**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIK GULA RAFINASI DENGAN PETA KENDALI MULTIVARIAT T-*SQUARE***

Efita Erianti

*Mahasiswa Program Studi Matematika-FST, UINAM,* efita.erianti@gmail.com

Irwan

*Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar,* *Irwan.msi@uin-alauddin.ac.id*

Muh. Irwan

*Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, muhirwan@uin-alauddin.ac.id*

**ABSTRACT**, Sugar is a simple carbohydrate that is a source of energy. Sugar consumption in each country are different from Indonesia. Demand for sugar in Indonesia is always changing and increasing along with increasing of the population in Indonesia. If sugar consumption in Indonesia is Increasing, Sugar Production have to be increased. Of course, the company have to guarantee the quality of sugar. There are several factors that affect the quality of sugar. So, the company must always check the quality of sugar to be producted by considering these factors. Therefore, this research used multivariate T2 control chart method. This study aims to determine whether refined sugar products have been statistically controlled using multivariate T-Square control chart. The method used is the Statistical Quality Control method with multivariate T-Square control chart. The results of the study show that all refined sugar products have been statistically controlled by using multivariate T-Square control chart after making several revisions and can be a reference in the analysis control chart.

**Keywords:** *Refined Sugar, Statistical Quality Control, and Multivariate T-Square Control chart.*

1. **PENDAHULUAN**

Gula merupakan karbohidrat sederhana yang menjadi sumber energi dan komoditi perdagangan utama. Gula digunakan untuk mengubah rasa menjadi manis pada makanan ataupun minuman. Gula juga memiliki manfaat sebagai sumber kalori bagi masyarakat selain dari beras, jagung dan umbi-umbian sehingga gula digunakan sebagai bahan makanan pokok. Kebutuhan akan gula dari setiap negara tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan pokok, tetapi gula juga merupakan bahan pemanis utama yang digunakan sebagai bahan baku pada industri makanan dan minuman. Semakin lama permintaan masyarakat akan gula terus meningkat. Hal ini disebabkan karena perkembangan penduduk yang semakin meningkat dan semakin banyaknya industri yang menggunakan gula sebagai bahan baku. Meningkatnya konsumsi masyarakat akan gula baiknya disertai dengan meningkatnya produksi gula.

Menurut Catur Sugianto, gula menempati urutan keempat sebagai bahan pangan sumber kalori. Permintaan gula nasional selalu mengalami perubahan dan bahkan mengalami kenaikan seiring dengan jumlah penduduk di Indonesia yang semakin bertambah setiap tahun [1]. Menurut Badan Pusat Statistik, impor gula yang dilakukan oleh Indonesia sebagian besar dalam bentuk bahan baku industri, yaitu berupa *raw* *sugar*. Impor gula rafinasi yang dilakukan Indonesia disebabkan oleh karena tidak tercukupinya bahan baku pada tingkat lokal, khususnya secara kualitas. Pada pelaksanan impor, *raw sugar* yang berasal dari impor hanya dapat diperjualbelikan atau didistribusikan kepada industri dan dilarang diperdagangkan ke pasar di dalam negeri[2].

Salah satu perusahaan yang memproduksi gula di Indonesia yaitu PT Makassar Tene. PT Makassar Tene adalah salah satu perusahaan yang memproduksi gula rafinasi dengan kualitas tinggi. Tentunya, perusahaan ini juga memperhatikan tentang kualitas produk yang dibuat dan membutuhkan analisis pengendalian kualitas statistik agar barang yang diproduksi sesuai dengan apa yang di harapkan. Ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi kualitas gula rafinasi seperti M*ean Aperture Grain Size* (MA), *Coefficient Varians* (CV), warna (*colour*), kadar abu (*ash*), polarisasi, kadar air (*moisture*), *reducing sugar*, dan sedimen. Bermacam-macam langkah untuk perbaikan kualitas harus dilakukan mulai dari segi bahan baku, efisiensi perusahaan dalam mengolah bahan baku, manajemen, proses produksi, dan lain lain. Ada beberapa langkah-langkah yang digunakan untuk menghasilkan, mengolah, serta memisahkan gula. Pertama, bahan baku alami dari tebuakan di olah menjadi bahan baku gula rafinasi yaitu *raw sugar*. Kemudian *raw sugar* tersebut akan di jual ke pabrik pembuatan gula rafinasi. setelah itu, perusahaan pembuat gula rafinasi akan memproses kembali bahan baku dengan melakukan berbagai tahap pemurnian sehingga di hasilkan produk yang dapat dijual ke pabrik-pabrik industri makanan dan minuman[3].

