

PENELUSURAN NILAI KORELASI PADA PROSES PRODUKSI TEPUNG BAKU SEMEN

Aunuddin ¹⁾, Erfiani ¹⁾, dan Nenden Rahayu Puspitasari ²⁾

¹⁾ Departemen Statistika FMIPA IPB, Bogor

²⁾ PT SEM Institute

Abstrak

Penelitian mengenai pengendalian mutu terhadap proses produksi tepung baku semen telah dilakukan sebelumnya. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa proses produksi tidak terkendali karena adanya perpindahan blok pada saat penambangan bahan baku semen (Puspitasari 2005). Selain itu, penelitian tersebut juga menyebutkan bahwa nilai korelasi antar karakteristik mutunya terlalu kecil sehingga selain penggunaan bagan kendali peubah ganda, penggunaan bagan kendali peubah tunggal juga bisa digunakan pada penelitian tersebut. Dalam tulisan ini akan dilihat lebih lanjut mengenai struktur korelasi yang terjadi antar karakteristik mutunya.

Hasil penelusuran nilai korelasi antar karakteristik mutu pada kondisi awal, kondisi proses tidak terkendali dan kondisi proses terkendali menunjukkan adanya perubahan jika dibandingkan satu sama lainnya. Namun besarnya perubahan nilai tersebut relatif kecil, dan jika dilihat dari kedekatannya dapat dikatakan bahwa nilai korelasi pada saat kondisi proses terkendali lebih dekat dengan nilai korelasi pada saat kondisi proses tidak terkendali

Kata kunci: Korelasi, Tepung baku semen, Karakteristik mutu

PENDAHULUAN

Menurut Montgomery (1996), bagan kendali peubah ganda akan bermanfaat jika digunakan pada kondisi yang melibatkan lebih dari satu jenis karakteristik mutu, terlebih lagi jika antar karakteristik mutu tersebut saling berkorelasi. Hal ini karena jika pada kondisi tersebut tetap menggunakan bagan kendali peubah tunggal maka akan terjadi kesalahan dalam pengambilan kesimpulan, hal ini karena berkaitan dengan masalah peluang kesalahan (α) yang tidak sama antara bagan kendali peubah tunggal dengan bagan kendali peubah ganda. Namun bagan kendali peubah ganda juga memiliki kekurangan, kekurangan tersebut yaitu tidak bisa mengetahui secara spesifik karakteristik mutu mana yang tidak terkendali (Vardeman, Jobe 1999).

Terdapat beberapa pendekatan yang dapat digunakan pada bagan kendali peubah ganda, salah satunya adalah pendekatan dengan menggunakan T^2 Hotelling (Montgomery 1996). Bagan kendali peubah ganda dengan pendekatan T^2 Hotelling menggunakan nilai $T^2 = n(\bar{X} - \bar{\bar{X}})'S^{-1}(\bar{X} - \bar{\bar{X}})$ sebagai statistik ujinya. Batas pengendali atas pada bagan kendali ini yaitu:

$$BPA = T_{\alpha; p, n-1}^2$$

yang dapat diperoleh melalui hubungan

$$T_{\alpha; p, n-1}^2 = \frac{p(n-1)}{n-p} F_{\alpha; p, n-p}$$

dengan :

n = ukuran contoh

p = banyaknya karakteristik mutu

S = matriks kovarian.

Kaidah keputusan yang digunakan pada prosedur ini adalah jika $T^2 > BPA$, maka paling sedikit satu dari karakteristik mutu itu tidak terkendali. Sebaliknya jika $T^2 < BPA$, maka p karakteristik mutu itu dalam keadaan terkendali.

Dalam Puspitasari (2005), dikaji mengenai pengendalian mutu proses produksi tepung baku semen yang melibatkan tiga jenis karakteristik mutu yang diamati. Penelitian tersebut menunjukkan proses produksi tidak terkendali karena adanya perpindahan blok pada saat penambangan bahan baku semen. Kondisi blok yang berbeda-beda menyebabkan nilai komposisi kandungan zat-zat kimia pada bahan baku semen ada yang terlalu tinggi dan terlalu rendah, sehingga tidak sesuai dengan nilai komposisi yang seharusnya. Selain itu, hasil dari penelitian tersebut menyebutkan bahwa nilai korelasi antar karakteristik mutunya terlalu kecil sehingga selain penggunaan bagan kendali peubah ganda, penggunaan bagan kendali peubah tunggal juga

bisa digunakan pada penelitian tersebut. Dalam tulisan ini akan dilihat lebih lanjut mengenai struktur korelasi yang terjadi antar karakteristik mutunya.

