

Pengendalian Kualitas Proses Produksi Teh Hitam di PT. Perkebunan Nusantara XII Unit Sirah Kencong

Qulsum Dwi Anggraini, Haryono, Diaz Fitra Aksioma

Jurusan Statistika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: haryono@statistika.its.ac.id, diaz_fa@statistika.its.ac.id, qulsumdwi@gmail.com

Abstrak—PT. Perkebunan Nusantara XII Unit Sirah Kencong merupakan perusahaan BUMN yang bergerak di bidang budidaya hasil perkebunan salah satunya teh hitam. Pengendalian kualitas yang dilakukan hanya berupa pencatatan hasil secara deskriptif sehingga hasilnya tidak mampu menunjukkan kebaikan suatu proses produksi. Pada kenyataannya pabrik sering mengalami masalah pada volume density yang menyebabkan perubahan kualitas dari rasa dan kepekatan warna. Density seringkali melebihi batas spesifikasi yang telah ditentukan yang membuat kualitas teh hitam menurun. Pada penelitian ini, pengendalian kualitas dilakukan secara multivariat karena density memberikan pengaruh terhadap karakteristik yang lain yaitu kepekatan warna dan rasa. Peta kendali yang digunakan adalah MEWMV dan MEWMA yang dinilai lebih sensitif terhadap pergeseran proses daripada peta kendali multivariat yang lainnya. Diperoleh hasil pembobot yang optimal adalah 0,9 untuk MEWMV dan MEWMA. Dari pembobot tersebut proses produksi teh hitam di PT. Perkebunan Nusantara XII Unit Sirah Kencong XII belum terkendali secara statistik. Indeks kapabilitas multivariat MP_p yang diperoleh adalah sebesar 2,02. Sehingga ada kecenderungan kinerja proses telah kapabel pada ketiga variabel. Nilai MP_{pk} yang diperoleh adalah -0,53 dimana nilai tersebut lebih kecil dari 1 sehingga kinerja proses multivariat belum kapabel.

Kata Kunci—Kapabilitas, MEWMA, MEWMV, Peta Kendali, Teh Hitam.

I. PENDAHULUAN

Teh merupakan minuman yang populer di masyarakat Indonesia. Teh adalah minuman yang paling banyak dikonsumsi oleh manusia dengan jumlah sekitar 120 ml perkapita perhari. Menurut Statistik Perkebunan Indonesia 2013-2015 yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Perkebunan [1], ekspor teh Indonesia didominasi oleh jenis teh hitam yang mencapai 75%, dan sisanya merupakan teh hijau. PT. Perkebunan Nusantara XII adalah salah satu perusahaan BUMN yang bergerak dalam bidang perkebunan. Salah satu kebun teh yang berada dalam wilayah PT. Perkebunan Nusantara XII yaitu kebun Sirah Kencong Blitar.

Proses pengolahan teh hitam di kebun Sirah Kencong dimulai dari pemetikan daun teh hingga pengemasan. Pengendalian mutu yang dilakukan oleh PTPN XII kebun Sirah Kencong terbagi menjadi beberapa tahapan. Pengujian *bulk density* dilakukan untuk mengetahui volume density dari teh. Selain itu pengendalian mutu dengan menggunakan indrawi berupa indra pengecap dan indra penglihatan yaitu rasa dan warna. Ketiga pengendalian mutu ini menentukan suatu produk dapat di-*release*.

Dari ketiga karakteristik diatas, PT. Perkebunan Nusantara Unit Sirah Kencong sering menemukan volume density yang melebihi batas spesifikasi yang telah ditentukan. Hal ini mempengaruhi kualitas karakteristik lainnya yang menyebabkan turunnya penjualan ekspor. Sehingga digunakan peta kendali multivariat untuk mengetahui kestabilan proses dari produksi teh hitam di PT. Perkebunan Nusantara XII yang selanjutnya akan dianalisis kapabilitas proses produksinya.

Peta kendali mampu menggambarkan akurasi dan presisi suatu produksi barang. Selanjutnya akan dilakukan analisis lebih lanjut dengan menghitung kapabilitas proses yang ada di PT. Perkebunan Nusantara XII. Dengan mengetahui kestabilan prosesnya, dapat dianalisis penyebab utama dari ketidakstabilan proses. Peta kendali yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah peta kendali MEWMA dan MEWMV yang dinilai lebih sensitif terhadap pergeseran proses daripada peta kendali multivariat lainnya.