Dengan adanya perbaikan yang harus di lakukan, maka perlu dilakukan analisis yang tepat. Salah satu alat yang bisa digunakan dalam penelitian ini yaitu peta kendali. Menurut Douglas C. Montgomery, peta kendali merupakan salah satu teknik dasar dalam *Statistical Process Control (SPC)* yang tepat untuk digunakan dalam menganalisis permasalahan kualitas. Peta kendali mempermudah perusahaan yang ingin membuat grafik yang mudah dibaca memiliki garis berupa *Center Line* (CL) serta *Upper and Lower Control* (UCL dab LCL)[4]. Peta kendali berupa grafik yang dapat membantu dalam mengontrol suatu proses dan mempermudah dalam mengidentifikasi titik atau proses yang berada di luat batas kendali tanpa menggunakan analisis statistik yang lebih rumit[5]. Lachman L, Dkk juga berpendapat bahwa peta kendali juga disebut sebagai *Strewhart Chart* atau *Process-behavior charts*. Di dalam *Statistical Process Control* (SPC), peta kendali dikenal sebagai suatu alat yang digunakan untuk menentukan apakah pembuatan takaran dari industry farmasi terkontrol secara statistik atau tidak. Peta kendali merupakan “*Trend Chart*” yang mempunyai dua garis yaitu batas kontrol atas dan batas control bawah yang digambarkan di atas dan di bawah garis rata-rata proses[6].

Banyak karakteristik kualitas tidak dapat dengan mudah dinyatakan secara numerik. Oleh karena itu, biasanya setiap karateristik yang diperiksa akan diklasifikasikan pada beberapa bagian dari kualitas produksi tersebut. Peta Kendali *T-Square* (T2) biasa juga disebut peta kendali multivariat. digunakan untuk hal-hal yang berhubungan dengan pengendalian kualitas proses dengan menggunakan lebih dari satu karateristik, misalnya akan mengukur besar ukuran gula dan warna gula rafinasi yang berperan penting dalam kualitas produk karena besarnya ukuran dan warna gula akan mempengaruhi kualitas gula yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI).

Penelitian yang berkaitan dengan diagram kontrol *multivariate* untuk data yang berautokorelasi pernah dilakukan oleh Pan & Jarret[7]. Analisis multivariat merupakan pendekatan untuk menemukan solusi dalam permasalahan statistik yang memiliki banyak variabel. Analisis Multivariat sangat membantu dalam mereduksi ke data univariat. Dalam statistik, metode multivariat T2 atau yang biasa disebut uji Hotteling digunakan dalam uji hipotesis multivariate[8].

Penelitian tersebut membahas diagram kontrol VAR untuk pengendalian proses multivariat dari data yang berkorelasi. Penelitian lain dilakukan oleh Psarakis & Papaleonida[9] yang membahas tentang prosedur pengendalian kualitas statistik untuk memonitoring proses apabila ditemukan kasus autokorelasi. Selain itu, Lailatus Sholiha dan Achmad Syaichu juga melakukan penelitian tentang pengendalian kualitas Gula Kristal Putih dengan menggunakan metode *seven tools* yang dapatmengidentifikasi permasalahan dan mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya kecacatan serta akar penyebab permasalahan agar didapatkan solusi untuk perbaikan kualitas produk Gula Kristal Putih[10]. Rohihtha Goonatilake menggunakan pengendalian kualitas statistik untuk penelitian dengan judul “*Statistikal Quality Control Approach to Network Intrusion Detection*”. Penelitian tersebut memberikan hasil yang sangat membantu dalam mendeteksi gangguan jaringan sehingga bisa dijadikan sebagai perlindungan publik, privasi, dan untuk menangkap pelanggar hukum[11].

