INFO-TEKNIK
Volume 6 No. 1, Juli 2005 (32 - 42)

Studi Performansi Pada Peta Kendali Variabel Dengan Pendekatan Rantai Markov

Mastiadi Tamjidillah [1]

Abstract – Many products which are non-conforming with specification from company decision require the development and improvement of control chart to investigation and problematic analyzing. One of tool that used to get information of improvement action is control chart variable with Markov Chain analysis to increase of performance plywood product quality.

To acquire information about variable of control chart with Markov Chain analysis can be watched on ARL value, data plotted pattern and calculating of loss function because of scatter pattern, and alternative for selling with discount price in domestic market. All the indicator or output above must be compared by indicator or output control chart $\overline{X}$ Shewhart.

From analysis of variable of control chart performance before the improvement action resulted value ARL is 7,4 % and 1,60 %. Then decrease of loss function Rp. 32.000,- and Rp 16.000,- and after the improvement action resulted value ARL is 5,74 % and 1,55 %, and decreasing of loss function is zero. Pattern plots the data can you said in-control. In the relation with selling alternative using by discount price that explained with finance standard, so that benefit can be excepted than scrapped the alternative are selected.

Keywords – Control chart variable, Performance, Markov Chain, Improvement, Loss Function

PENDAHULUAN

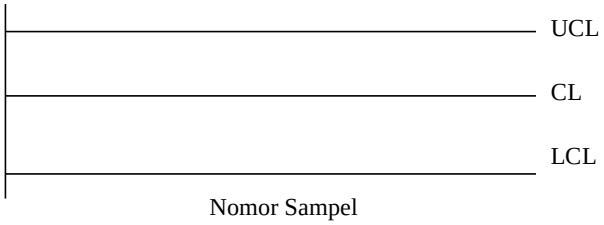
Latar Belakang

Upaya pengembangan dan perbaikan Peta Kendali variabel (berdasarkan hasil pengukuran) telah menghasilkan berbagai jenis Peta Kendali, terutama ditujukan untuk menyempurnakan Peta Kendali $\overline{X}$ Shewhart. Tetapi perkembangan paling fenomenal di bidang ini adalah dibangunnya peta–peta kendali untuk menangani banyak *state (*kondisi*/ zone)* secara simultan untuk meningkatkan performansi suatu Peta Kendali.

Peta kendali adalah alat bantu visual untuk mempelajari variabilitas proses terkendali atau tak terkendali. Bentuk dasar dari peta kendali $\overline{X}$ Shewhart adalah terdiri dari garis vertikal yang menggambarkan karakteristik kualitas yang diukur dari setiap sampel dan garis horisontal menyatakan nomor sampel. Serta dilengkapi dua garis yang menyatakan batas pengendalian atas (UCL) dan batas pengendalian bawah (LCL).

Data output yang diplotkan pada peta kendali dibandingkan dengan batas kendali yang telah di konstruksikan. Jika tak ada data yang keluar dari batas kendali atas (UCL) ataupun batas kendali bawah (LCL), serta plot data tidak menunjukkan gejala-gejala penyimpangan, maka dapat dikatakan proses dalam keadaan terkendali. Sebaliknya jika ada data yang keluar dari batas-batas kendali, maka proses dikatakan tidak terkendali dan harus dilakukan tindakan koreksi untuk memperbaiki proses agar produk cacat yang dihasilkan dapat dicegah.

[1] *Staff pengajar Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin*



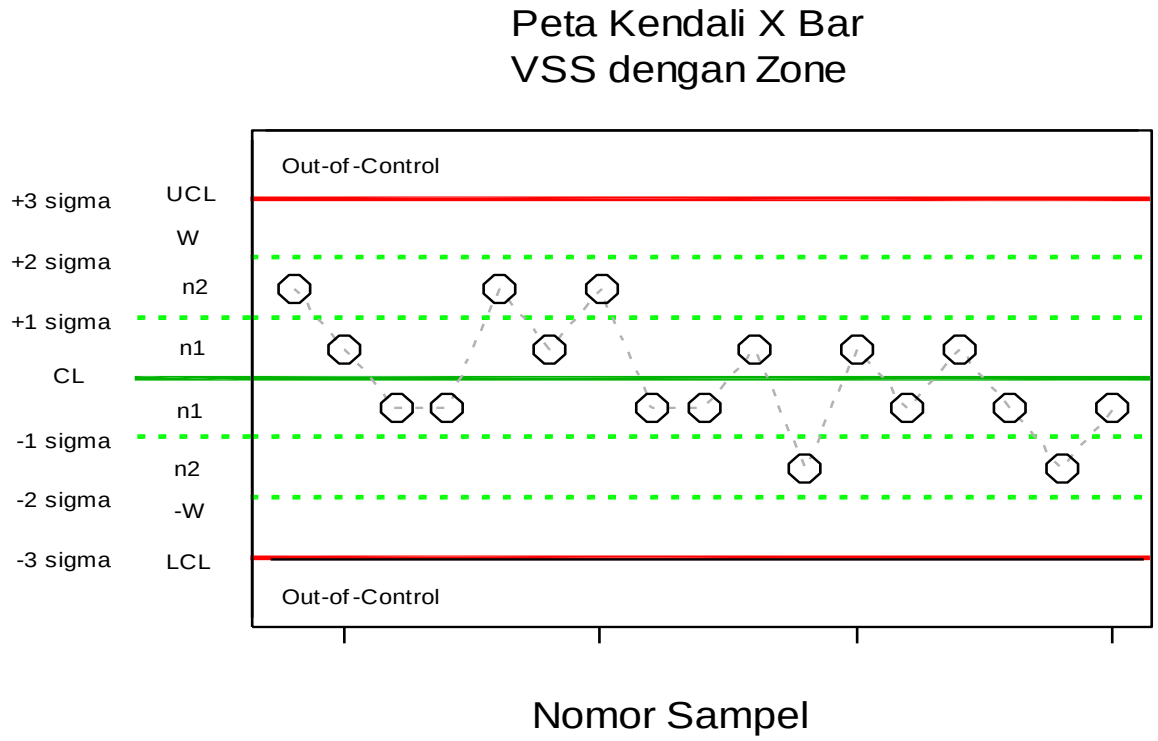
Gambar 1. Peta Kendali $\overline{X}$ Shewhart

