

**PERBANDINGAN KINERJA PETA KONTROL
SHEWHART, CUSUM, DAN EWMA DALAM
MENDETEKSI PERGESERAN NILAI RATA-RATA
PROSES PADA DATA SUBGRUP BESAR**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Pasundan**

Oleh

**NURRAHMI DANIA UTAMI
NRP : 143010063**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2018**

PERBANDINGAN KINERJA PETA KONTROL SHEWHART, CUSUM, DAN EWMA DALAM MENDETEKSI PERGESERAN NILAI RATA-RATA PROSES PADA DATA SUBGRUP BESAR

NURRAHMI DANIA UTAMI

NRP : 143010063

ABSTRAK

Peta kontrol Shewhart merupakan alat pengendalian kualitas yang umum digunakan. Namun peta kontrol Shewhart dinilai kurang sensitif dalam mengendalikan proses yang mengalami pergeseran nilai rata-rata kecil. Peta kontrol Cusum dan EWMA yang kemudian diusulkan sebagai alternatif dari peta kontrol Shewhart, yang dapat mendeteksi pergeseran yang terjadi sedini mungkin, terutama pada data individu.

Dalam Tugas Akhir ini, dilakukan perbandingan kinerja peta kontrol Shewhart, Cusum, dan EWMA pada ukuran subgroup = 10 di berbagai nilai pergeseran. Penelitian dimulai dari pembangkitan data populasi dengan parameter $\mu = 135,588$ dan $\sigma = 1,94$, kemudian 10 data pengamatannya mengalami pergeseran nilai rata-rata. Evaluasi kinerja peta kontrol, dimulai dari pembentukan batas kontrol percobaan data populasi dari ketiga peta kontrol. Data populasi kemudian di plot pada ketiga peta kontrol untuk memastikan bahwa batas kontrol berasal dari data populasi yang terkendali dan dapat digunakan dalam pengendalian 10 data pergeseran. Kemudian dihitung nilai ARL setiap peta kontrol untuk mengetahui ekspektasi jumlah sampel yang dibutuhkan proses hingga tanda out of control pertama terdeteksi.

Dari hasil pengolahan data, diperoleh kesimpulan bahwa peta kontrol EWMA memiliki kinerja pendeteksian lebih baik di berbagai nilai pergeseran. Pada tingkat pergeseran kecil $0,5\sigma$, peta kontrol Cusum memiliki kemampuan deteksi sama baiknya dengan peta kontrol EWMA, hanya saja peta kontrol EWMA lebih mudah dalam penggunaannya. Pada pergeseran sedang hingga besar, $1\sigma - 2,5\sigma$, peta kontrol Shewhart bekerja lebih baik dari peta kontrol Cusum, namun memang peta kontrol EWMA dengan parameter $L = 2,615$ dan $\lambda = 0,05$, yang bekerja lebih baik di berbagai nilai pergeseran.

Kata Kunci : Shewhart, Cusum, EWMA, ARL, Data subgroup besar, Pergeseran nilai rata-rata

PERFORMANCE COMPARISON OF SHEWHART, CUSUM AND EWMA CONTROL CHART IN DETECTING PROCESS SHIFT WITH LARGE SUBGRUP DATA

NURRAHMI DANIA UTAMI

NRP : 143010063

ABSTRACT

Control chart is a tool to routinely monitor quality. Control charts, also known as Shewhart chart. But the Shewhart chart relatively insensitive to small shifts in the process. To overcome that thing, EWMA and Cusum charts can be more effective than Shewhart chart. They both attempt to incorporate information from the entire set of points into the decision procedure, so they can detect small shift as early as possible.

EWMA and Cusum chart particularly effective with sample of $n = 1$. However, not all industries use that subgroup size. The objective of this research is to verify when Shewhart, Cusum, and EWMA control charts do the best control region when large subgroup data is used. Starting from the data of a productive process and several series shifting data were simulated. The productive process data must come from controlled data, then the performance of control charts can be evaluated by using the ARL of each chart. From the ARL, we can know the expected number of samples needed for the first value is not detected from each control chart.

