

Prosedur untuk Memonitor Proses dengan Proporsi Kecacatan yang Rendah

¹Shobrina Nuradhanti Nugroho, ²Teti Sofia Yanti, ³Suwanda Idris

^{1,2,3}Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung,
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 401166

e-mail : ¹shobrinanugroho@gmail.com, ²tetisofiyanti@gmail.com, ³wanda_100358@yahoo.co.id

Abstrak. Suatu proses produksi manufaktur dikatakan *high-yield processes* apabila proporsi kecacatan yang dihasilkan kurang dari 100 *parts per million* (ppm). Diagram kendali p dan np kurang efektif untuk menunjukkan sinyal *out-of-control* pada saat memonitoring proses jika proporsi kecacatannya rendah. Dalam makalah ini, akan dibahas diagram kendali *cumulative count control chart* (CCC) berdasarkan distribusi geometrik (CCC₁) dan binomial negatif (CCC₂) lebih efektif untuk memonitoring dengan proporsi kecacatan yang rendah. Hasilnya menunjukkan, diagram kendali CCC₁ dan CCC₂ lebih efektif daripada p dan np . Implementasi pengontrolan banyaknya kerusakan oplah di PT Remaja Rosdakarya dengan $p = 0,0002$ dan data dibangkitkan dengan $p = 0,0002$ dengan 100 oplah yang diperiksa setiap harinya. Melalui data simulasi menunjukkan bahwa terjadi sinyal *out-of-control* pada hari ke-109 untuk CCC₁ dan hari ke-809 untuk CCC₂. Sinyal ini merupakan sinyal *false alarm*. Untuk pengontrolan dari data yang dibangkitkan dengan $p = 0,002$, terjadi sinyal *out-of-control* pada hari ke-22 untuk CCC₁ dan hari ke-5 untuk CCC₂. Sedangkan, menurut diagram kendali np , sinyal *out-of-control* baru terjadi pada hari ke-14. Maka diagram kendali CCC₂ memberikan periode *true alarm* lebih pendek daripada diagram kendali np .

Kata Kunci: *High-Yield Processes*, *Distribusi Binomial Negatif*, *Proporsi*, *Cumulative Count Control Chart*, *Sinyal Out-of-Control*.

A. Pendahuluan

Banyak perusahaan di bidang *manufacturing* yang berkembang sangat pesat, sehingga terjadi kompetisi diantaranya untuk mendapatkan kepercayaan dari konsumen karena kualitas produk yang dihasilkan oleh perusahaan itu sendiri, dengan kata lain, tidak ada kerusakan atau kecacatan barang yang diterima di tangan konsumen. Menurut Acosta-Mejia (2012), suatu proses produksi dikatakan *high-performance* atau *high-yield processes* jika menghasilkan item yang cacat lebih rendah dari 100 *parts per million* (ppm).

Diagram kendali adalah salah satu alat *statistical proses control* (SPC) yang paling banyak digunakan dalam industri manufaktur dalam pemantauan proses (Montgomery, 2005) yang pertama kali dikenalkan oleh Dr. Walter Andrew Shewhart pada tahun 1924 dengan maksud menghilangkan variasi tidak normal (Muchlis, 2010).

Terdapat dua jenis diagram kendali, yaitu diagram kendali variabel yang berguna untuk mengendalikan karakteristik variabel berdasarkan hasil pengukuran yang terdiri dari rata-rata (\bar{x}), rentang (R), dan simpangan baku (s) juga diagram kendali atribut yang berguna untuk mengendalikan karakteristik atribut berdasarkan hasil perhitungan yang terdiri dari proporsi (p), jumlah cacat (np), cacat per unit (c), dan jumlah cacat per unit (u).