Menurut Pauline AS Dkk (2000) Metode Rantai Markov digunakan untuk menganalisis performansi Peta Kendali pada Average Run Length (ARL & ATS), yaitu jumlah rata-rata titik sampel yang harus diplot sebelum suatu titik sampel menunjukkan keadaan tidak terkendali. Sedangkan output dari Peta Kendali ini dapat menggambarkan sebuah Performansi, (Steiner, 1999).

Suatu evaluasi terhadap Peta Kendali $\overline{X}$ Shewhart tentang penyesuaian ukuran sampel pada dua state diperkenalkan oleh Prabu et.al (1994) dan Peta Kendali tiga state diusulkan oleh Zimmer L.S et.al, (1998). Output lain dari Performansi Peta Kendali adalah Pola Plot Data dan Nilai Fungsi Kerugian (Taguchi, 1987). Gambar dibawah memperlihatkan sebuah Peta Kendali variabel dengan sistem state.

Tamjidillah (2003) telah meneliti untuk Peta Kendali Variabel didapatkan penurunan fungsi kerugian bila dilakukan tindakan perbaikan terhadap pola plot data yang terdapat pada Peta Kendali sebelum tindakan perbaikan dilakukan. Sedangkan penelitian mengenai penentuan toleransi sebagai metode yang efektif dalam memberikan manfaat bagi konsumen dengan menyeimbangkan usaha dan kerugian dari dua belah pihak yaitu produsen dan konsumen untuk mencapai performansi tersebut (Irianto, 1998)

Dalam penelitian ini tingkat kualitas (*level of quality*) suatu produk dibatasi dan didefinisikan oleh tingkat penerimaan berdasarkan batas-batas toleransi yang ditetapkan. Dalam hal ini diasumsikan bahwa penetapan batas toleransi yang lebih sempit akan memberikan ekspektasi kerugian (resiko) pada konsumen yang lebih kecil. Dengan variansi proses produksi yang tetap, memperkecil rentang penerimaan (toleransi yang sempit) akan memperbanyak jumlah produk yang ditolak.



Gambar 2. Peta Kendali $\overline{X}$ dengan Analisis Rantai Markov

Perumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana meningkatkan performansi peta kendali $\overline{X}$ Shewhart dengan membandingkan dan mengembangkan peta kendali $\overline{X}$ yang dianalisis dengan Metode Rantai Markov, serta bagaimana melakukan tindakan perbaikan agar produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi dihilangkan, sehingga biaya fungsi kerugian dikurangi.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan tindakan perbaikan berdasarkan kondisi plot data dalam Peta kendali.
2. Mengevaluasi dan membandingkan Performansi Peta Kendali $\overline{X}$ Shewhart dan Peta Kendali $\overline{X}$ dengan analisis Rantai Markov sebelum dan setelah tindakan perbaikan.
3. Minimasi biaya fungsi kerugian (loss function)

KAJIAN TEORITIS

Peta Kendali dalam penelitian ini termasuk Peta Kendali Variabel untuk mengukur karakteristik kualitas produk secara kuantitatif (berdasarkan hasil pengukuran). Ada beberapa Peta Kendali yang termasuk jenis ini adalah:

- Peta Kendali $\overline{X}$ - R
- Peta Kendali $\overline{X}$ - S
- Peta Kendali $\overline{X}$ - MA
- Peta Kendali T^2

Kegunaan Peta kendali

Menurut Zimmer dan Montgomery (1998), terdapat 5 (lima) alasan kegunaan Peta kendali antara lain:

1. Peta kendali adalah teknik yang berguna untuk meningkatkan performansi, produktifitas, jika peta kendali berhasil maka akan mengurangi buangan (*waste*), pengerjaan ulang (*rework*), kerugian berkurang dan kapasitas produksi bertambah.
2. Peta kendali efektif dalam pencegahan produk cacat.
3. Peta kendali mencegah penyesuaian proses yang tidak perlu dan dapat membedakan antara *common cause* dan gangguan yang *common spesial cause*.
4. Peta kendali memberikan informasi diagnostik dan pola plot data bagi operator. Informasi ini memberikan perubahan dalam proses untuk meningkatkan produknya.
5. Peta kendali memberikan informasi terhadap kemampuan proses dan nilai parameter proses yang penting terhadap stabilitas waktu.

Proses Markov

Proses Markov merupakan bentuk khusus dari proses *stokastik* (pengamatan yang berulang-ulang), yaitu *state* (kondisi/*zone*) dimasa yang akan datang hanya dipengaruhi oleh saat ini dan tidak dipengaruhi oleh state dimasa yang lalu, proses Markov dibedakan menjadi 4 jenis.