Penelitian sebelumnya mengenai proses produksi teh hitam pernah dilakukan untuk mengetahui pengendalian mutu yang dilakukan selama proses produksi. Menurut penelitian tersebut, pengendalian mutu yang dilakukan dalam proses produksi teh hitam terbagi menjadi tiga tahapan yaitu pengendalian bahan baku, mutu proses, dan mutu produk akhir [2]. Selain itu terdapat penelitian mengenai pengeringan serbuk teh hitam dengan metode *Six Sigma* yang memperoleh kesimpulan proses pengeringan serbuk teh hitam memiliki tingkat *six sigma* kapabilitas jangka pendek sebesar 2,28 dan kapabilitas jangka panjang sebesar 2,41 [3].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Uji Korelasi

Uji korelasi adalah salah satu pengujian dalam statistik yang digunakan untuk mencari hubungan antara dua variabel atau lebih yang bersifat kuantitatif. Untuk data multivariat digunakan pengujian *Bartlett's test*.

Hipotesis :

$H_0 : \rho = \mathbf{I}$ (tidak ada korelasi antar variabel)

$H_1 : \rho \neq \mathbf{I}$ (ada korelasi antar variabel)

Statistik uji sebagai berikut :

$$\chi_{hitung}^2 = -\ln|\mathbf{R}| \left\{ m - 1 - \frac{2p+5}{6} \right\} \quad (1)$$

Dari pengujian diatas akan dihasilkan nilai χ_{hitung}^2 dimana akan tolak H_0 jika nilai $\chi_{hitung}^2 > \chi_{p(p-1)}^2$ yang artinya terdapat korelasi antar variabel.

B. Peta Kendali MEWMV

Peta kendali MEWMV adalah peta kendali yang digunakan untuk memonitoring sebuah proses untuk mendeteksi pergeseran variabilitas proses yang kecil[4].

$$\mathbf{V}_m = \omega(x_m - y_m)(x_m - y_m)^T + (1 - \omega)\mathbf{V}_{m-1} \quad (2)$$

Dimana nilai pembobot adalah $0 < \omega < 1$, $0 < \lambda < 1$, dan $V_0 = (x_1 - y_1)(x_1 - y_1)^T$. Nilai estimasi dari y_m dapat dilihat dari persamaan berikut.

$$y_m = \lambda X_m + (1 - \lambda)y_{m-1} \quad (3)$$

Dengan y_m merupakan estimasi natural untuk proses rata-rata pada waktu ke- m dari MEWMA dan nilai $y_0 = 0$.

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \end{bmatrix}; \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix} \quad (4)$$

Dimana m merupakan total banyaknya sampel pengamatan yang dilakukan. Nilai x akan dicari sebanyak p karakteristik yang diamati.

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} (1 - \omega)^{m-1} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \omega(1 - \omega)^{m-2} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 & \vdots \\ \vdots & \vdots & 0 & \omega(1 - \omega) & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \omega \end{bmatrix} \quad (5)$$

Selanjutnya dilakukan substitusi persamaan hingga diperoleh hasil persamaan berikut

$$y_m = \sum_{i=1}^m \lambda(1 - \lambda)^{m-i} x_i$$

$$x_i - y_i = (1 - \lambda)x_i - \lambda(1 - \lambda)x_{i-1} - \dots - \lambda(1 - \lambda)^{i-1}x_1;$$

$$i = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

Kemudian dari persamaan (6) dilakukan perhitungan nilai matriks berikut.

$$(\mathbf{X} - \mathbf{Y}) = \begin{bmatrix} (\mathbf{X}_1 - \mathbf{y}_1)^T \\ (\mathbf{X}_2 - \mathbf{y}_2)^T \\ \vdots \\ (\mathbf{X}_t - \mathbf{y}_t)^T \end{bmatrix}$$

$$= (\mathbf{I}_m - \mathbf{M})\mathbf{X} \quad (7)$$

dengan \mathbf{I}_m adalah matriks identitas berukuran $m \times m$ dan \mathbf{M} adalah matriks segitiga bawah berukuran $m \times m$ dengan λ merupakan bobot yang telah ditetapkan.