Borde Vukelic menggunakan pengendalian kualitas statistik untuk meneliti topik yang berjudul “*Development of a System for Statistikal Quality Control of Production Process*”. Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa metode statistik yang digunakan.untuk mengevaluasi hasil analisis dari proses produksi yang bisa disebut sebagai dasar untuk melakukan tindakan pencegahan dan perbaikan yang memadai untuk meningkatkan kualitas produksi barang[12]. Hasil yang diperoleh dari penelitian E.C. Okorie menyatakan bahwa metode pengendalian kualitas statistik yang digunakan menjelaskan bahwa komponen-komponen produksi bir yang lebih besar dalam kondisi yang baik dan tidak ada variasi selama proses produksi. Tetapi, bagan S-Chart dan Xbar-Chart menghasilkan 3 titik dari setiap grafik yang melewati batas kendali bawah. hal ini menunjukkan bahwa unit *Quality Control* dalam perusahaan tidak boleh menyerah dalam melakukan analisis kualitas produk karena meningkatkan kualitas produk akan menjadi cara untuk bersaing dengan perusahaan lain[13].

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk meneliti tentang “Analisis Pengendalian Kualitas Statistik Gula Rafinasi dengan Peta Kendali Multivariat T-*Square* (Studi Kasus : PT. Makassar Tene)”.

1. **TINJAUAN PUSTAKA**

**Pengendalian Kualitas Statistik**

Kualitas biasanya diartikan sebagai kesesuaian dengan standar dan persyaratan, atau dengan kata lain, level yang menyatakan hingga sejauh mana sebuah produk atau pelayanan “memenuhi” (mengikuti) spesifikasi desainnya[14]. Pengendalian kualitas statistik merupakan teknik statistika yang diperlukan untuk menjamin dan meningkatkan kualitas produk. Sebagian besar teknik pengendalian kualitas statistik yang digunakan sekarang telah dikembangkan sebelumnya[15]. Menurut Wodall, pengandalian kualitas mencakup pemeriksaan roduk, pelayanan, atau proses untuk kualitas minimum tertentu sehingga mengidentifikasi produk yang tidak memenuhi standar kualitas yang dibutuhkan. Jika ada masalah, maka tim *Quality Control* harus mengambil tindakan mungkin menghentikan produksi sementara tergantung pada pelayanan atau produk tertentu kemudian mengidentifikasi penyebab sehingga masalah dapat diperbaiki. Setelah masalah tersebut di aatasi, layanan atau produk akan beroperasi dengan normal[16].

**Tujuan Pengendalian Kualitas Statistik**

Tujuan pengendalian kualitas statistik yaitu Untuk meningkatkan kualitas atau mengurangi biaya produksi, menjaga kualitas agar lebih uniform, mengurangi rework dan pembuangan, memperbaiki dan meningkatkan hubungan produsen dengan konsumen serta agar spesifikasi menjadi lebih baik[17].

**Peta Kendali Multivariat T-*Square***

Peta kendali *T-square* biasa juga disebut peta kendali Multivariat merupakan peta kendali yang digunakan untuk memonitor lebih dari satu karakteristik kualitas. Peta kendali paling efektif digunakan ketika digunakan dalam proses yang sifatnya berulang-ulang seperti pada industri dimana peta kendali sangat penting untuk sebuah organisasi/perusahaan produksi yang datanya bisa didapatkan. Ada 2 macam peta kendali yaitu: peta kendali atribut dan peta kendali variabel[18].

Pengendalian kualitas tersebut saat ini sangat penting karena prosedur pemeriksaan otomatis membuat relatif mudah untuk mengukur banyak parameter pada tiap unit produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, karateristik kualitas yang diukur seharusnya berada dalam batas pengendali statistik *(in statistical control)* untuk mengetahui proses tersebut telah berada dalam batas pengendali statistika[19].

