi Kuadrat sangat sensitive terhadap non-normalitas pada data pengamatan individu. Sehingga dapat disebutkan bahwa peta kendali MEWMA *robust* terhadap non-normalitas dan sangat efektif untuk mendeteksi pergeseran proses. Karena kedua diagram kontrol yang akan digunakan robust terhadap non normal maka dapat dilakukan analisis berikutnya.

Selanjutnya dilakukan pengontrolan rata-rata proses menggunakan diagram kontrol MEWMA. Pada diagram MEWMA, seperti yang disajikan pada bagian B, dilakukan monitoring dengan MEWMA dengan berbagai nilai pembobot λ . Pada pemilihan pembobot λ kurang dari 0,4 dapat memberikan hasil pengontrolan terhadap rata-rata proses yang lebih sensitif, oleh karena itu pada penelitian ini digunakan pembobot λ 0,1, 0,2 hingga 0,4. Seperti disajikan pada Gambar 2(a),(b), (c), (d)



Gambar 2 Diagram Kontrol MEWMA Fase 1 (a) $\lambda=0,1$, (b) $\lambda=0,2$. (c) $\lambda=0,3$. Dan (d) $\lambda=0,4$.

Berdasarkan Gambar 2(a) dapat diketahui bahwa rata-rata proses monitoring distorsi pada kaca panasap dengan menggunakan pembobot $\lambda = 0,1$ memiliki nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 10,071 dan terdapat pengamatan yang *out of control* sebanyak 23 pengamatan. Dengan demikian, rata-rata proses monitoring distorsi pada kaca panasap menggunakan pembobot $\lambda = 0,1$ belum terkendali secara statistik. Selanjutnya pada Gambar 2 (b) adalah hasil pengendalian rata-rata proses monitoring distorsi pada kaca panasap dengan menggunakan pembobot $\lambda = 0,2$. Pada bobot ini memiliki nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 11,01 dan terdapat pengamatan yang *out of control* sebanyak 19 pengamatan, jika dibandingkan dengan pembobot sebelumnya jumlah pengamatan yang *out of control* lebih sedikit yang berarti diagram kontrol dengan pembobot $\lambda = 0,1$ lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran proses. Dengan demikian, rata-rata proses monitoring distorsi pada kaca panasap menggunakan pembobot $\lambda = 0,2$ belum terkendali secara statistik. Selanjutnya adalah hasil pengendalian rata-rata proses monitoring distorsi pada kaca panasap dengan menggunakan pembobot $\lambda = 0,3$. Berdasarkan Gambar 2 (c) diketahui bahwa rata-rata proses monitoring distorsi pada kaca panasap dengan menggunakan pembobot $\lambda = 0,3$ memiliki nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 11,4 dan terdapat pengamatan yang *out of control* sebanyak 18



pengamatan. Sementara itu jika dilihat pada Gambar 2 (d) dengan menggunakan pembobot $\lambda = 0,4$ memiliki nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 11,6 dan terdapat pengamatan yang *out of control* sebanyak 15 pengamatan, jika dibandingkan dengan pembobot sebelumnya jumlah *out of control* pada pembobot $\lambda = 0,4$ lebih sedikit sehingga dapat disimpulkan diagram kontrol dengan pembobot $\lambda = 0,4$ tidak lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran proses. Dengan demikian, rata-rata proses monitoring distorsi pada kaca panasap menggunakan pembobot $\lambda = 0,4$ belum terkendali secara statistik.

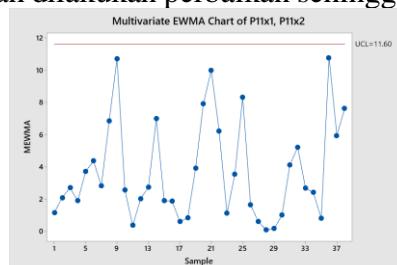
Untuk menentukan pembobot yang paling optimum dapat dilakukan dengan memperhatikan jumlah pengamatan yang *out of control* dan selisih antara nilai pengamatan terbesar dengan batas kendali atas (BKA). Semakin banyak jumlah pengamatan yang *out of control* dan semakin kecil selisih antara nilai terbesar dengan batas kendali atas (BKA) maka pembobot tersebut lebih sensitif untuk mendeteksi pergeseran. Berikut merupakan hasil perhitungannya.

