

ANALISIS STABILITAS PROSES WWTP BERDASARKAN COD MENGUNAKAN STATISTICAL QUALITY CONTROL DI PT. A

*Process Stability Analysis of a Wastewater Treatment Plant (WWTP) Based on COD
Using Statistical Quality Control at PT. A*

Verra Syahmer^{1*}, Maryam¹, Wahyu Yasril¹, Hermiza Mardesci²

¹Program Studi Teknik Industri Agro, Politeknik ATI Padang
Jl. Bungo Pasang, Tabing, Padang, Sumatera Barat, 25171, Indonesia

²Magister Ilmu Pertanian, Universitas Lancang Kuning
Jl. Yos Sudarso KM. 8, Umban Sari, Rumbai, Pekanbaru, Riau, 28266, Indonesia

* verra.syahmer@poltekatipdg.ac.id

ABSTRACT

This study aims to analyze the quality control of Chemical Oxygen Demand (COD) levels in the Waste Water Treatment Plant (WWTP) process at PT. A using the Statistical Quality Control (SQC) method. The data used consist of primary data obtained from laboratory testing and secondary data from company records. The analysis was conducted using $\bar{X}$ and R control charts to monitor process stability and fishbone diagrams to identify the root causes of deviations. The results indicate that the COD treatment process still shows variations, suggesting that the process is not fully under statistical control during certain periods. The main contributing factors include human, method, machine, material, and environmental aspects. Therefore, continuous improvement efforts are required to ensure that the wastewater quality meets the established standards.

Keywords: COD, WWTP, Statistical Quality Control, control chart, fishbone

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengendalian kualitas kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada proses pengolahan limbah di *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) PT. A menggunakan metode *Statistical Quality Control* (SQC). Data yang digunakan merupakan data primer hasil pengujian laboratorium serta data sekunder dari perusahaan. Analisis dilakukan menggunakan peta kendali $\bar{X}$ dan R untuk memantau kestabilan proses serta diagram fishbone untuk mengidentifikasi penyebab penyimpangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses pengolahan COD masih mengalami variasi yang mengindikasikan adanya ketidakterkendalian pada beberapa periode. Faktor-faktor penyebab utama berasal dari aspek manusia, metode, mesin, material, dan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan

upaya perbaikan yang berkelanjutan agar kualitas air limbah yang dihasilkan tetap memenuhi standar yang ditetapkan.

Kata Kunci: *COD, WWTP, Statistical Quality Control, peta kendali, fishbone*

PENDAHULUAN

Pengolahan air limbah merupakan salah satu aspek penting dalam kegiatan industri untuk memastikan bahwa limbah yang dibuang ke lingkungan telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Baku mutu air limbah menjadi indikator utama dalam menilai kualitas limbah cair agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan maupun gangguan kesehatan masyarakat. Dalam proses pengolahan air limbah, terdapat beberapa parameter yang harus dikendalikan, seperti Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS), pH, dan kandungan logam berat. Parameter-parameter tersebut mencerminkan tingkat pencemaran limbah cair sehingga pengendaliannya perlu dilakukan secara optimal agar kualitas air hasil pengolahan tetap berada pada batas aman sesuai regulasi yang berlaku (Agustin, 2016).

PT A merupakan perusahaan yang bergerak dalam pengolahan Crude Palm Oil (CPO) menjadi berbagai produk turunan yang dalam proses operasionalnya menghasilkan limbah cair, baik dari kegiatan produksi maupun aktivitas domestik perusahaan. Oleh karena itu, perusahaan memiliki unit pengolahan air limbah atau Waste Water Treatment Plant (WWTP) yang berfungsi untuk mengolah limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Namun, berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, kualitas air pada final tank masih menunjukkan adanya penyimpangan mutu atau belum memenuhi spesifikasi standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

Salah satu parameter yang sering mengalami penyimpangan adalah kadar Chemical Oxygen Demand (COD), dimana batas maksimum yang ditetapkan perusahaan adalah sebesar 100. Data pengamatan pada periode Oktober hingga Desember 2024 menunjukkan bahwa beberapa hasil pengujian COD berada di atas batas tersebut, yaitu pada tanggal 8 dan 19 Oktober, 11, 22, dan 27 November, serta 12 dan 23 Desember 2024. Tingginya kadar COD menunjukkan bahwa kandungan bahan organik dalam limbah cair masih cukup tinggi, sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan perairan apabila tidak dikendalikan secara optimal.

Kondisi ini dapat berdampak pada penurunan kualitas lingkungan, gangguan terhadap ekosistem perairan, serta risiko terhadap kesehatan manusia (Maulinda, 2017). Selain itu, penyimpangan mutu air limbah juga dapat mempengaruhi efektivitas operasional sistem pengolahan limbah dan meningkatkan biaya pengendalian lingkungan perusahaan. Penyimpangan tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya faktor bahan baku, manusia, mesin, serta metode pengolahan yang digunakan dalam sistem WWTP.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu metode pengendalian kualitas yang mampu mengidentifikasi penyebab penyimpangan mutu serta memantau kestabilan proses pengolahan air limbah secara objektif. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah Statistical Quality Control (SQC). Metode SQC merupakan teknik pengendalian kualitas

berbasis statistik yang digunakan untuk memonitor, menganalisis, dan mengendalikan kualitas proses secara sistematis berdasarkan data aktual, sehingga hasil analisis menjadi lebih akurat dan objektif (Irwan dan Haryono, 2015). Metode ini juga berfungsi untuk memantau kestabilan proses, mendeteksi penyimpangan, mengidentifikasi faktor penyebab variasi, serta menentukan tindakan perbaikan yang tepat.