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \lambda & 0 & \dots & 0 \\ \lambda(1 - \lambda) & \lambda & \ddots & 0 \\ \vdots & \dots & \ddots & 0 \\ \lambda(1 - \lambda)^{m-1} & \dots & \lambda(1 - \lambda) & \lambda \end{bmatrix} \quad (8)$$

berdasarkan persamaan (7), maka dapat diperoleh.

$$\mathbf{V}_m = \mathbf{X}^T \mathbf{Q} \mathbf{X} \quad (9)$$

Dimana \mathbf{Q} adalah matriks bujur sangkar dengan ukuran $m \times m$.

$$\mathbf{Q} = (\mathbf{I}_m - \mathbf{M})^T \mathbf{C} (\mathbf{I}_m - \mathbf{M}) \quad (10)$$

Berdasarkan persamaan (9) diperoleh $\text{tr}(\mathbf{V}_m) = \text{tr}(\mathbf{X}^T \mathbf{Q} \mathbf{X}) = \text{tr}(\mathbf{Q} \mathbf{X} \mathbf{X}^T)$

Oleh karena itu didapatkan,

$$\text{tr}(\mathbf{V}_m) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m q_{ij} (\sum_{k=1}^p x_{ik} x_{jk}) \quad (11)$$

Saat $p = 1$ persamaan $\text{tr}(\mathbf{V}_m)$ akan menjadi bentuk diagram kendali EWMV. Saat proses dalam keadaan terkontrol dapat ditunjukkan perhitungan untuk mendapatkan $E(\text{tr}(\mathbf{V}_m))$.

$$E[\text{tr}(\mathbf{V}_m)] = p \sum_{i=1}^m q_{ii} = p \times \text{tr}(\mathbf{Q}) \quad (12)$$

Nilai $E[\text{tr}(\mathbf{V}_m)]$ pada persamaan (12) akan konvergen untuk $E(\mathbf{V}_m) = \frac{ap(1-\lambda)^2}{2-\lambda}$ dengan $m \rightarrow \infty$ dan perhitungan $\text{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_m)]$ sebagai berikut.

$$\text{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_m)] = 2p \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m q_{ij}^2 \quad (13)$$

Persamaan (13) akan menjadi batas yang memungkinkan untuk setiap m . Berdasarkan persamaan (12) pula didapatkan batas diagram kendali berdasarkan $\text{tr}(\mathbf{V}_m)$ yaitu.

$$E[\text{tr}(\mathbf{V}_m)] \pm L \sqrt{\text{Var}[\text{tr}(\mathbf{V}_m)]}$$

$$= p \times \text{tr}(\mathbf{Q}) \pm L \sqrt{2p \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m q_{ij}^2} \quad (14)$$

dimana L merupakan konstanta yang bergantung pada p (banyak karakteristik kualitas), nilai ω (*smoothing constant*) dan λ (pembobot) yang telah ditentukan sebelumnya.

C. Peta Kendali MEWMA

Peta kendali MEWMA merupakan perluasan dari peta kendali EWMA yang digunakan untuk mendeteksi terjadinya mean proses yang kecil secara multivariat. Salah satu kelebihan peta kendali MEWMA adalah robust terhadap asumsi distribusi normal, artinya apabila data tidak memenuhi asumsi distribusi normal multivariat maka pembuatan diagram kendali MEWMA masih dapat dilakukan [5]. Berikut adalah vektor observasi pada peta kendali MEWMA.

$$\mathbf{Z}_i = \lambda \mathbf{X}_i + (1 - \lambda)\mathbf{Z}_{i-1} \quad (15)$$

Dimana nilai $0 < \lambda < 1$ dengan,

$i=1,2,3,\dots,m$

m = banyaknya subgroup yang diamati

λ = besarnya pembobot

Data yang akan diplot pada diagram kendali sebagai berikut.

$$T_i^2 = \mathbf{Z}_i^t [\Sigma_{Z_i}]^{-1} \mathbf{Z}_i \quad (16)$$

Dengan matriks kovarian sebagai berikut,

$$\Sigma_{Z_i} = \frac{\lambda}{2-\lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2i}] \Sigma \quad (17)$$

$i=1,2,\dots,m$

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

p = banyaknya variabel karakteristik kualitas yang diamati

m = banyaknya data yang diamati

Nilai batas kendali atas dalam diagram kendali MEWMA dinyatakan dalam nilai H . Nilai H diperoleh berdasarkan nilai λ yang telah ditentukan dan jumlah karakteristik kualitas yang diteliti

D. Analisis Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses adalah kemampuan suatu proses untuk menghasilkan suatu produk/ jasa sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Analisis kapabilitas proses merupakan bagian yang sangat penting dari keseluruhan program peningkatan kualitas.

Dalam penelitian ini pengamatan yang dilakukan pada karakteristik variabel merupakan kasus multivariat, maka perhitungan indeks kapabilitasnya adalah sebagai berikut [6].

$$MP_p = (\prod_{i=1}^p P_p^i)^{\frac{1}{p}}$$

$$MP_{pk} = (\prod_{i=1}^p P_{pk}^i)^{\frac{1}{p}} \quad (18)$$

Keterangan :

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

p = jumlah karakteristik kualitas

Nilai dari P_p dapat dicari dengan rumus sebagai berikut.