Penelitian Mostajeran menyatakan bahwa algoritma boostrap yang digunakan untuk mendapatkan peta kendali menggunakan pengamatan dengan distribusi yang tidak diketahui. Sedangkan distribusi tidak normal, metode Phaladigaton dapat digunakan untuk menentukan batas peta kendali T2. Metode ini cocok digunakan untuk ukuran sampel m=1000. Selain itu, metode ini juga lebih mudah digunakan untuk menanamkan hasil simulasi grafik kendali.[20]

Penelitian lain, Liu dan Tang (1996) menyarankan sebuah peta kendali yang dapat memantau penelitian *dependent* dan *independent*. Metode ini degiunakan untuk memonitoring berbagai proses pengendalian kualitas yang saling bersambungan secara terus menerus.[21]

Prosedur peta kendali T2 memerlukan perhitungan mean sampel bagi masing-masing *p* karateristik kualitas dari sampel berukuran *n*. Himpunan karateristik kualitas ini disajikan dengan vektor *p x1*.

 (2.1)

Statistik penguji yang digambarkan pada grafik pengendali bagi masing-masing sampel adalah

 (2.2)

Grafik pengendali mempunyai batas pengendali atas kita dapat memperoleh titik presentase T2 dari titik prentase distribusi *F* melalui hubungan

 (2.3)

Biasanya perlu menaksir *x* dan S dari analisa sampel pendahuluan berelemen *n*, yang diambil ketika proses dianggap terkendali. Misalkan tersedia *m* sampel semacam itu. *Mean* dan variansi sampel dihitung dari tiap sampel sebagai berikut:

 (2.4)

 (2.5)

Dimana xjkadalah Observasi ke-*i* pada karateristik kualitas ke-*j* dalam sampel ke-*k*. Kovariansi antara karateristik kualitas *j* dan karateristik kualitas *h* dalam sampel ke-*k* adalah

(2.6)

Kemudian statistik dirata-ratakan meliputi seluruh *m* sampel untuk memperoleh

 (2.7)

 (2.8)

 (2.9)

Dimana adalah elemen vektor , dan matriks kovariansi *p x p*. sehingga S berbentuk[22]:

 (2.10)

1. **METODOLOGI**

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari PT. Makassar Tene. Data yang digunakan merupakan data kuantitatif yang bersumber dari laboratorium kimia PT. Makassar Tene. Penilitian ini mengunakan beberapa variabel yang berupa karakteristik yaitu *Mean Apperture Grain Size* (MA) atau rata-rata ukuran gula rafinasi yang dinyatakan dengan mm dan *Colour* (warna) atau besaran tingkat warna gula rafinasi yang dinyatakan dengan IU (*International Unit*).

**Prosedur Analisis**

1. Menentukan rata-rata sampel data MA dan warna (*colour*) produk gula rafinasi.
2. Menganalisis rata-rata sampel dengan menggunakan peta kendali .
3. Menentukan variansi data MA dan warna (*colour*) produk gula rafinasi.
4. Menghitung nilai *T-square* (T2).
5. Menetukan UCL dan LCL peta kendali.
6. Mengetahui proses pengendalian kualitas MA dan warna (*colour*) di PT. Makassar Tene berada dalam situasi terkontrol atau tidak dengan menggunakan peta kendali *T-Square* (T2).
7. **PEMBAHASAN**

**Data**

Data ini diperoleh dari PT. Makassar Tene. Data yang digunakan merupakan data kuantitatif yang bersumber dari laboratorium kimia PT. Makassar Tene pada Bulan Januari - Februari 2019.