Tabel 5. Perhitungan Pembobot Optimum Diagram Kontrol MEWMA Fase 1

λ	Mewma Max	BKA	Out Of Control	MEWMA max - H
0,1	41,98	10,07	23	31,91
0,2	53,82	11,01	19	42,81
0,3	51,96	11,4	18	40,56
0,4	46,76	11,6	15	35,16

Dengan mempertimbangkan kedua cara tersebut untuk menentukan pembobot optimum pada fase 1 maka dapat dilihat pembobot yang optimum untuk mendeteksi pergeseran rata-rata proses adalah diagram kontrol MEWMA dengan pembobot $\lambda = 0,1$. Namun melihat kondisi perusahaan kaca yang baru pertama kali melakukan pengendalian kualitas secara statistik, alangkah lebih baiknya tidak menggunakan pembobot yang terlalu kecil karena akan menyebabkan *oversensitive* dan juga merugikan perusahaan. Dengan tetap mempertimbangkan kedua cara dalam menentukan pembobot optimum, dapat dilihat pembobot $\lambda = 0,4$ memiliki lebar diagram kontrol terkecil kedua sehingga pembobot $\lambda = 0,4$ dipilih menjadi pembobot optimum pada diagram kontrol MEWMA fase 1.

Langkah selanjutnya dilakukan perbaikan peta kendali hingga seluruh pengamatan *in control*. Sebelum dilakukan perbaikan dilihat terlebih dahulu penyebab masih terdapatnya pengamatan yang *out of control*. Jika dilihat pada keadaan aktual perusahaan selama periode Mei 2020 – April 2021 dilakukan pergantian setting mesin sehingga berdampak pada hasil panjang *edge distortion CD* yang lebih bervariasi. Pada diagram kontrol MEWMA dengan pembobot optimum diketahui terdapat 15 pengamatan yang *out of control*, pembuangan data dilakukan dari pengamatan *out of control* terjauh dari batas kendali atas (BKA) yaitu pada pengamatan ke 49 dengan nilai T^2 sebesar 46,76. Iterasi dilakukan sebanyak sebelas kali hingga didapatkan peta kendali dengan semua pengamatan yang telah *in control* dimana hasil setiap iterasi akan di lampirkan pada Lampiran E. Berikut merupakan diagram kontrol MEWMA pada fase 1 yang telah dilakukan perbaikan sehingga seluruh pengamatan *in control*.

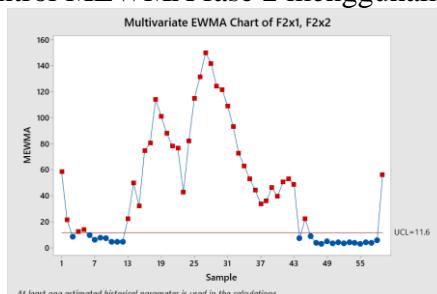


Gambar 3. Diagram Kontrol MEWMA Fase 1 $\lambda=0,4$ Setelah Perbaikan.

Dengan menggunakan pembobot $\lambda = 0,4$ serta menggunakan vector mean dan matrix varian covarian pada Fase 1 yang telah *in control* akan dilakukan pengendalian rata-rata proses



dengan diagram kontrol MEWMA pada fase 2 pada data periode 11 Juni 2021 – 4 November 2021. Berikut ini diagram kontrol MEWMA fase 2 menggunakan pembobot $\lambda = 0,4$.



Gambar 4. Diagram Kontrol MEWMA Fase 2, $\lambda=0,4$.

Berdasarkan Gambar 4. dapat dilihat masih terdapat 37 pengamatan yang *out of control* sehingga dapat diartikan rata-rata proses belum terkendali secara statistik. Selanjutnya adalah mengidentifikasi faktor penyebab (*assignable cause*) tidak terkendalinya rata-rata proses. Ketika melihat keadaan yang sebenarnya di lapangan, penyebab tidak terkendalinya rata-rata proses adalah karena terdapat goyangan dalam proses pemotongan sehingga berpengaruh terhadap panjang *edge distorsi CD* kiri maupun kanan. Selain itu juga faktor penyebab tidak terkendalinya rata-rata proses adalah karena perbedaan *temperature* dimana jika *temperature* semakin panas membuat kaca lebih cair dan mudah bergoyang, serta gerakan roll pembentuk kaca yang membuat tidak berjalan dengan baik proses pemotongan kaca.