1. Proses Markov dengan state diskrit dan parameter diskrit.
2. Proses Markov dengan state diskrit dan parameter kontinyu.
3. Proses Markov dengan state kontinyu dan parameter diskrit.
4. Proses Markov dengan state kontinyu dan parameter kontinyu.

Penelitian ini menggunakan model Markov tipe pertama, yaitu model dengan state diskrit dan parameter diskrit. Untuk parameter diskrit n = 1, 2, 3, …, sifat Markov dapat dinyatakan sebagai:

$$P(X(n) = j \mid X(n-1) = i, X(n-2) = k, \ldots\ldots) = P(X(n) = j \mid X(n-1) = i) = Pij(n)$$

Menyatakan bahwa state proses pada saat n hanya dipengaruhi oleh informasi yang terakhir, yaitu state (n-1). Informasi pada saat (n-2), (n-3) dan seterusnya dianggap tidak mempengaruhi state proses pada saat n.

Rantai Markov (Markov Chain)

Apabila probabilitas transisi hanya dipengaruhi oleh jumlah langkah dan tidak dipengaruhi saat kejadian, maka proses markov yang memiliki sifat demikian disebut proses Markov yang homogen atau stasioner. Proses Markov dengan state diskrit dan parameter diskrit yang memiliki sifat stasioner sering disebut dengan Rantai Markov (Taha, 1996).

Sifat stasioner dapat dinyatakan dengan :

$$P(X(n) = j \mid X(n-1) = i \; P(X(n-1) = j \mid X(n-2) = i)$$

$= P(X(n-1) = j \mid X(0) = i)$

$= P_{ij}$ ..... (1)

Menyatakan bahwa seluruh state i dan j dan seluruh n , P (X (n) = j ׀ X (n-1) = i adalah independen terhadap n. P_{ij} menyatakan probabilitas sistem berada dalam state j pada suatu periode yang akan datang, apabila saat ini diketahui sistem berada dalam state i . P_{ij} selanjutnya disebut sebagai probabilitas transisi satu langkah dari state i ke state j pada sembarang waktu.

Dalam Rantai Markov, telah didefinisikan $\pi_i(0)$ sebagai variabel yang menyatakan sistem berada dalam state i pada awal proses (pada saat n = 0), atau dapat ditulis sebagai

$P(X(0) = i = n_I(0)$

Vektor $\pi(0) = (\pi_1 \pi_2 ..... \pi_s)$ adalah vektor baris probabilitas state pada n = 0. Dalam penerapannya, probabilitas transisi dinyatakan dalam matrik P yang berukuran s x s. Matrik transisi probabilitas ditulis sebagai;

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & P_{2n} \\ ..... & ..... & ..... \end{bmatrix} \quad \text{.....(2)}$$

Dimana s adalah jumlah state dalam Rantai Markov. Misalkan pada saat n sistem berada dalam state i , maka untuk setiap i berlaku

$$\sum_{j=1}^{s} P(X(n) = j \mid X(n-1) = i = 1$$

atau $\sum_{j=1}^{s} P_{ij} = 1$; dan $0 \le P_{ij} \le 1$

Hal ini berarti jumlah entri dalam satu baris pada matrik P harus sama dengan 1 (satu).

Average Run Length (ARL)

Menurut Mitra (1993), *Run Length* adalah jumlah titik sampel yang harus diplot sebelum suatu titik sampel menunjukkan keadaan tidak terkendali, sedangkan ARL adalah rata-rata dari run length. Tujuan utama dari dari suatu proses pengendalian adalah;

1. Untuk mendeteksi pergeseran sedini mungkin, ini dapat dideteksi dari out-of-control ARL yang kecil.
2. Untuk menjaga proses tetap terkendali, hal ini dapat dideteksi dari in-control ARL yang besar.

- Proses terkendali (in-control)

Secara umum persamaan untuk perhitungan ARL adalah ;

$$ARL_0 = \frac{1}{p} \quad \text{.....(3)}$$

dimana: ARL_0 =untuk proses terkendali (error type 1)

p =probabilitas suatu titik keluar dari batas UCL dan LCL.

p =0,0027 % untuk batas kendali 3-sigma.

- Proses tak terkendali (out-of-control)

Secara umum persamaan untuk perhitungan ARL adalah;

$$ARL_1 = \frac{1}{1-p} \quad \text{.....(4)}$$

dimana: ARL_1 = untuk proses tak terkendali (error type 2)

- Nilai ARL (Average Run Length)

Nilai ARL adalah banyaknya titik-titik yang digambarkan sampai sebuah sinyal tidak terkendali diberikan. Semakin kecil nilai ARL, maka semakin kecil pula ekspektasi jumlah sampel yang diperlukan untuk menghasilkan sinyal pergeseran proses. Dengan kata lain semakin cepat dan efektif peta kendali tersebut dalam mendeteksi adanya pergeseran proses.

Nilai ARL didasari oleh nilai P, yaitu peluang suatu proses terkendali secara statistik. UCL dan LCL pada peta kendali $\overline{X}$ Shewhart masing-masing

$UCL = \mu_0 + 3\sigma_{\bar{x}} / \sqrt{n}$; $LCL = \mu_0 - 3\sigma_{\bar{x}} / \sqrt{n}$

sehingga nilai P menjadi;

$$\begin{aligned} P &= \Pr(LCL \le \overline{X_i} \le UCL) \\ &= \Pr(\overline{X_i} \le UCL) - \Pr(\overline{X_i} \le LCL) \\ &= \Phi(3\sigma) - \Phi(-3\sigma) \\ &= 2\,\Phi(3\sigma) - 1 \quad \text{.....(5)} \end{aligned}$$

dimana: Φ = probabilitas kumulatif normal standar.