From the results, it is shown that EWMA control chart have better detection performance at various values shifts in large subgroup data, than Cusum and Shewhart control charts. But at a small shifts, Cusum chart perform as good as EWMA did. It's just that the EWMA chart is easier to use than Cusum chart. However, when large subgroup data is used, EWMA chart is recommended to monitoring quality with parameters $L = 2.615$ and $\lambda = 0.05$, which work sensitive in various shift values.

Keywords: Shewhart, Cusum, EWMA, ARL, large subgroup data, Shift in mean values

**PERBANDINGAN KINERJA PETA KONTROL
SHEWHART, CUSUM, DAN EWMA DALAM
MENDETEKSI PERGESERAN NILAI RATA-RATA
PROSES PADA DATA SUBGRUP BESAR**

Oleh

Nurrahmi Dania Utami

NRP : 143010063

Menyetujui

Tim Pembimbing

Tanggal

Pembimbing

Penelaah

(Dr. Hj. Arumsari, Ir., M.Sc)

(Dede Kurniasih, Ir., M.T)

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Ir. Toto Ramadhan, MT

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xv
Bab I Pendahuluan	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Perumusan Masalah	3
I.3 Tujuan dan Manfaat Pemecahan Masalah	4
I.4 Pembatasan dan Asumsi	4
I.5 Sistematika Penulisan	5
Bab II Tinjauan Pustaka	1
II.1 Kualitas	1
II.2 Pengendalian Kualitas	3
II.3 Pengendalian Proses Statistik	5
II.3.1 Kesalahan tipe I dan II	7
II.3.2 Peta Kontrol	9
II.3.2.1 Peta Kontrol Shewhart	12
II.3.2.1.1 Peta Kontrol Variabel	12
II.3.2.1.2 Peta Kontrol Atribut	15
II.3.3 Peta Kontrol Alternatif	18
II.3.3.1 <i>Cumulative Sum</i> (Cusum)	19
II.3.3.1.1 Tabular atau Algoritma Cusum	20
II.3.3.1.2 <i>V-mask</i>	21
II.3.3.2 Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)	23

II.3.4 Average Run Length (ARL).....	26
II.4 Ukuran Subgrup Rasional.....	28
II.5 Penelitian Terdahulu.....	28
Bab III Metodologi Penelitian.....	1
III.1 Studi Literatur	1
III.2 Pengumpulan Data	1
III.2.1 Data Populasi	1
III.2.2 Data Pergeseran.....	9
III.3 Pengolahan Data.....	11
III.3.1 Membuat Peta Kontrol Populasi	11
III.3.2 Evaluasi Kinerja Peta Kontrol.....	32
III.3.3 Menarik Kesimpulan Hasil Evaluasi Peta Kontrol	33
III.4 Analisis dan Pembahasan	34
III.5 Kesimpulan dan Saran.....	34
III.6 <i>Flowchart</i> Penelitian	34
Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data	1
IV.1 Pengumpulan Data	1
IV.1.1 Data Populasi	1
IV.1.2 Data Pergeseran	4
IV.2 Pengolahan Data	7
IV.2.1 Pembuatan Peta Kontrol Populasi.....	7
IV.2.2 Evaluasi Kinerja Peta Kontrol	19
IV.2.3 Kesimpulan Hasil Evaluasi Peta Kontrol.....	28
Bab V Analisis dan Pembahasan.....	1
V.1 Analisis Kinerja Peta Kontrol	1
V.2 Analisis Perbandingan Hasil dengan Penelitian Terdahulu	4
Bab VI Kesimpulan dan Saran	1
VI.1 Kesimpulan	1
VI.2 Saran	1
LAMPIRAN.....	xv



Bab I Pendahuluan

Dalam bab I pendahuluan dijelaskan beberapa poin yang diuraikan pada sub bab I.1 latar belakang penelitian, I.2 perumusan masalah, I.3 tujuan dan manfaat penelitian, I.4 pembatasan dan asumsi, serta I.5 sistematika penulisan laporan.

I.1 Latar Belakang

Kualitas merupakan salah satu hal yang mendasari keputusan konsumen dalam memilih produk. Keputusan konsumen sangat berpengaruh terhadap kemampuan produsen untuk dapat bertahan menghadapi persaingan yang ada. Hal tersebutlah yang menjadikan upaya pengendalian kualitas produk penting untuk dilaksanakan.

