ISBN: 978-602-72658-1-3

Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Peta Kendali T^2 Hotelling Dan Analisis Kemampuan Proses Untuk Data Multivariat Dengan Pengamatan Individual (Studi Kasus: Hasil Produksi *Crude Palm Kernel Oil*)

Novita Damayanti[1], Rito Goejantoro[2,*], Wasono[2]
[1]Laboratorium Ekonomi dan Bisnis Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Mulawarman
[2]Program Studi Statistika FMIPA, Universitas Mulawarman
*Corresponding Author: rto.mtk@gmail.com

Abstrak *Kualitas suatu produksi merupakan hal penting yang diperhatikan dalam menghadapi persaingan bisnis dunia industri. PT. Rea Kaltim Plantations bergerak di bidang industri dengan hasil produksi berupa Crude Palm Kernel Oil (CPKO). Kualitas CPKO diukur berdasarkan kandungan kadar asam lemak bebas, kadar air, dan kadar benda asing. Alat yang digunakan dalam pengontrolan proses secara statistik adalah peta kendali T^2 Hotelling dan Analisis Kemampuan Proses (AKP). Penelitian dilakukakan pada Bulan Juni 2015 sampai dengan Agustus 2015. Peta kendali T^2 Hotelling fase I menunjukkan proses produksi tidak dalam keadaan terkendali, dan pada fase II diketahui hasil yang diperoleh pada fase I belum tepat digunakan untuk memantau proses produksi di waktu yang lain. Menggunakan Dekomposisi Mason, Young dan Tracy (MYT) diketahui kadar asam lemak bebas menjadi penyebab proses tidak terkendali. Analisis kemampuan proses dengan nilai MCp sebesar 0,678 dan nilai MCpk sebesar 0,679 berarti kemampuan proses produksi tidak baik, variabilitas tinggi, dan produk di luar spesifikasi. Perusahaan perlu melakukan perbaikan dalam proses produksi dan pemantauan secara berkala sehingga dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik.*

Kata-kata kunci: Analisis kemampuan proses, minyak inti sawit, pengendalian kualitas multivariat, peta kendali T^2 Hotelling

Pendahuluan

Statistical Process Control (SPC) merupakan sekumpulan strategi, teknik, dan tindakan yang diambil oleh sebuah perusahaan untuk memastikan bahwa strategi tersebut menghasilkan produk yang berkualitas [1]. Pengendalian kualitas multivariat seringkali terjadi karena banyak kasus memerlukan pengendalian lebih dari dua karakteristik kualitas secara simultan. Salah satu alat yang digunakan dalam pengendalian kualitas adalah peta kendali dan analisis kemampuan proses. Peta kendali T^2 Hotelling digunakan untuk mendeteksi pergeseran rata-rata proses dengan menggunakan vektor rata-rata sampel dan matriks kovariansi, sedangkan analisis kemampuan proses adalah teknik statistik yang bertujuan untuk menganalisis variabilitas terhadap spesifikasi yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengurangi variabilitas tersebut [2].

Mahmuda (2014) menggunakan peta kendali multivariat dengan Dekomposisi Mason, Young, dan Tracy (MYT) pada data *outlier* [3], dan Ekorini (2014) menggunakan peta kendali T^2 Hotelling dengan pendekatan *bootstrap* pada data berdistribusi non-normal multivariat [4]. Kedua penelitian tersebut menggunakan peta kendali T^2 Hotelling sebagai alat pengendalian kualitas.

Dari penelitian tersebut penulis tertarik untuk melakukan pengendalian kualitas dengan menggunakan peta kendali T^2 Hotelling yang terdiri atas fase I dan fase II dimana analisis pola pengamatan menggunakan zona aturan Western Electric [2]. Dilanjutkan dengan analisis variabel penyebab proses tidak terkendali dengan menggunakan Metode Dekomposisi MYT [5]. Pada akhirnya dilakukan analisis kemampuan proses secara multivariat berdasar nilai *MCp* dan *MCpk* [6].

PT. Rea Kaltim Plantations membutuhkan pengendalian kualitas untuk memaksimalkan produksinya agar produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang terbaik. Analisis dilakukan pada data hasil produksi *Crude Palm Kernel Oil* (CPKO) atau minyak inti sawit dengan variabel kadar asam lemak bebas, kadar air, dan kadar benda asing pada Juni 2015 sampai dengan Agustus 2015. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keadaan proses produksi dan kemampuan proses produksi.