Nilai rata-rata RL (Run Length) pada Peta kendali $\overline{X}$ Shewhart ditunjukkan oleh

$$ARL = E(RL) = \frac{1}{1-p} \quad \text{.....(6)}$$

Karena nilai $\Phi(3\sigma)$ merupakan suatu konstanta, maka nilai ARL pada Peta Kendali $\overline{X}$ Shewhart juga merupakan suatu konstanta.

Sehingga nilai P atau peluang suatu proses terkendali secara statistik dinyatakan dalam proporsi (prosentase). Hal ini menunjukkan bahwa nilai ARL merupakan variabel random. ARL dapat dipakai untuk membandingkan performansi dua Peta Kendali jika interval waktu pengambilan sampel pada kedua peta kendali itu tetap.

METODE PENELITIAN

Suatu tahapan penelitian merupakan rangkaian proses yang terkait satu dengan yang lainnya, proses-proses tersebut dijabarkan secara sistematis dan ekploratif. Tahapan-tahapan tersebut mendefinisikan suatu sumber informasi yang akan digunakan dalam pengambilan keputusan dan penarikan kesimpulan. Lokasi Penelitian pada bagian produksi & kontrol kualitas PT.SSTC Banjarmasin selama enam bulan dengan menggunakan random sampel. Langkah-langkahnya adalah:

Metode $\overline{X}$ Shewhart

1. Kumpulkan data dan uji distribusi normal.
2. Menghitung karakteristik kualitas yang telah diamati (mean, range, varian) pada masing-masing data individual atau sub group.
3. Menghitung karakteristik kualitas yang telah diamati (mean, range, varian) secara keseluruhan.
4. Menghitung batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) dan garis tengah (CL).
5. Menggambarkan garis kendali dengan sumbu vertikal sebagai karakteristik kualitas dan sumbu horisontal sebagai nomor sampel.
6. Menghitung ARL dan Menginterpretasikan hasil Peta Kendali.

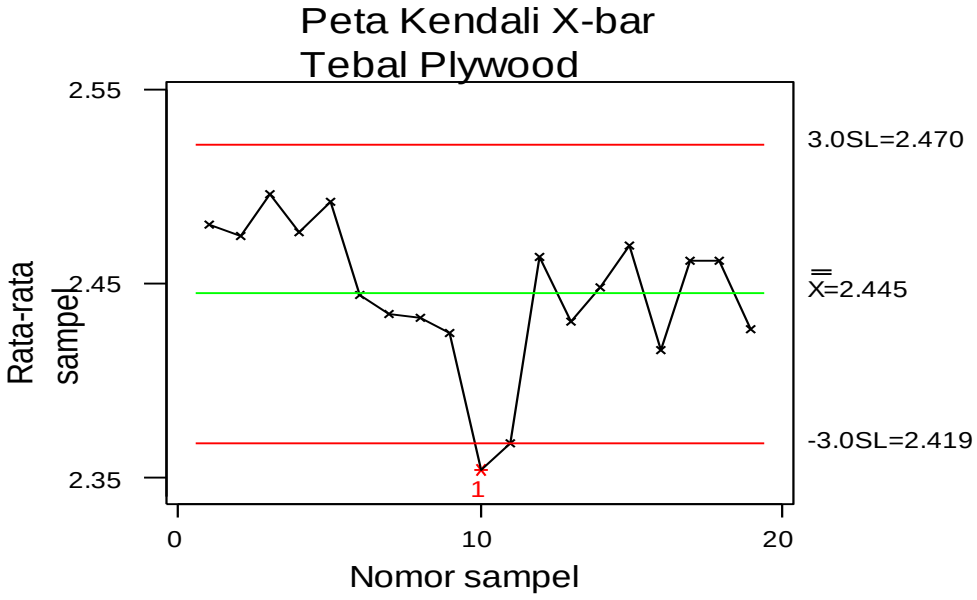
Peta Kendali $\overline{X}$ dengan Analisis Rantai Markov

1. Kumpulkan datadan uji distribusi normal.
2. Menentukan matrik probabilitas dan karakteristik (mean, range, varian) pada masing-masing data individual atau sub group.
3. Menentukan probabilitas matrik transisi.
4. Menghitung batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) dan garis tengah (CL). Serta batas-batas state berdasarkan sampel size.
5. Menggambarkan garis kendali dengan sumbu vertikal sebagai karakteristik kualitas dan sumbu horisontal sebagai nomor sampel.
6. Menghitung ARL dan Menginterpretasikan hasil Peta Kendali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data $\overline{X}$ dan R Shewhart serta Analisis Rantai Markov sebelum perbaikan

Pada bagian Finishing dilakukan pengukuran terhadap ketebalan Plywood ukuran tipis, data jenis ketebalan sangat penting bagi *buyer*, karena pesanan ekspor berdasarkan jenis tebal Plywood.



Gambar 3. Peta Kendali $\overline{X}$ Shewhart sebelum perbaikan dilakukan

Analisis terhadap Peta Kendali $\overline{X}$ (Gambar 3) diatas terlihat bahwa proses dalam keadaan tidak terkendali. Pada pengamatan ke-10 keluar dari batas yang ditetapkan dan pengamatan ke-11 tepat pada garis batas kendali bawah.