Karakteristik Mutu Tepung Baku Semen

Terdapat tiga jenis karakteristik mutu yang diamati pada tepung baku semen, diantaranya LSF (*Lime Saturation Factor*), SM (*Silica Modulus*) dan IM (*Iron Modulus*). Menurut Sudjono (2003), definisi yang digunakan di PT. ITP untuk ketiga karakteristik mutu tersebut yaitu:

$$a) \text{ LSF} = \frac{100CaO}{2.8SiO_2 + 1.18Al_2O_3 + 0.65Fe_2O_3}$$

$$b) \text{ SM} = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

$$c) \text{ IM} = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

Peranan dari LSF, SM dan IM ini adalah untuk memenuhi standar kualitas tepung baku dan untuk menjaga kekonsistenan mutu pada jenis dan tipe semen yang diproduksi. Batas spesifikasi untuk masing-masing karakteristik mutu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Batas spesifikasi masing-masing karakteristik mutu di PT. ITP

Karakteristik Mutu	Batas Spesifikasi (%)
LSF	100 ± 15
SM	2.6 ± 0.30
IM	1.75 ± 0.35

Bagan Kendali Peubah Ganda

Banyaknya jumlah karakteristik mutu yang lebih dari satu membuat bagan kendali peubah ganda dengan berbagai pendekatannya cenderung banyak digunakan. Hal ini karena terkait dengan masalah korelasi yang dianggap penting yang ada antar karakteristik mutu tersebut (Housmand, Golnabi 2004). Jika ternyata antar karakteristik mutu tersebut memiliki korelasi yang kuat maka penggunaan bagan kendali peubah tunggal pada kondisi ini menurut Montgomery (1996) akan mengakibatkan kesalahan dalam interpretasi dan pengambilan kesimpulan mengenai terkendali atau tidaknya suatu proses, bahkan dikatakan dapat menyesatkan (*misleading*). Hal tersebut dikarenakan berkaitan dengan masalah peluang kesalahannya (α). Misalnya terdapat dua karakteristik mutu yang diamati, yaitu x_1 dan x_2

yang berdistribusi normal ganda. Peluang salah satu \bar{x}_1 dan \bar{x}_2 melebihi batas pengendalian 3-sigma masing-masing yaitu 0.0027. Tetapi peluang bersama kedua peubah akan melebihi batas pengendali masing-masing bersama-sama apabila keduanya terkendali adalah $(0.0027)(0.0027)=0.00000729$, yang jauh lebih kecil dari 0.0027. Kemudian peluang bahwa \bar{x}_1 dan \bar{x}_2 keduanya bersama-sama akan jatuh di dalam batas pengendali apabila proses itu benar-benar terkendali adalah $(0.9973)(0.9973)= 0.99460729$. Sehingga penggunaan dua grafik \bar{x} secara terpisah telah mengubah pengendalian \bar{x}_1 dan \bar{x}_2 bersama-sama, dalam arti bahwa kesalahan tipe I dan peluang suatu titik secara benar akan jatuh terkendali tidak sama dengan tingkat yang dinyatakan bagi grafik pengendali masing-masing.

Terjadinya distorsi atau perubahan dalam prosedur pengendalian ini semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah karakteristik mutu yang diamati. Secara umum menurut Montgomery (1996), jika ada p buah karakteristik mutu yang saling bebas bagi suatu produk dan masing-masing karakteristik mutu memiliki grafik \bar{x} dengan $P \{\text{kesalahan tipe I}\} = \alpha$, maka probabilitas kesalahan tipe I yang benar bagi prosedur pengendalian bersamanya (*joint control*) adalah

$$\alpha' = 1 - (1 - \alpha)^p$$

dan probabilitas bahwa semua rata-rata p (p means) akan bersama-sama jatuh di dalam batas pengendali masing-masing apabila proses terkendali adalah

$$P[\text{Semua rata-rata } p \text{ jatuh terkendali}] = (1 - \alpha)^p$$

Dengan demikian, jelas bahwa distorsi atau perubahan yang terjadi dalam prosedur pengendalian bersama tersebut sangat besar, meskipun untuk nilai p yang tidak besar/sedang.