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6s} \quad (19)$$

Sedangkan rumus dari P_{pk} adalah

$$P_{pk} = \min\{P_{pu}; P_{pl}\}$$

$$P_{pu} = \frac{USL - \bar{X}}{3s}$$

$$P_{pl} = \frac{\bar{X} - LSL}{3s} \quad (20)$$

Keterangan :

USL = *Upper Specification Limits* (Batas Spesifikasi Atas)

LSL = *Lower Specification Limits* (Batas Spesifikasi Bawah)

\bar{X} = rata-rata proses

Nilai P_p dan P_{pk} merupakan nilai pengukuran yang mewakili bagaimana proses berjalan sehubungan dengan kebutuhan konsumen selama periode waktu yang lama. P_{pk} mewakili apa adanya yang dibuat oleh produsen.

Kriteria penilaian MP_{pk} yaitu apabila nilai MP_{pk} yang didapatkan kurang dari 1 maka kinerja proses tidak bagus atau tidak kapabel secara multivariat, jika lebih dari 1 maka kinerja proses tersebut mutlak bagus atau kapabel. Apabila nilai MP_{pk} lebih kecil dari nilai MP_p menunjukkan bahwa proses pada kedua variabel ini tidak terpusat dan tidak mencapai kapabilitas potensial.

E. Proses Produksi Teh Hitam

Secara umum, pengolahan teh terbagi menjadi dua sistem, yaitu sistem Ortodox dan CTC (*Crushing Tearing Curling*). Pada proses produksi di PT Perkebunan Nusantara XII, digunakan sistem CTC. Tahapan proses yang dilakukan adalah pemetikan daun segar, analisis hasil petikan, pelayuan, penggulungan, oksidasi enzimatis, pengeringan, sortasi kering, pengendalian mutu, pengemasan, dan pengiriman [7].

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari PT. X. Data tersebut merupakan data hasil pengamatan karakteristik mutu berupa density, kepekatan warna, dan rasa teh hitam yang dilakukan oleh divisi Quality Control PT. X. Data yang digunakan mulai bulan Januari 2016 hingga Maret 2016. Pada penelitian ini, terdapat 80 data individual dengan menggunakan hari sebagai subgrupnya [9].

B. Variabel Penelitian

Variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah karakteristik mutu yang menentukan kualitas dari teh hitam yaitu density, rasa, dan warna teh.

Pengujian density dilakukan dengan cara memasukkan bubuk teh ke dalam gelas ukur sebanyak 100 gram, kemudian dilihat volumenya. Untuk pengujian warna dan rasa, bubuk teh kering ditimbang sebanyak 5,6 gram kemudian dimasukkan dalam cangkir penyeduh untuk diseduh dengan air mendidih. Setelah dibiarkan selama 5 menit, air disaring dan ampas seduhan dipisahkan. Warna dari ampas seduhan akan dinilai. Ampas yang baik berwarna cerah mirip tembaga. Air seduhan akan dicicipi oleh seorang yang bertugas mencicipi rasa teh.

TABEL 1. VARIABEL PENELITIAN

Variabel	Karakteristik	Keterangan	Spesifikasi
X ₁	Density	Kerapatan Massa Bubuk Teh Hitam	250-295 ml

X ₂	Kepekatan warna	Warna yang dihasilkan setelah teh diseduh	21-25
X ₃	Rasa	Rasa dari seduhan teh tanpa diberi tambahan rasa lain	21-25

C. Langkah Analisis

Metode analisis yang digunakan dalam pengendalian kualitas di PT Perkebunan Nusantara XII pada produk teh adalah sebagai berikut.

- Melakukan uji korelasi terhadap variabel karakteristik kualitas yang diamati.
- Melakukan pengendalian proses produksi dengan membuat peta kendali MEWMV.
 - Membuat matrik C dengan diagonal utama merupakan nilai pembobot ω dan matrik M berupa matrik segitiga bawah dengan elemen λ .
 - Menghitung nilai Q untuk mendapatkan nilai $tr(V_m)$.
 - Menghitung nilai $tr(V_m)$.
 - Menghitung nilai $E(tr(V_m))$.
 - Menentukan nilai batas kendali setiap pengamatan.
- Membuat peta kendali MEWMA untuk pengendalian proses mean,
 - Menghitung nilai statistik T_i^2 pada setiap pengamatan untuk membuat peta kendali MEWMA.
 - Membuat plot T_i^2 dengan UCL=H dan LCL=0 berdasarkan nilai λ .
 - Memilih nilai λ yang optimum untuk peta kendali MEWMA.
- Menghitung indeks kapabilitas proses.
- Melakukan analisis dan membahas kapabilitas proses berdasarkan hasil yang sudah diperoleh.
- Membuat kesimpulan dan saran dari hasil analisis yang telah dilakukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter kualitas yang diamati di PT. Perkebunan Nusantara XII unit Sirah Kencong ada tiga hal yaitu rasa, kepekatan warna, dan density teh.