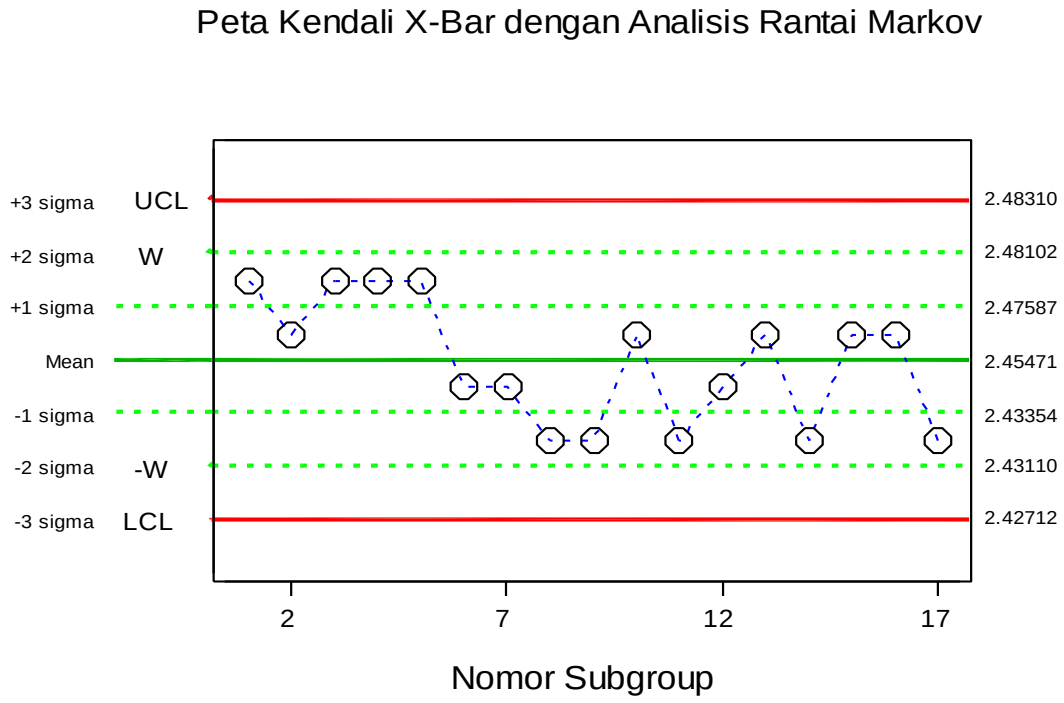
Peta Kendali $\overline{X}$ dengan Analisis Rantai Markov

Berdasarkan data tebal Plywood setelah mengalami penyesuaian dan Gambar 3 diatas maka dibuat Peta kendali dengan analisis Rantai Markov.

Jika diketahui harga setiap unit produk adalah Rp. 16.000,- , maka terlihat ada dua buah titik pengamatan yang keluar. Kerugiannya adalah :

= 10 x Rp. 16.000 = Rp.160.000,-

Jika dijual dengan harga diskon pada pasar lokal (domestik) dengan ketentuan harga akan turun sebesar 20% maka selisih kerugiannya adalah Rp. 32.000,-



Gambar 4. Peta Kendali $\overline{X}$ dengan Analisis Rantai Markov

Fungsi Kerugian Konvensional $\overline{X}$ Shewhart

Perhitungan ini berdasarkan banyaknya jumlah produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi seperti pada persamaan dibawah ini (Mitra A, 1993)

Kerugian karena cacat

= Banyak cacat x biaya produksi

= % spesifikasi x total produksi x biaya produk

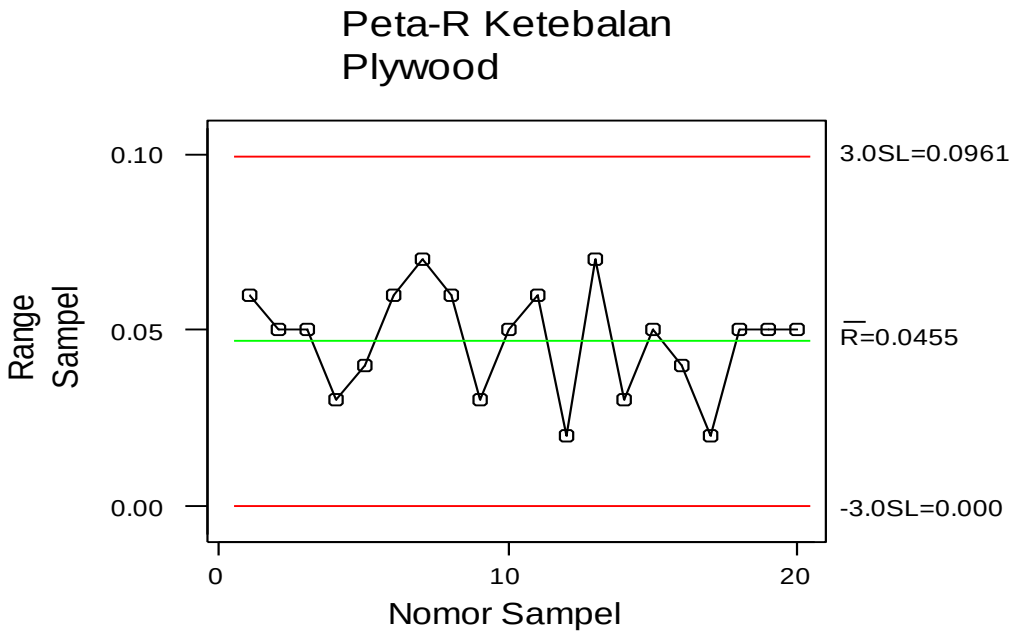
Fungsi Kerugian Konvensional $\overline{X}$ dengan Analisis Rantai Markov