ISBN: 978-602-72658-1-3

Metode Penelitian

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis data adalah sebagai berikut:

1. Uji kenormalan data multivariat dengan hipotesis

   H_0: Data berdistribusi normal multivariat

   H_1: Data tidak berdistribusi normal multivariat

   Statistik uji yaitu menghitung nilai jarak Mahalanobis (d_i^2) dengan persamaan

   $$d_i^2 = \left(\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_j\right)^T S^{-1} \left(\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_j\right), i = 1,\ldots,m \quad (1)$$

   H_0 diterima jika ada 50% nilai $d_i^2 < \chi^2_{\alpha;df}$.

2. Perhitungan koefisien korelasi dengan persamaan

   $$r_{XY} = \frac{m\sum X_i Y_i - \left(\sum X_i\right)\left(\sum Y_i\right)}{\sqrt{\left(m\sum X_i^2 - \left(\sum X_i\right)^2\right)\left(m\sum Y_i^2 - \left(\sum Y_i\right)^2\right)}} \quad (2)$$

3. Dalam [5], pembuatan peta kendali T^2 Hotelling fase I dengan melakukan perhitungan nilai statistik T^2 untuk sampel *m* dan variabel sebanyak *p* dengan persamaan

   $$T_i^2 = \left(X_i - \bar{X}\right)^T S^{-1} \left(X_i - \bar{X}\right), i = 1,2,\ldots,m \quad (3)$$

   dimana: $\mathbf{S}^{-1}$ adalah invers matriks kovariansi dan $\bar{\mathbf{x}}$ adalah vektor rata-rata.

4. Perhitungan *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* (LCL) dengan persamaan

   $$UCL = \frac{(m-1)^2}{m} \mathrm{B}_{\alpha, \frac{p}{2}, \frac{(Q-p-1)}{2}} \quad (4)$$

   dengan $Q = \dfrac{2(m-1)^2}{m}$ (5)

   $$LCL = 0 \quad (6)$$

5. Analisis pola pengamatan berdasarkan aturan zona Western Electric, yaitu:

   a. Satu titik jatuh di luar batas kendali 3σ.
   b. Dua dari tiga titik yang berturutan jatuh di luar batas peringatan 2σ.
   c. Empat dari lima titik yang berturutan jatuh pada jarak 1σ atau lebih jauh dari garis tengah.
   d. Delapan titik yang berturutan jatuh pada satu sisi dari garis tengah.

6. Setelah seluruh pengamatan dalam keadaan terkendali maka dilanjutkan dengan pembuatan peta kendali T^2 Hotelling fase II dengan menggunakan data baru yaitu data produksi CPKO pada 1 September 2015 sampai dengan 10 September 2015. Perhitungan nilai statistik T^2 pada Fase II menggunakan Persamaan (3) tetapi menggunakan $\bar{\mathbf{x}}$ dan $\mathbf{S}^{-1}$ dari peta kendali T^2 Hotelling fase I yang sudah dalam keadaan terkendali.

7. Perhitungan *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* (LCL) dengan persamaan

   $$UCL = \frac{p(m-1)(m+1)}{m(m-p)} F_{(\alpha;p;m-p)} \quad (7)$$

   $$LCL = 0 \quad (8)$$

8. Identifikasi titik pengamatan yang berada di luar UCL maupun LCL.

9. Pengamatan yang berada di luar batas kendali pada Fase II selanjutnya seperti dalam [5], diidentifikasi menggunakan Metode Dekomposisi MYT dengan persamaan

   $$T_j^2 = \frac{\left(x_j - \bar{x}_j\right)^2}{s_j^2}, \text{untuk } j = 1,2,\ldots,p \quad (9)$$

   Variabel dinyatakan sebagai penyebab jika $T_j^2 \geq UCL$, dimana UCL adalah

   $$UCL = \frac{(m+1)}{m} F_{(\alpha;1;m-1)} \quad (10)$$

10. Analisis Kemampuan Proses (AKP) dilakukan apabila seluruh pengamatan telah dalam keadaan terkendali (pada Fase I). AKP berdasar variansi dilihat dari nilai *MCp* yang dihitung dengan persamaan

    $$MCp = \sum_{i=1}^{p} W_i Cp(X_i) \quad (11)$$

    dengan $Cp = \dfrac{UCL - LCL}{6\sigma}$ (12)

    AKP berdasar *mean* dilihat dari nilai *MCpk* yang dihitung dengan persamaan

    $$MCpk = \sum_{i=1}^{p} W_i Cpk(X_i) \quad (13)$$

    dengan $Cpk = \min\left(\dfrac{UCL - \mu}{3\sigma}, \dfrac{\mu - LCL}{3\sigma}\right)$ (14)

ISBN: 978-602-72658-1-3

Hasil dan Pembahasan

Statistika Deskriptif

Tabel 1. Statistika Deskriptf Data CPKO.