**Tabel 1.** Data untuk Nilai Rata-rata, Variansi, dan Kovariansi.

| **No** | **Rata-rata** | **Variansi** | ***S12k*** |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| **1** | 39,86 | 1,14 | 21,59 | 0,004 | 0,27 |
| **2** | 41,24 | 1,11 | 7,39 | 0,002 | -0,06 |
| **3** | 43,11 | 1,12 | 4,26 | 0,004 | 0,00 |
| **4** | 39,14 | 1,15 | 8,86 | 0,003 | -0,01 |
| **5** | 39,47 | 1,12 | 2,86 | 0,003 | -0,03 |
| **6** | 37,94 | 1,17 | 9,16 | 0,004 | 0,00 |
| **7** | 41,53 | 1,13 | 9,38 | 0,003 | -0,07 |
| **8** | 53,39 | 1,12 | 104,43 | 0,001 | -0,01 |
| **9** | 50,41 | 1,10 | 36,92 | 0,006 | 0,15 |
| **10** | 43.92 | 1.09 | 26.99 | 0.004 | 0.29 |
| **11** | 40,97 | 1,13 | 9,63 | 0,002 | -0,04 |
| **12** | 39,96 | 1,14 | 4,00 | 0,006 | -0,13 |
| **13** | 40,08 | 1,17 | 8,40 | 0,003 | 0,12 |
| **14** | 48,00 | 1,22 | 10,89 | 0,009 | 0,02 |
| **15** | 39,42 | 1,10 | 9,47 | 0,004 | 0,00 |
| **16** | 41,99 | 1,09 | 5,79 | 0,002 | -0,07 |
| **17** | 42,72 | 1,06 | 2,27 | 0,004 | -0,01 |
| **18** | 43,19 | 1,13 | 13,21 | 0,003 | -0,12 |
| **19** | 41,67 | 1,15 | 5,51 | 0,000 | -0,01 |
| **20** | 43,10 | 1,11 | 10,23 | 0,003 | -0,02 |
| **21** | 43,93 | 1,06 | 0,41 | 0,001 | 0,00 |
| **22** | 41,15 | 1,14 | 17,98 | 0,001 | 0,06 |
| **23** | 46,49 | 1,10 | 24,83 | 0,004 | 0,01 |
| **24** | 38,06 | 1,20 | 17,32 | 0,004 | -0,09 |
| **25** | 39,34 | 1,13 | 12,02 | 0,003 | -0,09 |
| **26** | 41,48 | 1,15 | 6,85 | 0,003 | -0,07 |
| **27** | 39,13 | 1,09 | 8,10 | 0,004 | -0,07 |
| **28** | 40,45 | 1,17 | 6,87 | 0,004 | -0,01 |
| **29** | 36,50 | 1,12 | 14,72 | 0,00 | 0,15 |
| **30** | 41,02 | 1,12 | 12,75 | 0,00 | 0,11 |
| **Jumlah** | 1258,64 | 33,80 | 433,10 | 0,10 | 0,27 |
| **Rerata** | 41,95 | 1,13 | 14,44 | 0,00 | 0,01 |

*Sumber data: PT. Makassar Tene Bulan Januari 2019*

**Menentukan Nilai T-*Square***

Nilai T-*Square* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.2. Untuk nilai variansi sampel pertama pada produk R1 Kasar gula rafinasi yaitu:

2,42

dan seterusnya dihitung nilai T-*Square* hingga sampel ke tiga puluh pada produk R1 Kasar gula rafinasi yaitu:

0,43.

Adapun nilai *T-Square* lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2. berikut ini :

**Tabel 2.** Data Peta Kendali *T-Square*

| **Sampel** | **R1 Kasar** | **Sampel** | **R1 Kasar** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2,42 | 16 | 1,98 |
| 2 | 0,78 | 17 | 8,30 |
| 3 | 0,70 | 18 | 0,64 |
| 4 | 4,60 | 19 | 0,90 |
| 5 | 2,74 | 20 | 1,43 |
| 6 | 10,50 | 21 | 11,12 |
| 7 | 0,08 | 22 | 0,62 |
| 8 | 54,63 | 23 | 9,94 |
| 9 | 32,16 | 24 | 15,32 |
| 10 | 4,63 | 25 | 2,89 |
| 11 | 0,42 | 26 | 1,10 |
| 12 | 2,03 | 27 | 6,16 |
| 13 | 4,76 | 28 | 3,96 |
| 14 | 29,64 | 29 | 12,37 |
| 15 | 3,51 | 30 | 0,43 |
|  |  |   | 7,69 |