Jika diketahui harga setiap unit produk adalah Rp. 16.000,- , maka terlihat ada satu titik pengamatan yang keluar. Kerugiannya adalah :

= 5 x Rp. 16.000 = Rp.80.000,-

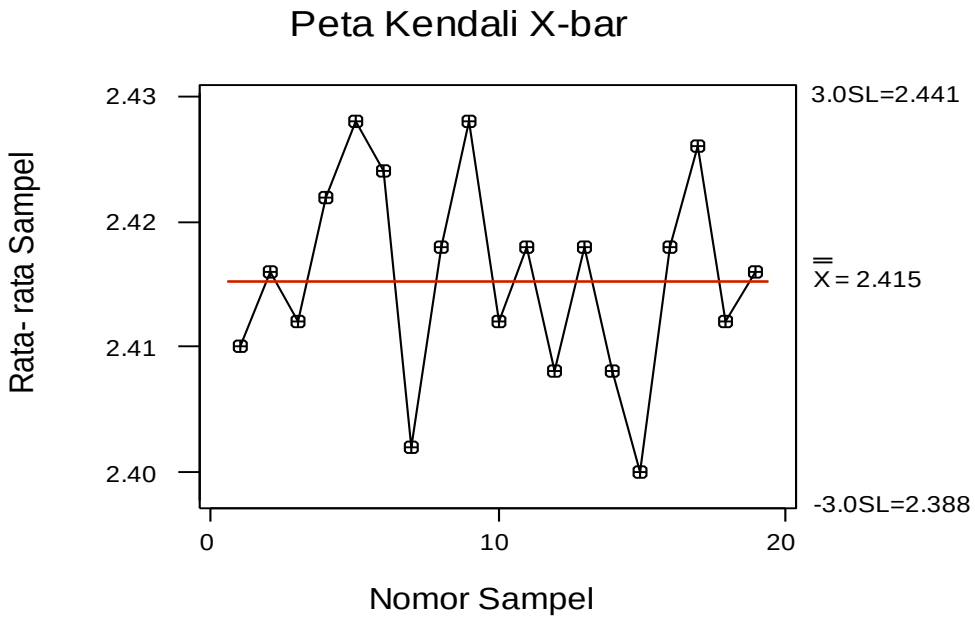
Jika dijual dengan harga diskon pada pasar lokal (domestik) dengan ketentuan harga akan turun sebesar 20 % maka selisih kerugiannya adalah Rp. 16.000,-

Pengolahan Data $\overline{X}$ dan R Shewhart dan Analisis Rantai Markov setelah perbaikan



Gambar 5. Peta-R ketebalan Plywood setelah perbaikan

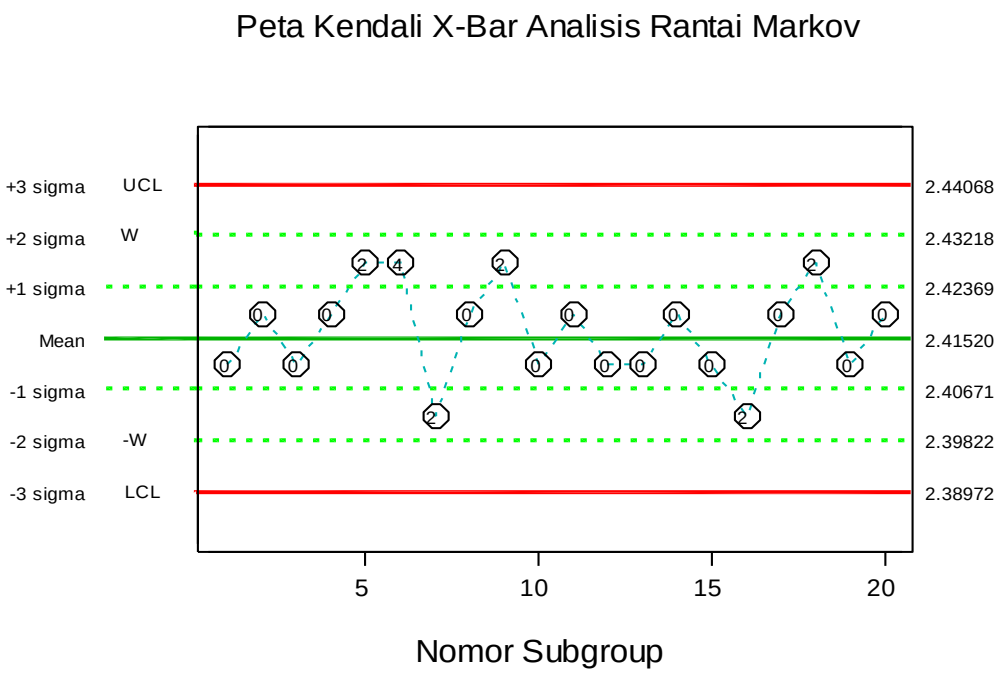
Gambar (6) dibawah merupakan Peta kendali $\overline{X}$ setelah perbaikan dengan melihat pola plot data berdasarkan Gambar (5).