A. Uji Dependensi

Pengujian dilakukan menggunakan uji korelasi *Bartlett*. Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai χ^2_{hitung} sebesar 3,362 dengan *p-value* sebesar 0,339. Karena nilai *p-value* $0,339 > 0,05$ maka H_0 gagal ditolak dengan α 0,05. Selain itu jika dibandingkan dengan nilai χ^2_{tabel} diperoleh hasil nilai χ^2_{hitung} yang lebih kecil. Nilai χ^2_{tabel} dengan *df* = 3 adalah 7,815. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa secara statistik volume density, kepekatan warna, dan rasa, saling independen atau tidak memiliki hubungan. Namun, secara konsep antar karakteristik kualitas tersebut memiliki hubungan.

B. Peta Kendali MEWMV

Pada penelitian ini akan dicobakan nilai λ dan ω mulai 0,1 hingga 0,9. Semakin besar nilai pembobot yang diberikan akan mempengaruhi nilai L yang digunakan. Pemilihan pembobot terbaik pada penelitian ini menggunakan prinsip selisih paling minimum dari nilai $|\max tr(V_m) - BKA|$. Selisih paling minimum dari nilai $|\max tr(V_m) - BKA|$ adalah pembobot terbaik untuk mendeteksi data *out of control* yang menunjukkan error terkecil. Semakin kecil selisihnya, kemungkinan titik

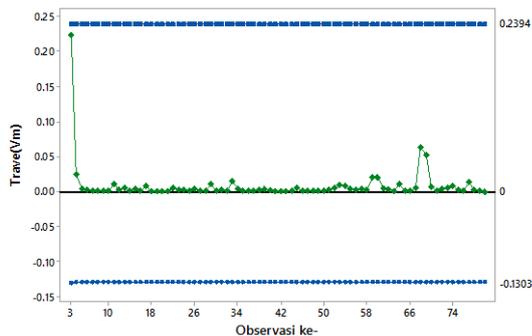
jatuh diluar batas kendali padahal tidak ada *assignable causes* akan lebih kecil, begitu pula sebaliknya.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa nilai dari $|\max tr(V_m) - BKA|$ paling minimum adalah 19,574 ketika nilai $\omega = 0,9$ dan $\lambda = 0,9$. Batas kendali yang diperoleh dari pembobot tersebut adalah 0,239 untuk BKA dan -0.08019 atau sama dengan 0 untuk BKB. Selisih minimum yang dihasilkan menunjukkan pembobot akan menghasilkan error yang minimum.

TABEL 2. HASIL PERHITUNGAN NILAI $|\max Tr(V_m) - BKA|$

ω	λ	L	$\max tr(V_m)$	BKA	Selisih
0,1	0,1	2.7900	1604.885	7.966	1596.92
0,2	0,2	3.3086	1268.057	7.107	1260.95
0,3	0,3	3.6602	970.857	5.863	964.993
0,4	0,4	3.9219	713.282	4.538	708.744
0,5	0,5	4.1191	495.335	3.272	492.063
0,6	0,6	4.2715	317.014	2.310	314.704
0,7	0,7	4.3836	178.321	1.547	176.664
0,8	0,8	4.4590	79.2526	0.813	78.440
0,9	0,9	4.4984	19.8134	0.239	19.574

Nilai minimum selisih $|\max tr(V_m) - BKA|$ dipengaruhi oleh pembobot yang digunakan dimana ketika nilai pembobot semakin tinggi akan menghasilkan nilai $tr(V_m)$ yang semakin kecil. Dengan menggunakan pembobot 0,9 diperoleh peta kendali seperti pada Gambar 1. Pada Gambar 1 tidak terdapat titik yang berada di luar batas kendali terhitung sejak proses stabil. Pada titik awal peta kendali terdapat titik yang berada di luar batas kendali. Namun titik ini merupakan tahap persiapan. Sehingga dapat dikatakan dengan menggunakan pembobot 0,9 variabilitas proses produksi teh hitam di PT. Perkebunan Nusantara XII Unit Sirah Kencong telah terkendali secara statistik.