Adapun grafik peta kendali T2 dapat dilihat pada **Gambar 1** dibawah ini:



**Gambar 1.** Peta Kendali T2

Peta kendali di atas menunjukkan bahwa ternyata ada 6 sampel yang melewati batas kendali yaitu pada sampel ke-8, 9, 14, 21, 24 dan 29. Karena peta kendali di atas masih belum terkontrol secara statistik, maka dilakukan revisi lagi agar hasil yang diperoleh dapat menjadi acuan dalam peta kendali analisis. Revisi dilakukan sebanyak 2 kali. Hasil revisi dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



**Gambar 2.** Peta Kendali T2 Revisi

Peta kendali di atas menunjukkan bahwa tidak ada titik yang berada di luar batas pengendali, maka proses tersebut dinyatakan dalam keadaan terkendali secara statistik. Adapun nilai T-Squarenya dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

**Tabel 3.** Nilai T-*Square* R1 Kasar Setelah Revisi

| **Sampel** | **T-*Square*** | **Sampel** | **T-*Square*** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 1,37 | 13 | 2.65 |
| 2 | 0,61 | 14 | 10.18 |
| 3 | 3 | 15 | 3,09 |
| 4 | 3,38 | 16 | 1,31 |
| 5 | 1,54 | 17 | 3,68 |
| 6 | 9,5 | 18 | 0,43 |
| 7 | 0,22 | 19 | 1,65 |
| 8 | 8,38 | 20 | 1,32 |
| 9 | 0,02 | 21 | 5,11 |
| 10 | 1,02 | 22 | 3,41 |
| 11 | 4 | 23 | 0,06 |
| 12 | 2,35 |

**Analisis Kemampuan Proses**

Adapun hasil identifikasi kemampuan proses yang didapatkan dari *colour* produk Gula rafinasiyaitu sebagai berikut.

Jika = 3(3,06)= 9,17, atau jika = 18,35. Jika spesifikasi USL=44,70 dan LSL=37,21, maka nilai rasio kemampuan proses atau *Capability Process* (Cp) yaitu:

Perbandingan kemampuan proses atas (CPU) dan kemampuan proses bawah (CPL) dan nilai indeks kemampuan proses (Cpk) yaitu :

Adapun untuk indeks kemampuan proses yaitu:

Sedangkan identifikasi kemampuan proses yang didapatkan dari *Mean Apperture Grain Size* produk Gula rafinasiyaitu sebagai berikut.

Jika = 3(0,05)= 0,17, atau jika =0,33. Jika spesifikasi USL=1,19 dan LSL=1.06, maka nilai rasio kemampuan proses atau *Capability Process* (Cp) yaitu:

Perbandingan kemampuan proses atas (CPU) dan kemampuan proses bawah (CPL) dan nilai indeks kemampuan proses (Cpk) yaitu :

Adapun untuk indeks kemampuan proses yaitu:

Hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa nilai Cp=CPU=CPL=CPK=0,41. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata yang sesungguhnya sama dengan nilai tengah. Semakin tinggi indeks kemampuan proses, maka semakin sedikit produk yang berada di luar batas spesifikasi yang ditetapkan. Akan tetapi, semua produk menghasilkan nilai <1 yang berarti proses tidak *capable*. Hal ini terjadi karena beberapa faktor seperti faktor mesin, pekerja, dan material yang masih perlu di perbaiki. Sedangkan nilai Cpm menunjukkan kemampuan produk di sekitar nilai target yaitu 0.38 untuk MA dan 0.39 untuk *Colour*.

1. **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa kualitas MA dan *Colour* Gula Rafinasi telah terkendali secara statistik setelah melakukan 2 kali revisi. Oleh karena itu, pihak perusahaan tetap menjaga dan mengontrol produksi agar output yang dihasilkan menjadi lebih baik dan produk dapat bersaing dengan perusahan lain.