Salah satu metode pendekatan pada bagan kendali peubah ganda yang banyak dibicarakan dan sering digunakan adalah metode T^2 Hotelling. Namun pada metode ini terdapat kelemahan, yaitu tidak bisa mengetahui secara pasti peubah mana atau karakteristik mutu mana yang menyebabkan proses tidak terkontrol. Menurut Kolarik (1999), salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan membuat bagan kendali individu bagi masing-masing karakteristik mutu yang diamati. Setelah itu memeriksa pola dari masing-masing plotnya secara bersamaan, dengan demikian bisa

diketahui karakteristik mutu yang berada di luar batas kendali. Selain itu Kolarik (1999) juga menyebutkan bahwa ada beberapa pendekatan lain yang disarankan, diantaranya pendekatan dengan metode bagan kendali Benferroni, selang kepercayaan bersama (*exact simultaneous confidence intervals*), *principal components* dan T^2 dekomposisi. Metode T^2 dekomposisi ini merupakan salah satu metode yang menarik dan potensial untuk digunakan. Metode ini menghitung nilai T^2 secara parsial dan menghitung selisihnya :

$$D_1 = T^2 - T^2_{2,3,\dots,p}$$

$$D_2 = T^2 - T^2_{1,3,\dots,p}$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$D_p = T^2 - T^2_{1,2,3,\dots,p-1}$$

Secara konsep metode ini mudah, namun secara matematik metode ini memerlukan perhitungan yang cukup intensip, sehingga memerlukan bantuan komputer untuk menghitungnya.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Data pada tulisan ini diperoleh dari penelitian Puspitasari (2005). Data tersebut merupakan laporan harian bagian *Quality Assurance and Research Division* (QARD) mengenai tepung baku semen jenis OPC tipe I di PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk (PT. ITP). Pengambilan data dilakukan setiap satu jam sekali dengan ukuran contoh $n=1$ dan jumlah data (m) yang diperoleh sebanyak 468 buah data.

Metode

Tahapan analisis dalam penelitian ini yaitu :

1. Menganalisis nilai korelasi antar karakteristik mutu yang diamati.
2. Melakukan analisis pengendalian mutu terhadap LSF, SM dan IM dengan menggunakan bagan kendali Individu dan Rentang Bergerak (I & MR). Batas bagan kendali rentang bergerak:

$$BPA = D_4 \overline{MR}$$

$$\text{Garis tengah} = \overline{MR}$$

$$BPB = 0$$

Batas bagan kendali individu :

$$BPA = \bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$\text{Garis tengah} = \bar{x}$$

$$BPB = \bar{x} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

dengan:

$$MR_i = |x_i - x_{i-1}| \text{ dan } \overline{MR} = \frac{\sum_{i=1}^m MR_i}{m}$$

Keterangan:

BPA = Batas Pengendali Atas

BPB = Batas Pengendali Bawah

Nilai d_2 dan D_4 terlampir dalam tabel (Montgomery 1996).

3. Melakukan analisis pengendalian mutu dengan menggunakan bagan kendali peubah ganda terhadap tiga karakteristik mutu yang diamati. Untuk kasus m buah contoh dengan ukuran contoh masing-masing $n=1$ dan p buah karakteristik kualitas yang diamati, maka nilai T^2 Hottellingnya adalah

$$T^2 = n (\bar{C} - \bar{x}) S^{-1} (\bar{C} - \bar{x})'$$

Batas pengendali yang digunakan untuk $m > 100$ adalah

$$BPA = \frac{p(m-1)}{m-p} F_{\alpha,p,m-p}$$

$$BPB = 0$$

Jika $T^2 > BPA$, maka paling sedikit satu dari karakteristik mutu itu tidak terkendali.

Sebaliknya jika $T^2 < BPA$, maka p karakteristik mutu itu dalam keadaan terkendali.