Gambar 1. Peta Kendali MEWMA stabil dengan $\omega = 0,9$ dan $\lambda 0,9$

C. Peta Kendali MEWMA

Pengendalian rata-rata proses produksi teh hitam dilakukan dengan menggunakan peta kendali MEWMA. Pada penelitian ini titik yang akan di plot adalah nilai yang sudah diboboti dengan pembobot atau ω yang telah ditentukan sebelumnya. Nilai pembobot yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,1 sampai 0,9 dengan selisih 0,1 tiap pembobotnya.

Pembobot yang digunakan dalam peta kendali MEWMA mulai dari 0,1 hingga 0,9. Hasil dari pembobotan selanjutnya akan ditampilkan pada Tabel 3. Pemilihan pembobot terbaik diperhitungkan dengan mencari selisih minimum dari titik pengamatan maksimum dan batas kendali atas (BKA) yang diperoleh. Hasil batas kendali, jumlah titik *out of control*, dan titik maksimum yang dihasilkan dari setiap pembobotan selanjutnya akan ditampilkan pada Tabel 3.

TABEL 3. HASIL PETA KENDALI MEWMA $\omega = 0,4$ SAMPAI 0,9

ω	Batas Kendali	Jumlah Titik Out Of Control	Titik Maksimum
0,1	12,41	21	22,798
0,2	13,39	18	25,914
0,3	13,79	13	31,018
0,4	13,99	13	36,628
0,5	14,10	9	41,690
0,6	14,16	6	46,097
0,7	14,19	5	49,738
0,8	14,21	5	52,530
0,9	14,21	4	54,405

Dari Tabel 3 terlihat bahwa semakin tinggi nilai pembobot yang digunakan akan menghasilkan batas kendali atas yang semakin tinggi pula. Melebarnya batas kendali yang dihasilkan menyebabkan jumlah titik yang keluar dari batas semakin kecil. Akan tetapi nilai titik maksimum yang dihasilkan meningkat.

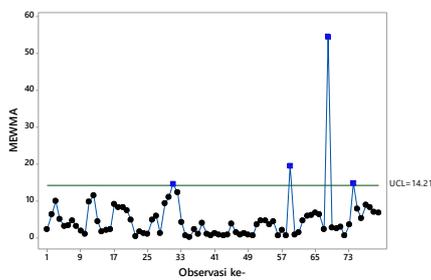
Lebarnya batas kendali yang dihasilkan membuat peluang suatu titik berada di luar batas kendali padahal seharusnya proses *in of control* semakin kecil. Pertimbangan pemilihan pembobot terbaik juga didasarkan pada lebarnya batas kendali. Semakin lebar batas kendali maka akan memperbesar resiko yang diperoleh konsumen. Akan tetapi mengurangi resiko produsen.

TABEL 4. SELISIH TITIK MAKSIMUM DAN BKA

ω	Batas Kendali Atas	Titik Maksimum	Selisih
0,1	12,40	22,798	10,388
0,2	13,39	25,914	12,914
0,3	13,79	31,018	17,228
0,4	13,99	36,628	22,637
0,5	14,10	41,689	27,589
0,6	14,15	46,097	31,937
0,7	14,19	49,738	35,548
0,8	14,206	52,530	38,320
0,9	14,213	54,405	40,195

Resiko konsumen lebih kecil jika selisih batas kendali atas dan titik maksimumnya seminimal mungkin. Selain itu, pemilihan pembobot terbaik juga harus konsisten dengan peta kendali MEWMA yang digunakan untuk pengontrolan variabilitas. Maka berdasarkan pertimbangan tersebut, peta kendali yang optimal adalah peta kendali MEWMA dengan pembobot 0,9. Terlihat pada Tabel 3 jumlah titik yang keluar dari batas kendali sebanyak 4 titik.

Berdasarkan pertimbangan penelitian mengenai pengendalian proses produksi teh hitam di PT. Perkebunan Nusantara XII Unit Sirah Kencong baru pertama kali dilakukan sehingga tidak disarankan menggunakan nilai pembobot yang terlalu sensitif terhadap proses *out of control*. Selain itu pembobot yang digunakan dalam peta kendali MEWMA dan MEWMA harus konsisten agar informasi yang diperoleh seimbang, pembobot optimal yang dianggap paling sensitif untuk pengendalian rata-rata proses dengan peta kendali MEWMA adalah 0,9. Selain itu,. Dengan pembobotan 0,9 diperoleh batas kendali atas (BKA) yang lebar. Dengan demikian peluang suatu proses *out of control* akan semakin kecil. Hasil peta kendali dengan pembobot 0,9 tertera pada Gambar 2.