Berbagai banyak tipe yang telah dikembangkan untuk memonitoring proses produksi di industri. Dalam *statistical process control*, diagram kendali adalah alat yang sangat berguna untuk memonitoring proses produksi, diantaranya menggunakan diagram p dan np . Dalam diagram kendali p , rumus batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB) adalah $p \pm 3\sqrt{p(1-p)/n}$ dan diagram kendali np memiliki batas kendali $np \pm 3\sqrt{np(1-p)}$. Diagram kendali tersebut menggunakan

tata cara batas-batas $\pm 3\sigma$ berdasarkan aproksimasi distribusi binomial oleh distribusi normal yang hanya baik ketika np bernilai besar. Dalam teknologi tinggi di manufaktur, p akan bernilai rendah untuk beberapa *parts per million*, sehingga diagram kendali p dan np memiliki empat kekurangan, yaitu distribusi binomial tidak dapat diaproksimasi oleh distribusi normal; saat menghitung BKB, kemungkinan hasilnya akan bernilai negatif, sehingga batas tersebut nilainya akan diganti menjadi nol (0); saat menghitung BKA pada diagram kendali np kemungkinan nilainya akan kurang dari satu dan pada diagram kendali p kemungkinan nilainya akan kurang dari $1/n$; dan sinyal *out-of-control* yang ditunjukkan pada diagram kendali p dan np bergantung pada pemilihan ukuran sampelnya.

Untuk mengatasi hal tersebut, *cumulative count control chart* (CCC) berdasarkan konsep geometrik dan binomial negatif dapat digunakan untuk menambah dan memodifikasi diagram kendali p dan np . Diagram ini dapat digunakan dan tidak bergantung pada besar kecilnya proporsi cacat. Untuk nomor item yang diperiksa hingga r cacat diamati disebut diagram CCC_r . Diagram CCC_r dengan $r = 1$ atau disebut juga diagram CCC_1 , sedangkan dengan $r = 2$ atau disebut juga diagram CCC_2 .

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan beberapa masalah yaitu, bagaimana prosedur diagram CCC_1 dan CCC_2 , serta implementasi dari diagram CCC_1 dan CCC_2 , sehingga tujuannya adalah membahas prosedur diagram CCC_1 , CCC_2 , serta implementasi dari diagram CCC_1 dan CCC_2 .

B. Kajian Pustaka

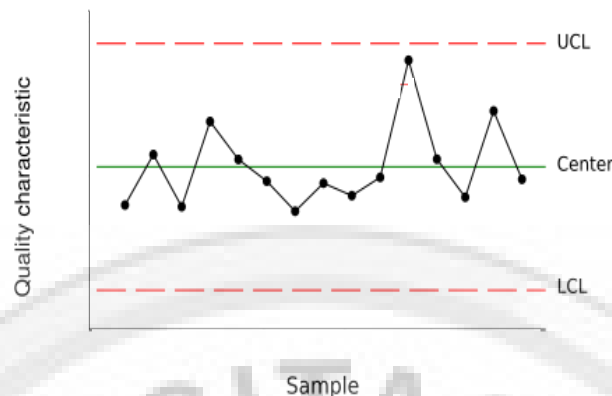
1. Diagram Kendali (*Control Chart*)

Diagram kendali atau *control chart* merupakan suatu teknik yang dikenal sebagai metode grafik yang digunakan untuk mengevaluasi apakah suatu proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistik atau tidak sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Kegunaan dari diagram ini ialah untuk mendeteksi ketika proses dalam keadaan tidak terkendali (*out-of-control*).

Diagram kendali pertama kali diperkenalkan oleh DR. Walter Andrew Shewhart pada tahun 1924 dengan maksud menghilangkan variasi tidak normal melalui pemisahan variasi yang disebabkan oleh variasi penyebab khusus (*special cause variation*) dan variasi yang disebabkan oleh variasi penyebab umum (*common causes variation*). Pada dasarnya semua proses menampilkan variasi, namun manajemen harus mampu mengendalikan proses dengan cara menghilangkan variasi penyebab khusus dari proses itu, sehingga variasi yang melekat pada proses hanya disebabkan oleh variasi penyebab umum (Muchlis, 2010).