4. Menganalisis nilai korelasi antar karakteristik mutu yang diamati pada saat proses tidak terkendali (mulai dari data ke-112 sampai dengan data ke-310) kemudian membandingkannya dengan nilai korelasi awal.
5. Menganalisis bagan kendali peubah ganda pada data ke-112 sampai dengan data ke-310 dengan menghilangkan data-data yang berada di luar batas kendali.
6. Menganalisis nilai korelasi antar karakteristik mutu terhadap data yang ada pada bagan kendali peubah ganda yang kedua, kemudian membandingkannya dengan nilai-nilai korelasi sebelumnya.

Software yang digunakan yaitu *Minitab version 13.2 for Windows* dan *StatGraph Plus for Windows 4.0*.

PEMBAHASAN

Nilai korelasi untuk semua data awal

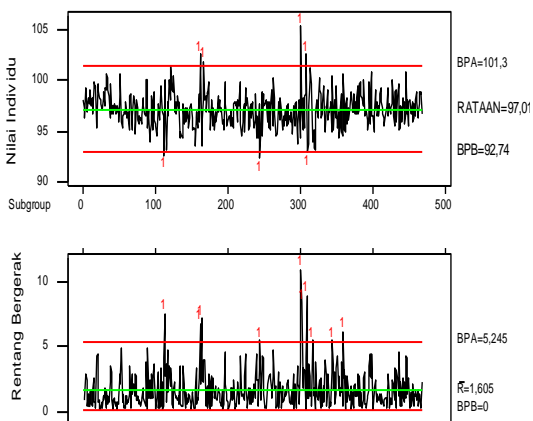
Nilai korelasi antar karakteristik mutu dari hasil penelitian Puspitasari (2005) dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan nilai-nilai korelasi tersebut dapat disimpulkan bahwa hubungan antar karakteristik mutu tidak terlalu kuat. Oleh sebab itu maka penerapan bagan kendali peubah tunggal pada penelitian ini juga akan dianalisis.

Tabel 2 Nilai korelasi Pearson antar karakteristik mutu

Karakteristik Mutu	LSF	SM
SM	-0.085	1
Nilai p	(0.06)	
IM	0.032	0.114
Nilai p	(0.49)	(0.01)

Bagan kendali pada saat proses tidak terkendali

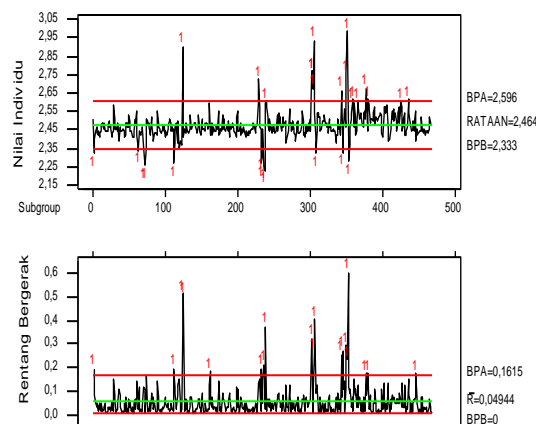
Kondisi proses tidak terkendali pada bagan kendali I & MR untuk ketiga karakteristik mutu yang diamati dapat dilihat pada Gambar 1, 2 dan 3, sedangkan untuk bagan kendali peubah ganda dapat dilihat pada Gambar 4 (Puspitasari 2005).



Gambar 1 Bagan kendali I & MR data LSF ketika proses tidak terkendali.

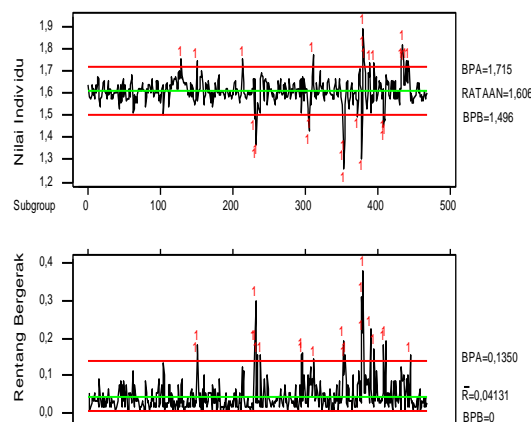
Menurut Puspitasari (2005), titik-titik yang berada di luar batas kendali menunjukkan adanya pola pengulangan pada selang waktu ± 100 jam. Setelah ditelusuri penyebabnya, proses pengulangan tersebut terjadi karena PT. ITP melakukan perpindahan blok pada saat

penambahan bahan baku semen yang dilakukan setiap selang waktu 5 hingga 7 hari sekali.