	Rerata	Min	Maks
Asam Lemak Bebas (%)	4,591	1,32	9,84
Kadar Air (%)	0,394	0,17	0,84
Kadar Benda Asing (%)	0,042	0,01	1,37

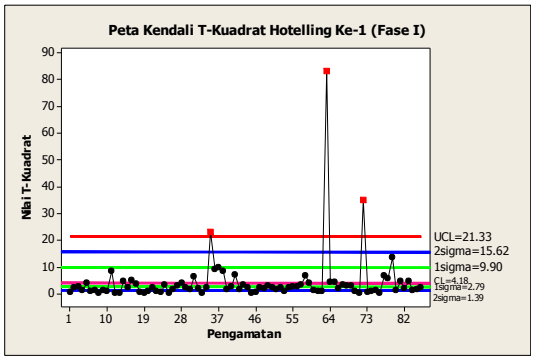
Koefisien Korelasi

Tabel 2. Koefisien Korelasi Data CPKO.

	Kadar Asam Lemak Bebas	Kadar Air	Kadar Benda Asing
Kadar Asam Lemak Bebas	1	0,466	-0.061
Kadar Air	0,466	1	0,065
Kadar Benda Asing	-0.061	0,065	1

Peta Kendali T^2 Hotelling Fase I

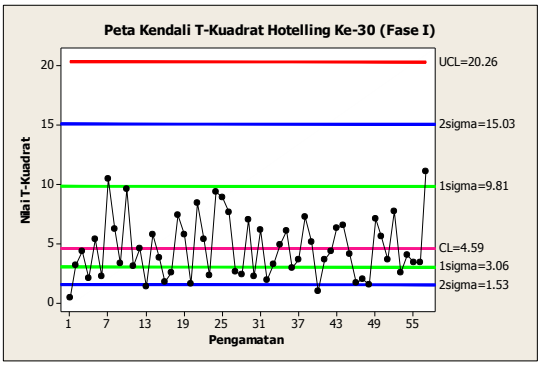
Pada fase I menggunakan data hasil produksi pada Juni 2015 sampai dengan Agustus 2015. Perhitungan nilai statistik T^2menggunakan persamaan (3) dan nilai UCL dan LCL menggunakan persamaan (4) dan (6), maka peta kendali T^2 Hotelling ke-1 pada fase I yaitu



Gambar 1. Peta ke-1 pada Fase I.

Berdasar aturan zona Western Elektric [2] terdapat 61 pengamatan berada dalam keadaan tidak terkendali, yaitu pengamatan 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 82, 84, 85, dan 86.

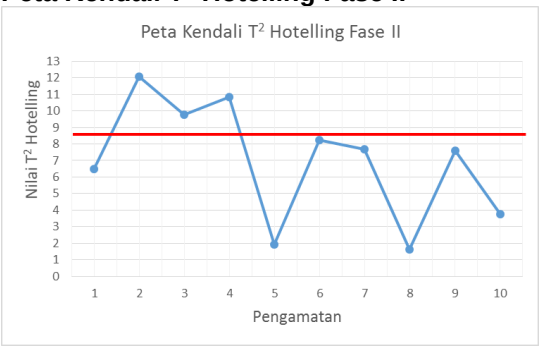
Dilakukan pengulangan dalam perhitungan dan pembuatan peta kendali kendali T^2 Hotelling fase I dengan terlebih dahulu mengeluarkan pengamatan dengan nilai T^2 paling jauh dari batas kendali. Setelah dilakukan pengulangan, pada peta ke-30 (*m*=57) seluruh pengamatan dalam keadaan terkendali.



Gambar 2. Peta ke-30 pada Fase I.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa seluruh pengamatan telah berada alam keadaan terkendali dengan tersisa jumlah pengamatan (*m)* sebanyak 57.

Peta Kendali T^2 Hotelling Fase II



Gamber 3. Peta pada Fase II.

Pada fase II menggunakan data baru, yaitu data hasil produksi pada 1 September sampai dengan 10 September 2015. Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa terdapat 3 pengamatan pada data baru yang berada di luar batas kendali yaitu pengamatan ke 2, 3, dan 4 yang berarti peta kendali fase II tidak dalam terkendali. Hal ini menegaskan bahwa pengamatan pada peta kendali ke 30 pada fase I kurang tepat digunakan untuk *monitoring* proses produksi pada waktu yang lain.

ISBN: 978-602-72658-1-3

Identifikasi Variabel Penyebab Proses Tidak Terkendali

Identifikasi dilakukan terhadap pengamatan ke 2, 3, dan 4 pada fase II. Hasil perhitungan dari Metode Dekomposisi MYT ini dapat memberi gambaran variabel penyebab tidak terkendalinya proses pada fase I dan fase II. Berdasarkan persamaan (9) diperoleh nilai T^2 Dekomposisi MYT adalah:

Tabel 3. Nilai T^2 Dekomposisi MYT.