Pengendalian kualitas merupakan kegiatan operasional yang dilakukan perusahaan untuk menjaga kualitas produk (Montgomery, 2009). Terdapat dua cara dalam melakukan pengendalian kualitas, yaitu pengendalian proses statistik dan sampling penerimaan. Pengendalian proses statistik adalah cara yang digunakan untuk mengontrol variasi yang terjadi selama proses produksi. Dalam melakukan pengendalian tersebut, dikenal sebuah alat yang dinamakan peta kontrol. Peta kontrol berfungsi untuk mendeteksi ada tidaknya variasi yang tidak biasa terjadi didalam proses. Variasi secara alami melekat dalam proses, namun karena nilai nya yang kecil, seringkali variasi diabaikan karena umumnya tidak berdampak buruk terhadap produk. Variasi dalam proses tersebut disebabkan oleh penyebab umum. Sedangkan, timbulnya variasi yang tidak berasal dari proses disebabkan oleh penyebab khusus yang jika berlebihan akan mengakibatkan ketidaksesuaian dalam produk. Dalam melakukan penilaian terhadap variasi yang terdeteksi oleh peta kontrol, penyebab umum biasanya menghasilkan kesimpulan bahwa proses terkendali. Namun, ketika peta kontrol mendeteksi variasi yang timbul oleh penyebab khusus, kita tidak dapat langsung menyimpulkan bahwa proses tidak terkendali, karena ada indikasi bahwa mungkin proses telah berubah.

Peta kontrol pertama kali digagas oleh Walter A. Shewhart pada tahun 1924, atau yang dikenal dengan peta kontrol Shewhart. Peta kontrol Shewhart dapat mengontrol proses dengan data atribut maupun variabel. Dalam melakukan pengendalian proses, peta kontrol Shewhart hanya menggunakan informasi dari

nilai data akhir, dan mengabaikan informasi lain yang terdapat dalam keseluruhan data. Hal tersebut menyebabkan peta kontrol Shewhart kurang sensitif dalam mendeteksi pergeseran proses yang kecil, atau dibawah $1,5\sigma$ (Montgomery, 2009). Kejadian tersebut dapat dikatakan sebagai telat deteksi, yang mengakibatkan kegagalan dalam pengendalian. Untuk mengatasi kelemahan peta kontrol Shewhart, dikembangkanlah peta kontrol alternatif yang dinilai lebih efektif dalam mendeteksi pergeseran proses yang kecil. Peta kontrol tersebut yaitu peta kontrol *Cumulative-Sum* (Cusum), peta kontrol *Exponentially Weighted Moving-Average* (EWMA), peta kontrol *Moving Average* (MA), dan teknik peta kontrol lain seperti peta kontrol *Modified* dan *Acceptance*. Peta kontrol tersebut dikatakan juga sebagai peta kontrol dengan prosedur khusus (Banks,1989). Dari beberapa alternatif yang ada, peta kontrol Cusum dan EWMA yang dinilai lebih cocok dalam menanggulangi kelemahan peta kontrol Shewhart dalam mendeteksi pergeseran proses yang kecil (Montgomery, 2009). Peta kontrol Cusum bekerja dengan memonitor rata-rata proses menggunakan penjumlahan kumulatif data. Sedangkan peta kontrol EWMA bekerja hampir sama dengan peta kontrol Cusum, tetapi lebih mudah dalam penggunaannya (Banks, 1989).