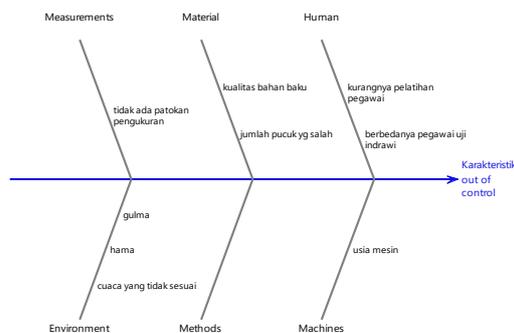
Gambar 2. Peta Kendali MEWMA dengan $\omega = 0,9$

D. Identifikasi Penyebab Proses Tidak Terkendali

Pembobot terbaik yang dianggap paling optimum untuk proses produksi teh hitam di PT. Perkebunan Nusantara XII Unit Sirah Kencong pada peta kendali MEWMA adalah 0,9. Dari peta kendali yang dihasilkan menunjukkan proses masih dalam keadaan tidak terkendali. Penyebab adanya karakteristik kualitas yang berada di luar batas kendali ditunjukkan pada Gambar 3.

Berdasarkan *brainstorming* yang dilakukan dengan pihak perusahaan, penyebab terbesar yang sering terjadi selama proses produksi adalah ketidaksesuaian bahan baku dengan standar yang seharusnya. Untuk memperoleh teh hitam dengan kualitas tinggi, diperlukan bahan baku berupa daun pucuk teh yang berkualitas.

Kurangnya pelatihan terhadap karyawan mengenai pentingnya ketepatan petikan pucuk daun teh merupakan salah satu penyebab masalah. Kondisi lingkungan pabrik teh yang berada di desa juga mempengaruhi tingkat pendidikan masyarakatnya.



Gambar 3. Peta Ishikawa Proses Produksi Teh Hitam

Selain itu, PT. Perkebunan Nusantara XII Unit Sirah Kencong dikenal sebagai salah satu perusahaan teh tertua di Indonesia. Mesin yang digunakan dalam pengolahan teh hitam dengan teknik CTC sudah berusia lama. Dari total lima jenis mesin yang beroperasi, hanya dua mesin yang memiliki mesin cadangan yaitu mesin sortasi dan pengoksidasi. Namun keduanya jarang digunakan secara bersamaan karena kondisi mesin yang tidak memungkinkan.

E. Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses digunakan untuk mengetahui kinerja proses secara keseluruhan yang diukur dari keseragaman produk yang dihasilkan. Proses dikatakan kapabel jika produk yang dihasilkan berada dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan. Jika proses belum terkendali secara statistik, indeks yang digunakan adalah P_p dan P_{pk} .

Perhitungan kapabilitas proses dilakukan secara univariat dan multivariat. Pengukuran kapabilitas proses untuk masing-masing karakteristik density, rasa, dan kepekatan warna merupakan kapabilitas proses univariat.

Dari hasil perhitungan indeks kapabilitas proses secara univariat diperoleh hasil yang tertera pada Tabel 5.

TABEL 5. KAPABILITAS PROSES UNIVARIAT

Variabel	P_p	P_{pk}
Density	2,29	-0,06
Warna	1,53	1,40
Rasa	2,35	1,80

Berdasarkan perhitungan kapabilitas proses secara univariat untuk fase satu dengan karakteristik density, diperoleh nilai P_p sebesar 2,29 dan P_{pk} sebesar -0,06. Nilai ini menunjukkan bahwa proses telah kapabel namun kinerja proses tidak baik. Hal ini menunjukkan bahwa presisi dan akurasi proses belum baik. Variabilitas proses juga belum berada dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan.

Untuk karakteristik kepekatan warna, diperoleh nilai P_p sebesar 1,53 dan P_{pk} sebesar 1,40. Nilai ini menunjukkan bahwa proses telah kapabel dan kinerja proses telah baik. Hal ini menunjukkan bahwa presisi dan akurasi proses jika dilihat secara univariat sudah baik. Variabilitas proses juga telah berada dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan.

Karakteristik rasa teh hitam, diperoleh nilai P_p sebesar 2,35 dan P_{pk} sebesar 1,80. Nilai ini menunjukkan bahwa proses telah kapabel dan kinerja proses telah baik. Hal ini menunjukkan bahwa presisi dan akurasi proses jika dilihat secara univariat sudah baik. Variabilitas proses juga telah berada dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan.