Gambar 2 Bagan kendali I & MR data SM ketika proses tidak terkendali.

Bahan baku yang diperoleh dari blok yang berbeda memiliki nilai komposisi yang berbeda, bahkan pada satu blok sendiri memiliki nilai komposisi bahan baku yang berbeda juga, ada yang tinggi (*high grade*) dan ada yang rendah (*low grade*). Sehingga nilai komposisi zat-zat kimia seperti CaO , SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 yang terkandung dalam bahan baku semen ada yang tidak sesuai dengan nilai komposisi yang seharusnya.



Gambar 3 Bagan kendali I & MR data IM ketika proses tidak terkendali.

Nilai korelasi pada kondisi proses tidak terkendali

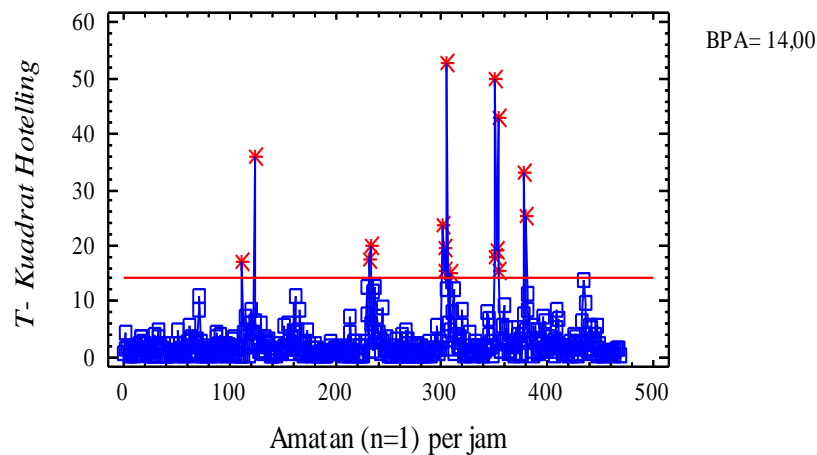
Nilai korelasi antar karakteristik mutu pada saat kondisi proses tidak terkendali diamati dari data ke-112 sampai dengan data ke-310 (Tabel 3).

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai korelasi pada saat kondisi proses tidak terkendali menunjukkan nilai yang kecil, sehingga dapat dikatakan bahwa hubungan antar karakteristik mutunya tidak terlalu kuat. Namun demikian, jika nilai korelasi tersebut dibandingkan dengan nilai korelasi yang tercantum pada Tabel 2 terdapat perubahan pada nilai korelasinya. Nilai korelasi antara LSF dengan SM mengalami perubahan nilai sebesar 0.084, sedangkan nilai korelasi antara LSF dengan IM berubah dari 0.032 menjadi -0.029 dan

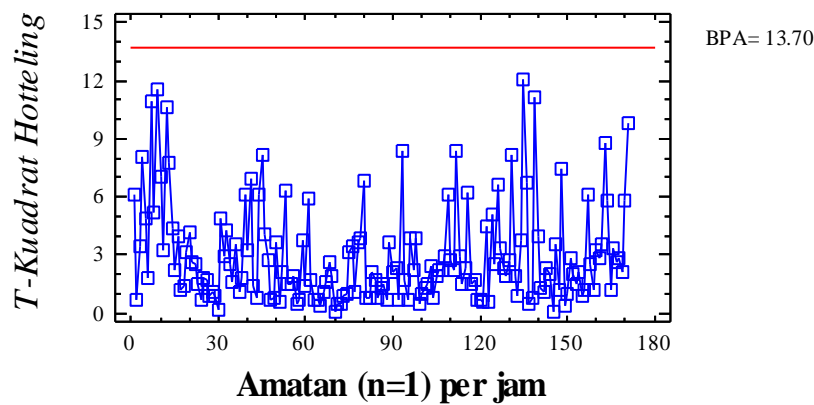
untuk SM dengan IM nilai korelasinya berubah dari 0.114 menjadi -0.001.