Analisis kapabilitas proses adalah analisis guna menaksir kemampuan proses pada suatu produk dalam memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Analisis kapabilitas proses dilakukan untuk mengetahui seberapa baik proses produksi kaca panasap memenuhi batas spesifikasi yang ditetapkan oleh perusahaan. Pada hasil analisis diagram kendali MEWMA Fase 2, didapatkan hasil bahwa karakteristik kualitas *edge distortion CD* kiri dan *edge distortion CD* kanan tidak terkendali secara statistik pada rata-rata proses, oleh karena itu perhitungan kapabilitas proses menggunakan MPp dan MPpk. Indeks tersebut diperoleh dari hasil perkalian nilai Pp dan Ppk dengan pembobot pada masing-masing karakteristik kualitas yang bersesuaian. Pembobot yang ditetapkan untuk karakteristik kualitas *edge distortion CD* kiri dan *edge distortion CD* kanan masing masing sebesar 0,5 karena kedua karakteristik kualitas dianggap memiliki bobot yang sama dalam mempengaruhi ada tidaknya distorsi pada kaca. Proses produksi kaca panasap berjalan secara kapabel apabila indeks CPp dan CPk bernilai ≥ 1 . Untuk mendapatkan indeks kapabilitas multivariat perlu diketahui kapabilitas proses secara univariat yang disajikan sebagai berikut.

Tabel 6 . Perhitungan Analisis Kapabilitas Univariat

Karakteristik Kaulitas	Pp	Ppk
Edge Distortion CD Kiri	0,61	0,03
Edge Distortion CD Kanan	0,52	0,02

Dari Tabel 6 diketahui nilai Pp dan Ppk untuk setiap karakteristik kualitas kurang dari 1, hal ini menunjukkan bahwa proses belum kapabel dan kinerja proses belum baik. Selanjutnya dilakukan analisis kapabilitas secara multivariat dengan menggunakan persamaan pada bagian B, sehingga diperoleh indeks kapabilitas multivariat MPp dan Mppk masing masing sebesar 0,57 dan 0,025. Kedua nilai MPp dan Mppk kurang dari 1 yang berarti proses monitoring distorsi pada kaca panasap belum kapabel dan kinerja proses belum baik.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, karakteristik kualitas kaca panasab yaitu *edge distortion Cd* kiri dan *edge distortion CD* saling berkorelasi, akan tetapi tidak berdistribusi multivariat



normal. Dari hasil monitoring kualitas dengan MEWMA dengan bobot optimum $\lambda = 0,4$ disimpulkan rata-rata proses produksi kaca panasap belum terkendali secara statistik. Melalui indeks kapabilitas multivariat MP_p dan M_{ppk} diperoleh hasil 0,57 dan 0,025, yang menunjukkan bahwa proses monitoring distorsi pada kaca panasap belum kapabel dan kinerja proses belum baik

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. (2003). *Standard Practice for Process and Measurement Capability Indices 1*. United States: ASTM International.
- Montgomery, D. (2020). *Introduction to Statistical Quality Control : Eighth Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Prabu, S., & Runger, G. (1992). A Multivariate Exponentially Weighted Moving Average Control Chart. *Technometric*, 34, 46-53.
- Stoumbos, Z., & Sullivan, J. (2002). Robustness to Non-Normality of the Multivariate EWMA Control Chart. *Journal of Quality Technology*, vol.34,p pp 260-276.
- Wibawati, Rahma, W., & Udiatami, W. (2022). Penerapan Peta Kendali Neutrosophic Exponentially Weighted Moving Average (NEWMA) X dalam Monitoring Rata-Rata Proses Ketebalan Kaca. *Jambura Journal of Mathematics*, 1-8.