Pengamatan	Variabel	Nilai T
2	Asam Lemak Bebas	1,724
	Kadar Air	1,897
	Benda Asing	3,399
3	Asam Lemak Bebas	5,257
	Kadar Air	0,002
	Benda Asing	0,387
4	Asam Lemak Bebas	6,176
	Kadar Air	0,024
	Benda Asing	0,387

Berdasarkan Persamaan (10) diperoleh nilai $UCL = 3{,}999$, maka variabel yang menjadi penyebab proses dalam keadaan tidak terkendali adalah variabel kadar asam lemak bebas.

Analisis Kemampuan Proses

1. Nilai *MCp*

   Berdasarkan Persamaan (12) diperoleh *Cp* asam lemak bebas sebesar 0,793, *Cp* kadar air sebesar 0,562, dan *Cp* kadar benda asing sebesar 0,7, maka dengan menggunakan Persamaan (11) diperoleh nilai *MCp* yaitu 0,678.

2. Nilai *MCpk*

   Berdasarkan Persamaan (14) diperoleh *Cpk* asam lemak bebas sebesar 0,793, *Cpk* kadar air sebesar 0,565, dan *Cpk* kadar benda asing sebesar 0,7, maka dengan menggunakan Persamaan (13) diperoleh nilai *MCpk* yaitu 0,679.

Kemampuan proses produksi CPKO berdasarkan nilai *MCp* dan *MCpk* dalam keadaan tidak baik, produk yang dihasilkan berada di luar spesifikasi, variabilitas produksi cukup tinggi, serta produk memiliki presisi dan akurasi yang rendah. Perusahaan perlu melakukan perbaikan terhadap seluruh aspek proses produksi dan melakukan *monitoring* secara berkala agar proses produksi selanjutnya mampu menghasilkan produk yang berkualitas baik dengan variabilitas yang rendah.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil produksi CPKO di PT. Rea Kaltim Plantatons pada Juni 2015 sampai dengan Agustus 2015 tidak dalam keadaan yang terkendali berdasarkan variabel kadar asam lemak bebas, kadar air, dan kadar benda asing.
2. Data produksi pada Juni 2015 sampai dengan Agustus 2015 belum tepat digunakan untuk *monitoring* proses produksi di waktu yang lain.
3. Variabel penyebab proses tidak dalam keadaan terkendali adalah kadar asam lemak bebas.
4. Berdasarkan nilai *MCp* dan *MCpk* menyatakan bahwa kemampuan proses produksi tidak baik sehingga produk yang dihasilkan di luar spesifikasi dan variabilitas produksi cukup tinggi.

Saran

Penelitian ini menggunakan data dengan pengamatan individual, maka di penelitian selanjutnya dapat menggunakan data dengan pengamatan subgrup. Selain itu, dapat pula dilakukan analisis yg lebih jauh seperti menganalisis faktor-faktor yang menjadi alasan dari suatu variabel penyebab proses tidak terkendali.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak PT. Rea Kaltim Plantations atas kesempatan yang diberikan untuk melakukan penelitian. Selanjutnya, penulis berterima kasih pada Laboratorium Statistika Ekonomi dan Bisnis FMIPA UNMUL.

ISBN: 978-602-72658-1-3

Demikian pula, penulis berterima kasih kepada seluruh Civitas Akademika FMIPA UNMUL atas diskusi dan bimbingannya yang bermanfaat.

Daftar Pustaka

[1] Lind, D.A., Marchal, W.G., dan Mason, R.D. 2008. *Teknik-teknik Statistika dalam Bisnis dan Ekonomi menggunakan Kelompok Data Global, edisi 13*. Jakarta: Salemba Empat.

[2] Montgomery, D.C. 1990. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik, Terjemahan Zanzawi Soejoeti*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

[3] Mahmuda, Siti. 2014. *Peta Kendali Multivariat dengan Dekomposisi Mason, Young, dan Tracy (MYT) pada Data Outlier.* Skripsi Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman. Samarinda (Tidak dipublikasikan).

[4] Ekorini, Diah. 2014. *Grafik Kendali T^2 Hotelling dengan Pendekatan Bootstrap pada Data Berdistribusi Non-Normal Multivariat*. Jurnal Mahasiswa Statistik. Vol. 2, No.6, pp.401-404.

[5] Mason, R.L. dan Young, J.C. 1946. *Multivariate Statistical Process Control with Industrial Applications*. Philadelphia: ASA SIAM.

[6] Raissi. 2009. *Multivariate Process Capability Indices on The Presence of Priority for Quality Characteristics. Journal Industrial Engineering International. 5-7.*