1.1 Struktur Diagram Kendali

Diagram Shewhart dilengkapi oleh tiga buah garis mendatar yang berfungsi sebagai batas-batas kendali. Batas maksimum dari variasi mutu disebut sebagai batas kendali atas (BKA) atau *upper control limit* (UCL), batas minimum dari variasi mutu disebut sebagai batas kendali bawah (BKB) atau *lower control limit* (LCL), dan garis diantara BKA dan BKB disebut sebagai pusat atau *center*. Diagram kendali ini berguna untuk memantau proses terus menerus agar proses tetap stabil secara statistik dan hanya mengandung penyebab variasi umum, serta dapat menentukan kemampuan proses (*process capability*). Gambar 2.1 menunjukkan contoh diagram kendali Shewhart.



Gambar 2.1 Contoh Diagram Kendali Shewhart

Andaikan untuk mengendalikan proses digunakan statistik y (fungsi dari sampel acak) yang berdistribusi normal dengan rata-rata μ_y dan varians σ_y . Jarak batas kendali atas dan batas kendali bawah dari garis pusat (μ_y) diambil k kali simpangan baku karakteristik mutu, yakni $k\sigma_y$. Besar kecilnya nilai k ini berkaitan dengan peluang penerimaan produk yang baik yang diduga memiliki mutu yang baik. Makin tinggi nilai sigma, makin sedikit suatu proses mengalami variasi dan makin sedikit pula kesalahan yang akan dialami.

1.2 Kriteria Tidak Terkendali

Karakteristik mutu yang diamati digambarkan sebagai titik-titik pada diagram kendali Shewhart. Jika titik-titik tersebut berada di dalam batas kendali, maka dapat disimpulkan bahwa proses terkendali (*in-control*), tetapi jika di luar kendali, maka dapat disimpulkan bahwa proses tidak terkendali (*out-of-control*). Adapun beberapa kriteria proses tidak terkendali yang harus diperhatikan jika titik tidak berpencah secara acak, yaitu, tujuh titik atau lebih terletak pada belahan sisi yang sama; sepuluh dari sebelas titik terletak pada belahan sisi yang sama; dua belas dari empat belas titik terletak pada belahan sisi yang sama; empat belas dari tujuh belas titik terletak pada belahan sisi yang sama; dan enam belas dari dua puluh titik terletak pada belahan sisi yang sama.

2. Diagram Kendali Atribut

Atribut dalam pengendalian kualitas menunjukkan karakteristik kualitas yang sesuai dengan spesifikasi atau tidak sesuai dengan spesifikasi. Menurut Besterfield (1994), atribut digunakan apabila ada pengukuran yang tidak memungkinkan untuk dilakukan, misalnya goresan, kesalahan, warna atau bagian yang hilang. Diagram kendali atribut ini mungkin akan lebih tepat dan mudah menggunakan ukuran baik dan tidak baik atau produk tersebut sesuai dengan spesifikasi atau tidak.

Diagram kendali atribut dibagi menjadi dua kelompok, yaitu diagram kendali yang berhubungan dengan bagian produk yang sesuai atau cacat yang diproduksi oleh suatu proses produksi dinamakan bagan p (proporsi) atau bagan np (jumlah cacat) dan diagram kendali yang berhubungan dengan ketidaksesuaian per-unit produk dinamakan bagan c (cacat per-unit) atau u (bagan jumlah per-unit).