TABEL 6. KAPABILITAS PROSES MULTIVARIAT

MP_p	MP_{pk}
2,02	-0,53

Berdasarkan Tabel 6 diperoleh informasi bahwa hasil perhitungan indeks kapabilitas multivariat MP_p adalah sebesar 2,02. Nilai tersebut lebih dari 1 sehingga ada kecenderungan kinerja proses telah kapabel pada ketiga variabel. Nilai MP_p hanya menjelaskan indeks saja, untuk menentukan apakah secara multivariat kinerja prosesnya mutlak kapabel, dapat menggunakan nilai MP_{pk} . Nilai MP_{pk} yang diperoleh adalah -0,53 dimana nilai tersebut lebih kecil dari 1 dan negative. Dari nilai tersebut terlihat bahwa kinerja proses multivariat berada di luar batas spesifikasi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Variabilitas proses produksi teh hitam tipe PF di PT. Perkebunan Nusantara XII Unit Sirah Kencong dengan pembobot yang diberikan secara umum telah terkendali secara statistik. Ketika pembobot sebesar 0,2 terdapat titik yang *out of control* setelah proses stabil. Namun hal serupa tidak ditemukan ketika peta kendali dicobakan dengan pembobot lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa variabilitas proses produksi tidak terkendali secara statistik hanya ketika besar pembobot adalah 0,2. Karena penelitian ini baru dilaksanakan untuk pertama kalinya, maka pembobot optimum yang digunakan untuk mengontrol variabilitas proses adalah 0,9. Rata-rata proses produksi teh hitam di PT. Perkebunan Nusantara XII Unit Sirah Kencong ketika diberi pembobot yang sama, menghasilkan titik *out of control* di setiap pembobotnya. Peta kendali MEWMA yang digunakan menerapkan ARL

370 yang setara dengan 3σ . Pembobot yang paling optimal adalah 0,9 dimana ditemukan titik yang keluar dari batas kendali sebanyak empat titik.

Indeks kapabilitas multivariat MP_p yang diperoleh adalah sebesar 2,02. Sehingga ada kecenderungan kinerja proses potensial kapabel pada ketiga variabel. Namun jika indeks kapabilitas P_p dilihat secara univariat, ketiga variabel telah kapabel. Nilai MP_{pk} yang diperoleh -0,53 dimana nilai tersebut bernilai negative yang artinya rata-rata kinerja proses berada di luar batas spesifikasi.

B. Saran

Saran yang diberikan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan adalah.

1. Pada penelitian selanjutnya dapat digunakan peta kendali dan kapabilitas proses lain agar dapat digunakan sebagai pembandingan dengan metode yang digunakan pada penelitian ini
2. Pengujian yang dilakukan sebaiknya dilakukan dalam jumlah yang lebih dari sekali dalam satu harinya dengan harapan kualitas yang diperoleh lebih baik.
3. Menerapkan pembobot yang lebih sensitif untuk meningkatkan kualitas teh hitam yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2015. *Statistik Perkebunan Indonesia Teh*. Laporan Statistik Perkebunan Indonesia. Jakarta
- [2] Yunitasari, L. 2010. *Quality Control Pngolahan Teh Hitam di Unit Perkebunan Tambu, PT. Perkebunan Tambi Wonosobo*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- [3] Januar, M. 2012. *Analisis Pengendalian Kualitas Pada Proses Pengeringan Teh Hitam Dengan Metode Six Sigma (Studi Kasus di PTPN XII Wonosari, Malang)*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknologi Industri Pertanian Universitas Brawijaya: Malang
- [4] Huwang, L., Yeh, A., & Wu, C. 2007. *Monitoring Multivariate Process Variability for Individual Observation*. Journal of Quality Technology, vol 39,3, pp.258.
- [5] Montgomery, D. C. 2009. *Introduction to Statistical Quality Control Sixth Edition*. United States of America. John Wiley & Sons, Inc.
- [6] Werner, L. 2011. *Desempenho de Indices de Capacidade de Processos Multivariados: Uma Comparacao de Indices Via Simulacao*. Roberto de France Moreira Junior. Porto Alegre.
- [7] Dewi, A.S. 2015. *Proses Pengeringan Bubuk Teh Pada Pengolahan Teh Hitam CTC di PT. Perkebunan Nusantara XII Kebun Kertowono Lumajang Jawa Timur*. Laporan Kerja Lapang Jurusan Keteknikan Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.