1. **DAFTAR PUSTAKA**
2. Sugiyanto, Catur. 2007. *Permintaan Gula di Indonesia*. Yogyakarta: Vol. 8, No. 2.
3. Direktorat Jenderal Perdagangan Luar Negeri. 2007. *Kebijakan Umum di Bidang Impor*. Jakarta: Departemen Perdagangan.
4. Michael Gunderson. 2009. *Determining the Future for Louisiana Sugar Cane Products, Inc.: A Case Study Analyzing Vertical Coordination Options*. Florida: Vol. 2, No. 2.
5. Montgomery C. Douglas. 2009. *Introduction to Statistical Quality Control Sixth Edition*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
6. Abtew, Alubel Mulat, Subhalakshmi Kropi, Yan Hong and Linzi PU. 2018. *Implementation of Statistical Process Control (SPC) in The Sewing Section of Garment Industry for Quality Improvement*. China: Vol. 18, No 2.
7. Pan. X., Jarrett. J., E. 2005. *Vector Autoregression and Monitoring Multivariate Autocorrelated Processes*. Journal of Encouraging Creative Research, College of Business Administration University of Rhode Island.
8. Omekara, Kelechi Chigozie Acha. 2012. *Multivariate Analysis of the Performance of Students* *using Hotelling T2 Statistic*. Nigeria: vol 2 no. 2.
9. Lachman L, [Herbert A. dan Lieberman](https://www.semanticscholar.org/author/Herbert-A.-Lieberman/92141228), [J. Kanig](https://www.semanticscholar.org/author/J.-Kanig/3239563). 1987. *The Theory and Practice of Industrial Pharmacy. 3rd Edition*. Mumbai: Varghese Publishing House.
10. Psarakis, S., Papaleonida, G., E., A. (2007). *SPC Procedures for Monitoring Autocorrelatd Processes*. Journal of Quality Technology & Quantitative Management 4.
11. Sholiha, Lailatus dan Syaichu, Achmad. 2015. *Analisa Pengendalian Kualitas Produk Gula Kristal Putih dengan Metode Seven Tools* Nganjuk: Vol. 13, No. 1.
12. Goonatilake, Rohitta. 2011. *Statistical Quality Control Approaches to Network Intrusion Detection*. Int. J. Network Security and its Application: Vol. 3 No. 6.
13. Vukelic, Borde. 2008. *Development of a System for Statistical Quality Control of The Production Process*. Facta Universities Serie: Vol. 6, No. 1.
14. Okorie, E. C,. 2017. *Statistical Quality Control of The Production Materials in Life Lager Beer*. Nigeria: Vol. 2, No. 1A.
15. McClave,. 2010. *Statistik untuk Bisnis dan Ekonomi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
16. Breyfogle, W Forrest. 2004. *Implementing Six Sigma Smarter Solutions Using Statistical Methods*. Austin TX: A Wiley-Interscience Publication.
17. W.H. Woodall. 2004. *Using control charts to Monitor Process and Product Quality Profiles*. Journal of Quality Technology.
18. Nastiti, Heni. 2013. *Analisis Pengendalian Kualitas Produk dengan Metode Statistical Quality Control (Studi Kasus: pada PT “X” Depok)*. Jakarta: Jurusan Manajemen Fakultas Ekonomi UPN.
19. Shah, Samip. 2010. *Control Chart: A statistical Process Control Tool in Pharmacy*. India: Department of Pharmaceutical Technology, Pioneer Pharmacy Degree College, Vadodara.
20. Wahyuningsih, Nuri dan Pusdikarta, Dwi. 2005. *Analisis Pengendalian Kualitas Multivariate Air Minum (studi kasus di PDAM Gresik)*. Surabaya: Vol. 2, No. 1.
21. Mostajeran, A,. 2016. *A New Bootstrap Based Algorithm for Hotelling’s T2 Multivariate Control Chart*. Islamic Republic of Iran: Vol. 27 No. 3.
22. Liu R. Y. and Tang J. 1996. *Control charts for dependent and independent measurements based on the bootstrap*. Journal of the American Statistical Association.
23. Haryono, Didi dan Irwan. 2015. *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Teoritis dan Praktis)*. Bandung: Alfabeta.