2.1 Contoh Diagram Kendali np

Perhatikan batas kendali np pada Pendahuluan. Untuk ilustrasi bahwa diagram np bergantung pada pemilihan ukuran sampel untuk menunjukkan bahwa sinyal *out-of-control*. Misalkan terdapat 7500 item yang telah diperiksa dan setelah diamati terdapat 9 item cacat. Letak item cacat tersebut ditemukan pada pemeriksaan ke- i : 1109, 1938, 2370, 2689, 3729, 3859, 4273, 4878, dan 7354. Proporsi item cacat dari data tersebut adalah

$$p = \frac{9}{7500} = 0.0012$$

Jika diambil ukuran sampel $n = 75$, BKA dari diagram np adalah

$$np + 3\sqrt{np(1-p)} = 0.9895$$

Nilai tersebut kurang dari satu. Dalam kasus ini, 9 item cacat tersebut menunjukkan bahwa semuanya adalah proses *out-of-control*.

Jika diambil ukuran sampel $n = 80$, BKA dari diagram np adalah

$$np + 3\sqrt{np(1-p)} = 1.025$$

Nilai tersebut lebih dari satu, artinya bahwa hanya peristiwa dari dua atau lebih item cacat pada ukuran sampel 80 saja yang menunjukkan sinyal *out-of-control*. Dalam kasus ini, tidak ada dari 9 item cacat tersebut yang memberikan sinyal, karena tidak ada yang bernilai dua atau lebih dalam setiap sampelnya.

Dengan ukuran sampel yang berbeda, diagram kendali np tidak sensitif untuk menunjukkan sinyal *out-of-control* dengan proporsi yang rendah. Berikut ini akan dibahas mengenai diagram CCC_1 dan CCC_2 .

3. Cumulative Count Control Chart (CCC)

Diagram kendali ini adalah diagram kendali satu tahap, karena keputusan dapat dibuat segera setelah r item termasuk kategori cacat yang diamati. Misalkan n adalah banyak item yang diperiksa sampai diperoleh r item termasuk kategori cacat yang diamati. Dari sudut pandang statistik, nilai yang sangat kecil atau besar dari n merupakan indikasi bahwa nilai p mungkin telah bergeser dan prinsip ini yang mendasari diagram kendali. Proses ini dianggap terkendali jika $BKB < n < BKA$, dan tidak terkendali jika lainnya. Jika $n \leq BKB$, itu adalah sinyal bahwa p telah bergeser ke atas yang artinya bahwa proses telah memburuk dan jika $n > BKA$, itu adalah sinyal bahwa p mungkin telah bergeser ke bawah yang artinya bahwa proses telah membaik. Dalam industri manufaktur, mendeteksi pergeseran ke atas oleh p akan ditangani lebih serius daripada pergeseran ke bawah.

a. Diagram CCC_1

Menurut Chan (2003), diagram CCC_1 merupakan konsep dari geometrik dengan fungsi probabilitas seperti pada Persamaan (2.4) dimana variabel acak yang mungkin dapat dipakai untuk memodifikasi diagram kendali p dan np .

Misalkan r adalah bilangan bulat positif, $N(r, p) = n$ merupakan banyak item yang diperiksa sampai diperoleh r item termasuk kategori cacat. Misalkan $F_{r,p}(n)$ adalah fungsi distribusi kumulatif dari $N(r, p)$. Dengan $r = 1$, maka

$$F_{1,p}(n) = 1 - q^n \quad (2.1)$$

Jika probabilitas *false alarm* untuk mendeteksi pergeseran ke atas dari p ditetapkan sebesar α_L dan untuk mendeteksi pergeseran ke bawah p ditetapkan sebesar α_U , maka BKB dan BKA untuk n pada diagram CCC_1 dapat dikatakan sebagai n_L dan n_U memenuhi dua hubungan berikut

$$F_{r,p}(n_L) = \alpha_L, \tag{2.2}$$

$$F_{r,p}(n_U) = 1 - \alpha_U$$

Sehingga batas-batas untuk CCC₁ yang diperoleh dari Persamaan (2.1) dan (2.2) adalah

$$n_L = \left\lceil \frac{\ln(1-\alpha_L)}{\ln(1-p_0)} \right\rceil \tag{2.3}$$

$$n_U = \frac{\ln(\alpha_U)}{\ln(1-p_0)}$$

dimana p_0 = proporsi item cacat *in-control* dan $\alpha = \alpha_U + \alpha_L$ (kesalahan tipe I).