Dari pernyataan perbandingan peta kontrol, banyak peneliti yang ingin mengetahui lebih lanjut terhadap perbandingan tersebut. Nenes, dkk (2006) berpendapat bahwa peta kontrol Cusum lebih baik dibandingkan dengan peta kontrol Shewhart pada keadaan ukuran sampel $n=1$ atau ukuran sampel kecil. Koshti (2011) berpendapat bahwa peta kontrol Cusum lebih baik dalam mendeteksi pergeseran nilai rata-rata kecil dibandingkan peta kontrol Shewhart pada ukuran $n=30$. Shella (2015) berpendapat bahwa peta kontrol EWMA lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran rata-rata yang kecil dibandingkan peta kontrol Shewhart pada ukuran $n=50$. Semakin kecil nilai parameter bobot yang digunakan, peta kontrol EWMA akan semakin sensitif. Hawkins berpendapat Cusum lebih baik dari EWMA ketika pergeseran besar, namun EWMA lebih baik pada pergeseran kecil dengan ukuran $n=1$. Selain itu EWMA lebih mudah dalam penggunaannya. Dan Hidayah (2010) berpendapat bahwa kinerja peta kontrol EWMA lebih baik dan dibandingkan peta kontrol Cusum pada kondisi tertentu pada ukuran $n=1$.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan diatas, peta kontrol Shewhart dinilai kurang sensitif dalam mendeteksi pergeseran proses yang kecil, atau dibawah $1,5\sigma$ (Montgomery, 2009). Hal tersebut dapat diatasi dengan menggunakan peta kontrol alternatif, yaitu Cusum dan EWMA (Banks, 1989). Dari pernyataan tersebut, banyak peneliti yang melakukan perbandingan terhadap kinerja peta kontrol, khusus nya untuk mengetahui daerah pendeteksian terbaik dari ketiga peta kontrol secara spesifik. Beranjak dari penelitian Hidayah (2010), peta kontrol EWMA dinilai lebih baik dibandingkan Cusum pada kondisi tertentu, yaitu pada pergeseran rata-rata antara $1,0\sigma$ sampai $1,5\sigma$, peta kontrol Cusum dapat mendeteksi lebih baik dibandingkan peta kontrol EWMA. Sedangkan pada pergeseran rata-rata kurang dari $1,0\sigma$ peta kontrol EWMA dapat melakukan pendeteksian lebih baik daripada Cusum. Sayangnya penelitian tersebut dilakukan menggunakan asumsi data berdistribusi normal dengan ukuran sampel $n=1$.

Ukuran $n=1$ merupakan ukuran sampel yang digunakan pada industri dengan siklus produksi lama. Faktor mahal nya biaya kualitaslah yang menjadi alasan pengambilan ukuran sampel tersebut. Salah satu contohnya, seperti industri pesawat terbang. Namun kenyataannya, tidak semua industri menggunakan ukuran sampel $n=1$. Hal tersebut dikarenakan ukuran $n=1$ kurang mewakili variasi yang terdapat dalam proses (Montgomery, 2009).

Kondisi tertentu yang dinyatakan Hidayah (2010), tentu menimbulkan pertanyaan tentang pengaruh penggunaan ukuran sampel $n=1$ terhadap kondisi tertentu yang ditampilkan peta kontrol Cusum dan EWMA. Berdasarkan pernyataan tersebut, maka dirasa perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh penggunaan ukuran $n>1$ menggunakan asumsi data berdistribusi normal terhadap kinerja peta kontrol Shewhart, Cusum, dan EWMA dalam mendeteksi pergeseran nilai rata-rata proses yang dinilai besar hingga kecil. Peta kontrol Shewhart yang dinilai efektif mendeteksi pada pergeseran proses $1,5\sigma$ sampai $2,0\sigma$ (Montgomery, 2009). Sementara peta kontrol Cusum dinilai baik dalam melakukan pendeteksian pada pergeseran $1,0\sigma$ sampai $1,5\sigma$, dan peta control EWMA yang baik dalam melakukan pendeteksian pergeseran kurang dari $1,0\sigma$ (Hidayah, 2010).

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah kinerja peta kontrol Cusum lebih baik dari Shewhart, apabila ukuran subgrup $n > 1$?
2. Apakah kinerja peta kontrol EWMA lebih baik dari Shewhart, apabila ukuran subgrup $n > 1$?
3. Apakah kinerja peta kontrol Cusum lebih baik dari EWMA, apabila ukuran subgrup $n > 1$?
4. Bagaimana perbandingan kinerja peta kontrol Shewhart, Cusum, dan EWMA, apabila ukuran subgrup $n > 1$?

I.3 Tujuan dan Manfaat Pemecahan Masalah

Dari permasalahan diatas, maka tujuan dari pemecahan masalah ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbandingan kinerja peta kontrol Cusum dengan Shewhart apabila ukuran subgrup $n > 1$.
2. Mengetahui perbandingan kinerja peta kontrol EWMA dengan Shewhart apabila ukuran subgrup $n > 1$.
3. Mengetahui perbandingan kinerja peta kontrol Cusum dengan EWMA apabila ukuran subgrup $n > 1$.
4. Mengetahui perbandingan kinerja peta kontrol Shewhart, Cusum, dan EWMA apabila ukuran subgrup $n > 1$.