Tabel 3 Nilai korelasi Pearson antar karakteristik mutu pada saat kondisi tidak terkendali

Karakteristik Mutu	LSF	SM
SM Nilai p	-0.169 (0.017)	1
IM Nilai p	-0.029 (0.689)	-0.001 (0.987)



Gambar 4 Bagan kendali peubah ganda pada proses tidak terkendali



Bagan kendali peubah ganda untuk data ke-112 sampai data ke-310

Bagan kendali peubah ganda untuk data ke-112 sampai dengan data ke-310 dapat dilihat pada Gambar 5. Bagan kendali tersebut diperoleh setelah menghilangkan titik-titik amatan yang berada diluar batas kendali sebelumnya dan bagan kendali tersebut menunjukkan proses terkendali dengan BPA=13.70.

Nilai korelasi pada kondisi proses terkendali

Nilai korelasi antar karakteristik mutu yang diamati setelah proses menunjukkan terkendali (Gambar5) dapat dilihat pada Tabel 4. Nilai-nilai korelasi tersebut menunjukkan bahwa hubungan antar karakteristik mutunya tidak terlalu kuat.

Tabel 4. Nilai korelasi Pearson antar karakteristik mutu pada saat kondisi terkendali

Karakteristik Mutu	LSF	SM
SM Nilai p	-0.454 (0.000)	1
IM Nilai p	-0.061 (0.424)	-0.043 (0.579)

Nilai korelasi pada kondisi di atas (Tabel 4) jika dibandingkan dengan nilai korelasi pada kondisi awal (Tabel 2) terdapat perubahan. Nilai korelasi antara LSF dengan SM berubah dari -0.085 menjadi -0.454, sedangkan nilai korelasi antara LSF dengan IM berubah dari 0.032 menjadi -0.061 dan nilai korelasi SM dengan IM berubah dari 0.114 menjadi -0.043. Demikian juga jika dibandingkan dengan nilai korelasi pada kondisi proses tidak terkendali (Tabel 3), LSF dengan SM mengalami perubahan dari -0.169 menjadi -0.454, LSF dengan IM mengalami perubahan dari -0.029 menjadi -0.061 dan SM dengan IM mengalami perubahan dari -0.001 menjadi -0.043. Jika dilihat dari kedekatannya, maka dapat dikatakan bahwa nilai korelasi pada Tabel 4 nilainya lebih dekat dengan nilai korelasi yang tercantum pada Tabel 3. Hal tersebut dikarenakan besarnya nilai selisih korelasi antara Tabel 4 dengan Tabel 3 lebih kecil daripada nilai selisih korelasi antara Tabel 4 dengan Tabel 2.

KESIMPULAN

Hasil penelusuran nilai korelasi antar karakteristik mutu pada kondisi awal, kondisi proses tidak terkendali dan kondisi proses terkendali menunjukkan adanya perubahan jika

dibandingkan satu sama lainnya. Namun besarnya perubahan nilai tersebut relatif kecil, dan jika dilihat dari kedekatannya dapat dikatakan bahwa nilai korelasi pada saat kondisi proses terkendali lebih dekat dengan nilai korelasi pada saat kondisi proses tidak terkendali.

DAFTAR PUSTAKA

Housmand AA, Golnabi S. *Multivariate Shewhart \bar{x} - Chart*. www.multivariatequalitycontrol.com. [3 Januari 2004].

Montgomery DC. 1996. *Introduction to Statistical Quality Control*. Washington : Jhon Willey & Sons.

Puspitasari NR. 2005. Penerapan Bagan Kendali Peubah Ganda Pada Produksi Tepung Baku Semen Jenis OPC. (Skripsi). Bogor : Jurusan Statistika, FMIPA IPB.

Sudjono. 2003. Pengendalian Mutu *Raw Meal* Produk. (Skripsi). Bogor : PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk.

Vardeman SB, Jobe JM. 1999. *Statistical Quality Assurance Methods for Engineers*. Washington : Jhon Willey & Sons.

William J. Kolarik. 1999. *Creating Quality : Process Design for Result*. Singapore : McGraw-Hill Book Co.