Sebagai contoh, misalkan $\alpha = 0,0027$, $\alpha_U = \alpha_L = 0,00135$, $p_0 = 100\text{ppm} = 0,0001$, maka $n_U = 66.073$ dan $n_L = 14,5084 \approx 14$.

b. Diagram CCC₂

Misalkan bahwa percobaan-percobaan saling bebas dilakukan, dengan proporsi kecacatan pada setiap percobaan adalah p dan $q = 1-p$ dimana $0 < p < 1$. Percobaan terus dilakukan sampai diperoleh kecacatan sebanyak r . Jika peubah acak $N(r, p)$ menyatakan banyaknya percobaan yang dilakukan, maka fungsi probabilitas untuk peubah acak X adalah

$$P\{N(r, p) = x\} = \binom{x-1}{r-1} p^r q^{x-r}, \quad x = r, r+1, \dots \tag{2.4}$$

$$E[N(r, p)] = \frac{r}{p} \tag{2.5}$$

$$Var[N(r, p)] = \frac{rq}{p^2} \tag{2.6}$$

Peubah acak $N(r, p)$ yang fungsi peluangnya seperti di atas dikatakan sebagai peubah acak binomial negatif dengan parameter (r, p) . Apabila $r = 1$, maka dikenal sebagai peubah acak geometrik.

Misalkan $F_{r,p}(n)$ adalah fungsi distribusi kumulatif dari $N(r, p)$. Dengan $r = 2$, maka

$$F_{2,p}(n) = 1 - q^n - npq^{n-1} \tag{2.7}$$

sehingga batas-batas n_L dan n_U yang diperoleh dari Persamaan (2.2) dan (2.7) adalah

$$1 - q^{n_L} - n_L p q^{n_L-1} = \alpha_L \tag{2.8}$$

$$1 - q^{n_U} - n_U p q^{n_U-1} = 1 - \alpha_U$$

Persamaan (2.8) merupakan persamaan implisit, maka perhitungannya dilakukan secara numerik.

Sebagai contoh, misalkan $\alpha = 0,0027$, $\alpha_U = \alpha_L = 0,00135$, $p_0 = 100\text{ppm} = 0,0001$, maka $n_U = 89.000$ dan $n_L = 529$.

C. Bahan dan Metode

1. Bahan

Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari PT Remaja Rosdakarya dengan kantor pusat berada di Jalan Ibu Inggit Garnasih (Ciuteul) No.

40. Perusahaan ini merupakan perusahaan di bidang jasa percetakan seperti mencetak buku pelajaran, hadits, buku pengetahuan dan sebagainya juga mencetak lembaran seperti surat kabar, brosur, dan sebagainya. Berbagai pelanggan seperti penerbit, lembaga, juga peorangan menggunakan jasa dari perusahaan ini. Rata-rata setiap tahunnya, buku pelajaran sekolah dasar (SD) hingga sekolah menengah atas (SMA) mendominasi pencetakan di perusahaan tersebut. Dari hasil rekapitulasi di tahun 2013, perusahaan berhasil mencetak 4.068.319 oplah dengan kerusakan 800 oplah, di tahun 2014 berhasil mencetak 29.756.398 oplah dengan kerusakan 59.345 oplah, dan di tahun 2015 berhasil mencetak 7.048.420 oplah dengan kerusakan 27.740 oplah. Besarnya oplah yang cacat ditentukan berdasarkan klaim pelanggan. Nampak bahwa banyaknya kecacatan terjadi peningkatan dari tahun ke tahun sebesar 0.0002 di tahun 2013, 0.002 di tahun 2014, dan 0.004 di tahun 2014. Proporsi kerusakan 0.0002 dijadikan standar baku untuk kemampuan PT Remaja Rosdakarya, sehingga pengontrolan melalui diagram proporsi tidak dapat digunakan. Oleh karena itu, untuk pengontrolan berikutnya, tidak akan menggunakan diagram kendali proporsi, tetapi akan diusulkan pengontrolan melalui diagram kendali CCC_1 dan CCC_2 . Data akan dibangkitkan melalui simulasi sebagai berikut:

1. Skenario 1
Batas-batas kontrol akan ditentukan untuk $p = 0.0002$ (tahun 2013). Data akan dibangkitkan dari populasi dengan $p = 0.0002$ (tahun 2013), artinya tidak ada perubahan peningkatan atau penurunan produksi dari populasi.
2. Skenario 2
Batas-batas kontrol akan ditentukan untuk $p = 0.0002$ (tahun 2013). Data akan dibangkitkan dari populasi dengan $p = 0.002$ (tahun 2014), artinya terdapat kenaikan penurunan proporsi kerusakan oplah dari populasi.
3. Skenario 3
Batas-batas kontrol akan ditentukan untuk $p = 0.002$ (tahun 2014). Data akan dibangkitkan dari populasi dengan $p = 0.0015$, artinya terdapat perubahan penurunan proporsi kerusakan oplah dari populasi.

2. Metode

Adapun langkah-langkah analisis pada saat memonitoring proses produksi yaitu:

Skenario 1

- a. Diagram CCC_1
 1. Tentukan nilai $\alpha = 0.05$.
 2. Tentukan batas-batas kendali dengan $p = 0.0002$ melalui Persamaan (2.3) untuk $BKB = n_L$ dan $BKA = n_U$.
 3. Bangkitkan data dari distribusi geometrik dengan $p = 0.0002$ dan periode perharinya adalah 100 oplah.
- b. Diagram CCC_2
 1. Tentukan nilai $\alpha = 0.05$.
 2. Tentukan batas-batas kendali dengan $p = 0.0002$ melalui Persamaan (2.8) untuk $BKB = n_L$ dan $BKA = n_U$.
 3. Bangkitkan data dari distribusi binomial negatif dengan $p = 0.0002$ dan periode perharinya adalah 100 oplah.

Skenario 2

Langkah-langkah untuk simulasi pada skenario dua sama dengan skenario satu,

hanya saja nilai proporsi pada saat membangkitkan data bergeser menjadi $p = 0.002$, artinya terdapat perubahan kenaikan proporsi kerusakan oplah dari populasi.

Skenario 3

Langkah-langkah untuk simulasi pada skenario tiga sama dengan skenario satu, hanya saja penentuan batas-batas kendali $p = 0.002$ dan data akan dibangkitkan dengan $p = 0.0015$, artinya terdapat perubahan penurunan proporsi kerusakan oplah dari populasi.

D. Hasil dan Pembahasan

Pada skenario 1, untuk diagram CCC_1 , $BKA = 14.977$ dan $BKB = 256$. Sehingga diperoleh hasil dari data bangkitan, pada hari ke-109 telah terjadi sinyal *out-of-control*, proses dinyatakan memburuk karena $40 < 256 < 14.977$. Sedangkan untuk diagram CCC_2 , $BKA = 23.717$ dan $BKB = 1.777$. Sehingga diperoleh hasil dari data bangkitan, pada hari ke-809 telah terjadi sinyal *out-of-control*, proses dinyatakan membaik karena $1.777 < 23.717 < 25.902$. Dari simulasi tersebut, sinyal *out-of-control* merupakan sinyal *false alarm* (kekeliruan tipe I) atau sinyal menyatakan *out-of-control* padahal menyatakan *in-control* karena dalam skenario ini, batas-batas kendali ditentukan untuk $p = 0,0002$ dan dibangkitkan dari distribusi geometrik (untuk CCC_1) dan binomial negatif (untuk CCC_2) dengan $p = 0,0002$, sehingga tidak terjadi perubahan kenaikan atau penurunan proporsi produksi.