Gambar 6. Peta kendali $\overline{X}$ Shewhart setelah perbaikan

Peta *Kendali* $\overline{X}$ *dengan Analisis Rantai Markov setelah perbaikan*

kendali atas dan batas kendali bawah. I_3 atau daerah 3 *absorbing state (state* P_{ij} *= 1)*, karena proses dinyatakan tidak terkendali. (Taha HA, 1996).



Gambar 7. Peta $\overline{X}$ dengan Analisis Rantai Markov setelah perbaikan

ARL pada Peta Kendali $\overline{X}$ ***Shewhart***

Dengan menggunakan persamaan (3) dan (4) didapatkan nilai ARL untuk kedua kondisi seperti dibawah ini;

- Proses terkendali (in-control)

$$ARL_0 = \frac{1}{p}$$

dimana: p = probabilitas suatu titik keluar dari batas UCL dan LCL.
= 0,0027 % untuk batas kendali 3-sigma.

$$ARL_0 = \frac{1}{0.0027} = 370.37$$

- Proses tak terkendali (out-of-control)

$$ARL_1 = \frac{1}{1-p} = \frac{1}{1-0.8648} = 5.74\ \%$$

ARL pada Peta Kendali $\overline{X}$ ***dengan Analisis Rantai Markov***

Untuk mendapatkan nilai ARL melalui Metode Rantai Markov, perlu dibentuk matrik transisi probabilitas, ditentukan $I_1 = [-w_1, w_1]$ sebagai daerah 1 dan seterusnya sampai I_3 = (UCL, LCL) sebagai daerah di luar batas

Matrik transisi probabilitas dapat disusun sebagai berikut:

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{bmatrix}; \qquad P_{ij} = \frac{n\,state\ i}{\sum n\,state\ i}$$

Dari Gambar 7 didapatkan matrik probabilitas transisi menurut plot data pada Peta Kendali atau ukuran sampel penyesuaian.

P_{11} = 0.4 P_{21} = 0.6
P_{12} = 0.6 P_{22} = 0.4

Karena probabilitas I_3 = 0, maka I = (I_1 dan I_2) = 4.129

Untuk perhitungan Average Run Length (ARL) pada Out-of-Control terlebih dahulu kita hitung initial probabilitas :

$$b_1 = \left(\frac{p_{11}^0}{p_{11}^0 + p_{12}^0}\right) = \left(\frac{0.4}{0.4+0.6}\right) = 0.4$$

$$b_2 = \left(\frac{p_{22}^0}{p_{21}^0 + p_{22}^0}\right) = \left(\frac{0.4}{0.6+0.4}\right) = 0.4$$

Didapatkan $b^{'}$ = 0.8, maka ARL didapatkan sebagai berikut:

$$ARL = b^{'}(I - Q)^{-1} I$$

$$ARL = 0.8(4.129 - 2)^{-1} 4.129 = 1.55\ \%$$

Fungsi Kerugian $\overline{X}$ Shewhart dan $\overline{X}$ Analisis Rantai Markov

Dalam Gambar (6) & (7) plot data dalam keadaan terkendali, sehingga secara teoritis fungsi kerugian adalah nol. Artinya adalah semua produk (ketebalan) masuk dalam rentang toleransi yang ditetapkan oleh perusahaan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari rangkaian penelitian yang telah dilaksanakan adalah sebagai berikut:

1. Pola plot data pada Peta Kendali $\overline{X}$ Shewhart dan Peta Kendali $\overline{X}$ dengan analisis Rantai Markov sebelum tindakan perbaikan terlihat ada plot data yang diluar batas kendali, serta 1 sampai 4 plot data yang jatuh di daerah yang sama dan berdekatan. Walaupun plot data tersebut masuk dalam batas kendali, tetapi dapat dikatakan tidak terkendali. Pada Peta kendali $\overline{X}$ Shewhart dan analisis Rantai Markov setelah perbaikan pola plot data pada Peta Kendali tersebut dalam keadaan terkendali. Melihat plot data yang jatuh pada state 1 dan state 2 (antara 1σ s/d 2σ) berarti statenya baik berdasarkan penentuan state dan kondisinya seperti dalam Tabel 1 dibawah.
2. Evaluasi performansi kedua Peta Kendali berdasarkan pola plot data, nilai ARL dan nilai fungsi kerugian. Nilai ini harus dibandingkan dengan peta kendali $\overline{X}$ Shewhart sebelum dan sesudah perbaikan. Semakin kecil nilai ARL out-of-control semakin baik menjaga proses tetap terkendali, hal ini dapat dideteksi dari ARL yang besar. Dalam Peta Kendali $\overline{X}$ Shewhart dan analisis Rantai Markov sebelum perbaikan didapatkan nilai ARL sebesar 7,4 % dan 1,60 % berarti rata-rata titik sampel pada proses terkendali adalah 92,6 % dan 98,4 %. Sedangkan pada Peta Kendali $\overline{X}$ Shewhart dan Peta Kendali $\overline{X}$ dengan analisis Rantai Markov setelah perbaikan didapatkan ARL sebesar 5,74 % dan 1.55 %, berarti rata-rata titik sampel pada proses terkendali adalah 94,26 % dan 98.45 %. Nilai performansi ARL $\overline{X}$ Shewhart meningkat sebesar 1,66 % dan Peta Kendali $\overline{X}$ dengan analisis Rantai Markov meningkat 0,05 %.
3. Nilai fungsi kerugian ini menggunakan ukuran keuangan dalam menyatakan ketidakpuasan konsumen terhadap performansi produk. Semakin kecil nilai fungsi kerugian semakin baik karakteristik kualitas produk. Secara teoritis plot data yang keluar dari batas kendali merupakan kerugian karena keluar dari toleransi yang ditetapkan. Dalam Peta Kendali $\overline{X}$ Shewhart dan Peta Kendali $\overline{X}$ dengan analisis Rantai Markov sebelum perbaikan kerugiannya adalah sebesar Rp.32.000,- dan Rp. 16.000,- (harga diskon).