Dan manfaat yang didapat dari pemecahan masalah yaitu memberikan pedoman umum pemilihan peta kontrol yang baik untuk digunakan dalam mengendalikan kualitas pada berbagai tingkat pergeseran nilai rata-rata proses.

I.4 Pembatasan dan Asumsi

Agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu luas, maka digunakan batasan dan asumsi penelitian, yaitu permasalahan dibatasi dengan data yang digunakan merupakan data simulasi yang dibangkitkan dengan distribusi Normal. Dengan parameter nilai $\mu = 135,588$ dan $\sigma = 1,94$ yang diambil dari penelitian Hidayah (2010). Data yang dibangkitkan menggunakan ukuran $n = 10$ dan pergeseran

nilai rata-rata yang ditetapkan dari $2,5\sigma$ hingga $0,5\sigma$. Data tersebut diasumsikan data hasil proses inspeksi tingkat keputihan (*Whiteness*) kertas HVS 50 Gsm yang diambil dari laboratorium PT. Kertas Leces (Persero) yang diambil dari penelitian Hidayah (2010).

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir disesuaikan dengan sistematika penulisan Laporan Tugas Akhir untuk penelitian, yang terdiri dari enam bab dengan penjelasan uraian sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab I berisikan penjelasan latar belakang dan deskripsi topik peta kontrol Shewhart dan peta kontrol alternatif Cusum dan EWMA. Peta kontrol alternatif dinilai dapat menggantikan peta kontrol Shewhart dalam mendeteksi pergeseran nilai rata-rata proses kecil dengan lebih cepat. Hal tersebut menimbulkan pertanyaan baru yang dijadikan sebagai permasalahan yang ingin dipecahkan dalam penelitian ini. Perincian permasalahan kemudian dipaparkan dalam perumusan masalah, tujuan dan manfaat, asumsi dan pembatasan masalah. Dan sistematika penulisan pada masing-masing bab laporan Tugas Akhir dilampirkan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab II berisikan uraian sumber literatur tentang kualitas, pengendalian kualitas, *statistical process control*, peta kontrol Shewhart serta peta kontrol alternatif Cusum dan EWMA. Dan pemaparan dari hasil penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai referensi dan dituliskan dalam tinjauan pustaka pembuatan Tugas Akhir.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab III berisikan metodologi penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dengan rancangan penelitian yang dimulai dari pembangkitan seri data berdistribusi normal dengan $n > 1$. Yang akan diolah menggunakan peta kontrol Shewhart, Cusum, dan EWMA, kemudian dilakukan analisa perbandingan terhadap kinerja kedua peta kontrol yang diukur menggunakan nilai ARL.

Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

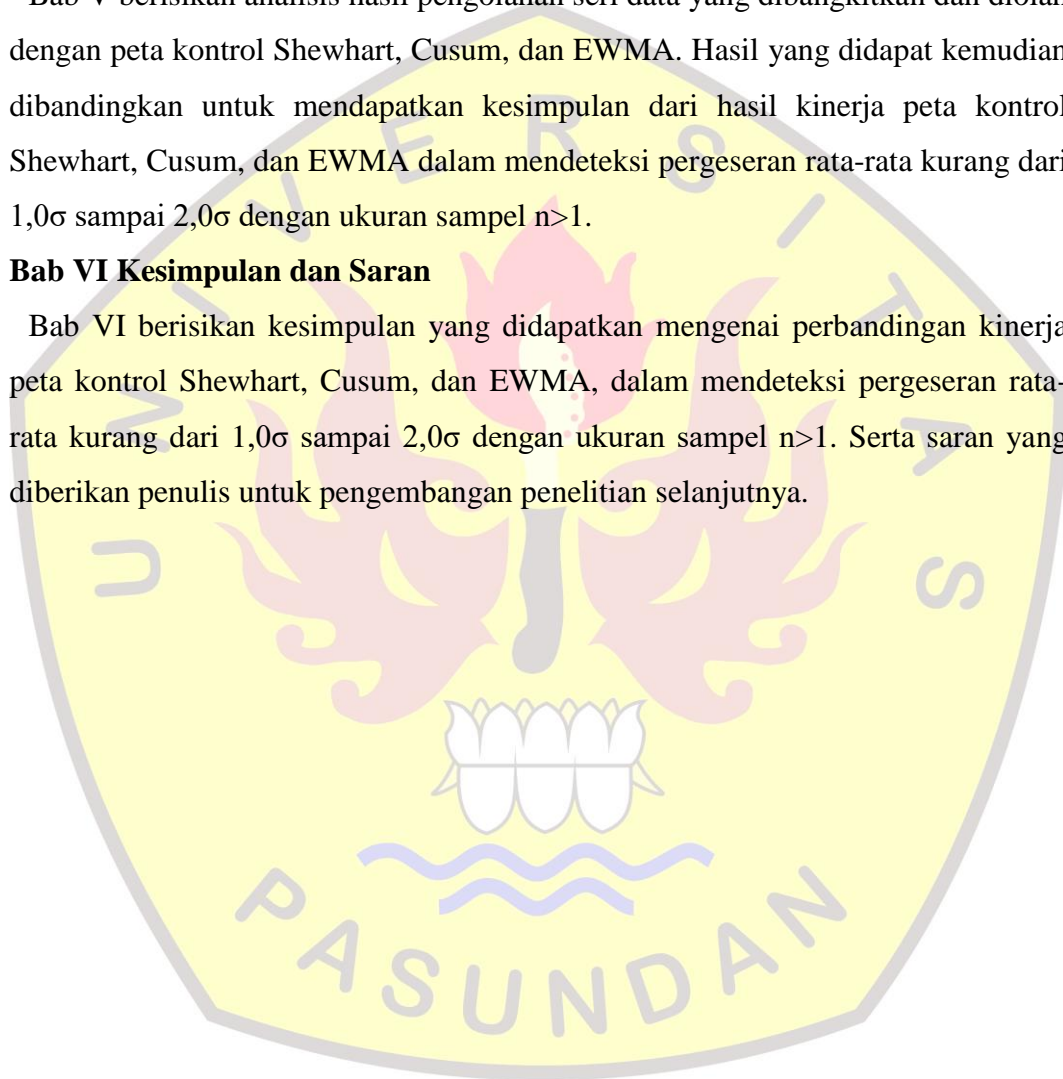
Bab IV berisikan pengumpulan dan pengolahan seri data $n > 1$ berdistribusi normal yang telah dibangkitkan pada bab sebelumnya untuk selanjutnya dilakukan pengolahan menggunakan peta kontrol Shewhart, Cusum, dan EWMA disertai pembahasan dari hasil yang didapat.

Bab V Analisis dan Pembahasan

Bab V berisikan analisis hasil pengolahan seri data yang dibangkitkan dan diolah dengan peta kontrol Shewhart, Cusum, dan EWMA. Hasil yang didapat kemudian dibandingkan untuk mendapatkan kesimpulan dari hasil kinerja peta kontrol Shewhart, Cusum, dan EWMA dalam mendeteksi pergeseran rata-rata kurang dari $1,0\sigma$ sampai $2,0\sigma$ dengan ukuran sampel $n > 1$.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Bab VI berisikan kesimpulan yang didapatkan mengenai perbandingan kinerja peta kontrol Shewhart, Cusum, dan EWMA, dalam mendeteksi pergeseran rata-rata kurang dari $1,0\sigma$ sampai $2,0\sigma$ dengan ukuran sampel $n > 1$. Serta saran yang diberikan penulis untuk pengembangan penelitian selanjutnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A., Riaz, M., & Arden, M. (2012). Enhancing The Performance of Cusum Scale Chart. *Computers and Industrial Engineering*, 63, 400-409.
- Assauri, S. (1993). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta, Indonesia: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Banks, J. (1989). *Principles Of Quality Control*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Barnard, G. (1959). Control Charts and Stochastic Processes. *Journal of Royal Statistical Society*, 21, 239-271.
- Chen, A., & Chen, Y. K. (2007). Design of EWMA & CUSUM Control Charts Subject to Random Shift Sizes and Quality Impacts. *IIE Transactions*, 39, 1127-1141.
- Crosby, P. (1989). *Let's Talk Quality*. New York, United States of America: McGraw-Hill.
- Deming, W. (1982). *Quality, Productivity, and Competitive Position*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Center for Advanced Engineering Study.
- Feigenbaum. (1996). *Kendali Mutu Terpadu*. (T. H. Kandahjaya, Penerj.) Jakarta: Erlangga.
- Garvin, D. (1984). *What Does "Product Quality" Really Mean*. MIT Sloan Management Review.
- Gaspersz, V. (2001). *Metode Analisis Untuk Peningkatan Kualitas*. Jakarta, Indonesia: Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama Jakarta.