Pada skenario 2, untuk diagram CCC_1 , $BKA = 14.977$ dan $BKB = 256$. Sehingga diperoleh hasil dari data bangkitan, pada hari ke-22 telah terjadi sinyal *out-of-control*, proses dinyatakan memburuk karena $130 < 256 < 14.977$. Sedangkan untuk diagram CCC_2 , $BKA = 23.717$ dan $BKB = 1.777$. Sehingga diperoleh hasil dari data bangkitan, pada hari ke-5 telah terjadi sinyal *out-of-control*, proses dinyatakan memburuk karena $496 < 1.777 < 23.717$. Dari simulasi di atas, sinyal *out-of-control* merupakan sinyal *true alarm* (kekeliruan tipe II) atau sinyal menyatakan *out-of-control* karena dalam skenario ini, batas-batas kendali ditentukan untuk $p = 0,0002$ dan dibangkitkan dari distribusi geometrik (untuk CCC_1) dan binomial negatif (untuk CCC_2) dengan $p = 0,002$, sehingga telah terjadi kenaikan proporsi produksi.

Pada skenario 3, untuk diagram CCC_1 , $BKA = 1.496$ dan $BKB = 25$. Sehingga diperoleh hasil dari data bangkitan, pada hari ke-33 telah terjadi sinyal *out-of-control*, proses dinyatakan membaik karena $25 < 1.496 < 1.924$. Sedangkan untuk diagram CCC_2 , $BKA = 2.370$ dan $BKB = 178$. Sehingga diperoleh hasil dari data bangkitan, pada hari ke-35 telah terjadi sinyal *out-of-control*, proses dinyatakan membaik karena $178 < 2.370 < 2.555$. Dari simulasi di atas, sinyal *out-of-control* merupakan sinyal *true alarm* (kekeliruan tipe II) atau sinyal menyatakan *in-control* karena dalam skenario ini, batas-batas kendali ditentukan untuk $p = 0,002$ dan dibangkitkan dari distribusi geometrik (untuk CCC_1) dan binomial negatif (untuk CCC_2) dengan $p = 0,0015$, sehingga telah terjadi penurunan proporsi produksi.

E. Kesimpulan

Diagram kendali np , batas-batas kendalinya ditentukan oleh distribusi normal asimtotik. Sementara itu, diagram CCC_1 dan CCC_2 batas-batas kendali ditentukan oleh distribusi eksak, yaitu dari distribusi geometrik dan binomial negatif. Dari hasil implementasi menunjukkan bahwa diagram CCC_2 lebih cepat menunjukkan sinyal *out-of-control* untuk *true alarm* dibandingkan dengan diagram kendali CCC_1 dan np .

Daftar Pustaka

- Acosta-Mejia, C. A. 2012. *Two-Sided Charts for Monitoring Nonconforming Parts per Million*. *Quality Engineering*, 25: 34-35.
- Besterfield, Dale H. 1994. *Quality Control. Edisi Keempat*. Prentice Hall International. London.
- Chan, L. Y., Lai, C. D., Xie, M., Goh, T. N. 2003. *A Two-Stage Procedure for Monitoring Processes with Low Fraction Nonconforming*. *European Journal of Operations Research*, 150: 420-436.
- Gaspersz, Vincent. 1998. *Production Planning and Inventory Control*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Montgomery, D.C. dan Mastrangelo, C.M. 2001, *Statistical Quality Control, six edition*. United States of America (USA).
- Muchlis, D. 2010. *Pengendalian Kualitas Statistika*, Pustaka Ceria. Bandung.
- Mutaqin, A. K. 2008. *Buku Ajar Pengantar Peluang*. Pustaka Ceria. Bandung.
- Qusenberry, C. P. 1995. *Geometric Q Charts for High Quality Processes*. *Journal of Quality Technology*, 27: 304-315.