Tabel 1. Pola plot data dan tindakan perbaikan pada Peta Kendali

Kondisi	Tindakan Perbaikan
Satu atau dua titik dalam daerah 1σ s/d 2σ	Proses berjalan terus
Satu titik pada daerah 2σ s/d 3σ	Lakukan penyesuaian (Adjusment) terhadap setting.
Dua titik pada daerah 2σ s/d 3σ pada sisi yang sama	Lakukan perbaikan dan reset proses (sampai 5 titik berurutan dalam daerah yang sama)
Satu titik pada daerah 2σ s/d 3σ pada sisi yang berlawanan	Lakukan perbaikan dan reset proses (sampai 5 titik berurutan dalam daerah yang sama)
Satu titik diluar batas 3σ	Lakukan perbaikan dan reset proses (sampai 5 titik berurutan dalam daerah yang sama)

Dalam Peta Kendali $\overline{X}$ Shewhart dan Peta Kendali $\overline{X}$ dengan analisis Rantai Markov setelah perbaikan kerugiannya adalah 0, karena prosesnya terkendali.

Dengan adanya pola plot data yang terkendali serta penurunan nilai ARL dan fungsi kerugian, maka performansi suatu Peta Kendali semakin baik untuk memberikan informasi tentang tindakan perbaikan yang harus dilakukan untuk meningkatkan kualitas suatu produk seperti terlihat pada Tabel (2) dan Tabel (3) dibawah ini.

3. Memaksimalkan peran R & D (Litbang) dalam melakukan terobosan melalui desain eksperimen untuk meningkatkan kualitas produk dalam tahap rancangan, sehingga perbaikan terus menerus dimulai dari tahap desain sampai produk tersebut dijual kepada konsumen.
4. Untuk penelitian lanjutan disarankan
   - Membandingkan performansi Peta kendali $\overline{X}$ Shewhart dan Peta kendali $\overline{X}$ dengan analisis Rantai Markov multi state/zone dengan bantuan simulasi computer.

Tabel 2. Perhitungan Peta kendali $\overline{X}$ sebelum perbaikan

Performansi	Peta kendali $\overline{X}$ Shewhart	Peta kendali $\overline{X}$ Analisis Rantai Markov
Pola plot data	Tak terkendali	Terkendali
ARL out-of-control	7.4 %	1.60 %
Fungsi kerugian konvensional secara teoritis	Rp.32.000,-	0
Fungsi kerugian dengan diskon	Rp.16.000,-	0

Tabel 3. Perhitungan Peta kendali $\overline{X}$ setelah perbaikan

Performansi	Peta kendali $\overline{X}$ Shewhart	Peta kendali $\overline{X}$ Analisis Rantai Markov
Pola plot data	Tak terkendali	Terkendali
ARL out-of-control	5.74 %	1.55 %
Fungsi kerugian konvensional secara teoritis	0	0
Fungsi kerugian dengan diskon	0	0

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada perusahaan untuk meningkatkan performansi Peta Kendali adalah:

1. Selalu menggunakan output suatu Peta Kendali berupa pola plot data, nilai ARL dan nilai fungsi kerugian sebagai informasi untuk mengevaluasi penyebab dalam melakukan tindakan perbaikan.
2. Ada komitmen dari pihak manajemen dan karyawan untuk selalu melakukan pemeriksaan dan pengawasan mulai dari penerimaan bahan baku, proses produksi sampai produk siap untuk dijual, sebab produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi merupakan kerugian bagi perusahaan.
   - Melakukan penelitian dengan pendekatan *desain eksperimen* pada tahap rancangan

DAFTAR PUSTAKA

Irianto. D, 1998, *Pengaruh toleransi terhadap harga dan ongkos produksi dengan mempertimbangkan fungsi kerugian kuadratik, Jurnal Teknik dan Manajemen*. ITB Vol 18 No.1 pp 1-6.

Mitra. A, 1993, *Fundamental of quality control and Improvement*. Macmillan Publising Company. New York

Prabu.S.S, Montgomery, D.C dan Runger. G.C. 1994, *Control Chart with variable size and*

sampling interval. International Journal Production Research, vol. 31.

Pauline A.S, Octavia T dan Siana. H, 2000, *Peta kendali* $\overline{X}$ *dengan ukuran sampel dan interval pengambilan sampel yang bervariasi*, Jurnal Teknik Industri (UK.Petra Surabaya), Vol.2 .pp 72-83.

Steiner S.H, ,1999, *Confirmation control chart*, International Journal Production Research, vol. 37. No.4.

Taguchi. G, 1987, *Introduction to Quality Engineering. Course Manual. American Supplier Institute Inc.Taha. H.A. 1996*, "Riset Operasi". Jilid II (Terjemahan) Edisi kelima, Binarupa Aksara, Jakarta.

Tamjidillah. M., 2003, *Analysis Performance of Control Chart Variable with Markov Chain*, Heds Jica Project.

Zimmer L.S, Mongomery D.C dan Runger G.C, 1998, *Evaluation of a three-state adaptive sample size* $\overline{X}$ *control chart*, International Journal Production Research, vol. 36. No.16.