Grant, E., & Leavenworth, R. (1996). *Statistical Quality Control* (7th Edition ed.). Singapore: McGraw Hill.

Hawkins, D., & Wu, Q. (2014). The Cusum and The EWMA Head to Head. *Quality Engineering*, 26:2, 215-222.

Heizer, J., & Render, B. (2006). *Manajemen Operasi* (Edisi 7 ed.). Jakarta, Indonesia: Salemba Empat.

Hidayah, N. (2010). Kajian Perbandingan Kinerja Grafik Pengendali Cumulative Sum (Cusum) dan Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) Dalam Mendeteksi Pergeseran Rata-Rata Proses. *ITS*, 1-9.

Hunter, J. S. (1986). The Exponentially Weighted Moving Average. *Journal of Quality Technology*, 18 (4), 203-210.

Juran, J., & Godfrey, A. (1999). *Juran's Quality Handbook* (5th Edition ed.). (R. Hoogstoel, & E. Schilling, Penyunt.) New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

Kalgonda, A., Koshti, V., & Ashokan, K. V. (2010). Exponentially Weighted Moving Average Control Chart. *Asian Journal of Management Research*, 2229-3795.

Kattan, M. (1993). Statistical Process Control in Ship Production. *Quality Forum*, 19(2), 88-92.

Kho, B. (2016, November 15). *Jenis-Jenis Control Chart (Peta Kendali) dan Rumus-Rumusnya*. Dipetik April 8, 2018, dari Ilmu Manajemen Industri: <https://ilmumanajemenindustri.com/jenis-jenis-control-chart-peta-kendali-rumus-control-chart/>

- Koshti, V. (2011). Cumulative Sum Control Chart. *International Journal of Physics and Mathematical Sciences*, 1 (1) , 28-32.
- Lim, S. (2015, Agustus 15). *Cumulative Sum Control Chart*. Dipetik April 8, 2018, dari Utar Edu: <http://staff.utar.edu.my/limsk/Consultancy/Cumulative%20Sum%20Control%20chart.pdf>
- Lucas, J.,&Saccucci,M. (1990). Exponentially Weighted Moving Average Control Schemes. *Properties and Enhancements Technometrics*, 32(1), 1-12.
- Montgomery, D. (2009). *Statistical Quality Control* (6th Edition ed.). (S. Dumas, Penyunt.) Jefferson, United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Nenes, G., & Tagaras, G. (2008). An Economic Comparison of Cusum and Shewhart Charts. *IIE Transactions*, 40, 133-146.
- Shella, C. (2015, Juni 1). *Electronic Theses and Dissertations UNSYIAH-Baca Tugas Akhir*. Dipetik April 8, 2018, dari ETD Unsyiah Online Theses and Dissertations Universitas Syiah Kuala: <http://etd.unsyiah.ac.id/baca/index.php?id=14765&page=1>
- Siegmund, D. (1985). *Sequential Analysis: Test and confidence Interval*. New York: Springer Series in Statistics.
- Stroch, R. (2002). *Accuracy Control Implementation Manual*. (NSRP, Penyunt.) North-Holland: Shipyard Production Process Technologies Panel.
- Vargas, V. (2004). Comparative Study of The Performace of The CuSum and EWMA Control Charts. *Computers & Industrial Engineering*, 46, 707-724.

Wawolumaja, R., & Muis, R. (2013). *Pengendalian dan Penjaminan Kualitas*.
Teknik Industri. Bandung: Universitas Kristen Maranatha.