Analisis kemampuan proses melalui pendekatan Statistical Process Control (SPC) menjadi penting untuk mengetahui apakah proses pengolahan limbah telah berjalan dalam kondisi terkendali dan mampu menghasilkan limbah sesuai spesifikasi secara konsisten. Dengan mengetahui tingkat kemampuan proses serta faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas limbah, perusahaan dapat menentukan langkah pengendalian dan optimalisasi proses yang tepat. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses pengolahan, mengurangi terjadinya rework atau sirkulasi ulang, serta menjamin kualitas limbah yang aman untuk dibuang ke lingkungan.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengendalian kualitas air limbah pada final tank di Waste Water Treatment Plant menggunakan metode Statistical Quality Control (SQC) di PT A dengan judul “Analisis Stabilitas Proses WWTP Berdasarkan COD Menggunakan Statistical Quality Control di PT. A”. Tujuan penelitian ini adalah: (1) menganalisis kemampuan proses pengolahan air limbah pada WWTP, khususnya parameter COD, agar proses lebih terkendali dan memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan; serta (2) memberikan rekomendasi perbaikan guna meningkatkan efektivitas dan

efisiensi pengolahan air limbah, sehingga dapat mencegah pencemaran lingkungan dan mendukung kinerja operasional perusahaan.

METODOLOGI PENELITIAN

Sumber Data

Data yang digunakan dalam pengamatan ini merupakan data variabel yaitu data kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada pengolahan *Waste Water Treatment Plant*. Sumber data dalam penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Data Primer

Data primer merupakan data utama yang diperoleh secara langsung dari sumber pertama, baik melalui observasi, responden, maupun informan. Pengumpulan data primer dilakukan melalui studi lapangan, yaitu dengan melakukan pengamatan langsung terhadap objek penelitian di PT A. Dalam penelitian ini, penulis melakukan pengujian secara langsung terhadap nilai kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) di laboratorium perusahaan.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber yang telah tersedia dan disusun oleh pihak lain, dalam hal ini perusahaan. Data ini meliputi informasi mengenai profil perusahaan, struktur organisasi, serta alur proses produksi yang diperoleh dari buku, catatan, dan dokumen perusahaan. Selain itu, untuk mendukung keabsahan penelitian, dilakukan pula studi literatur dengan mempelajari berbagai referensi yang relevan dengan topik penelitian.

Analisa Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode

Statistical Quality Control (SQC) sebagai alat bantu untuk memantau dan mengendalikan kualitas proses pengolahan air limbah. Metode SQC memiliki beberapa keunggulan, antara lain mampu memonitor kestabilan proses secara sistematis melalui peta kendali (*control chart*), mendeteksi penyimpangan sejak dini, serta mengevaluasi kemampuan proses dalam memenuhi spesifikasi yang ditetapkan melalui analisis kapabilitas proses (C_p dan C_{pk}). Selain itu, penggunaan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*) membantu dalam mengidentifikasi akar penyebab permasalahan kualitas secara lebih terstruktur, sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan secara efektif dan efisien (Hariyah *et al.*, 2019).

Adapun langkah-langkah analisis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Pengumpulan Data*

Mengumpulkan dan mencatat data hasil pengujian mutu air pada *final tank*, khususnya parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD).

2. *Pembuatan Peta Kendali $\bar{X}$ (X -bar Chart)*

Data yang telah dikumpulkan kemudian dikelompokkan ke dalam subgrup berdasarkan waktu pengambilan sampel air *final tank* setiap hari. Selanjutnya dihitung nilai rata-rata ($\bar{X}$) untuk setiap subgrup. Setelah itu ditentukan batas kendali atas (*Upper Control Limit* / UCL) dan batas kendali bawah (*Lower Control Limit* / LCL) untuk membentuk peta kendali $\bar{X}$.

3. *Pembuatan Peta Kendali R (*Range Chart*)*

Menghitung nilai rentang (R) dari setiap subgrup, yaitu selisih antara nilai maksimum dan minimum kadar COD dalam satu subgrup berdasarkan periode pengamatan. Kemudian

ditentukan nilai UCL dan LCL untuk peta kendali R, sehingga dapat digunakan untuk memantau variasi proses.

4. *Analisis dan Identifikasi Penyebab Masalah*

Setelah peta kendali dibuat, dilakukan analisis terhadap kondisi proses apakah berada dalam keadaan terkendali atau tidak. Jika terdapat penyimpangan, maka dilakukan identifikasi akar penyebab menggunakan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*).

5. *Penarikan Kesimpulan dan Pemberian Saran*

Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, sehingga mampu menggambarkan kondisi proses secara akurat. Selanjutnya, diberikan saran perbaikan yang relevan untuk meningkatkan kestabilan dan kualitas proses pengolahan air limbah.

Pengacuan Pustaka

Pengendalian kualitas yang dilaksanakan dengan baik memberikan dampak terhadap kualitas produk yang dihasilkan oleh perusahaan. Kualitas produk yang dihasilkan oleh suatu perusahaan ditentukan berdasarkan ukuran-ukuran dan karakteristik tertentu. Pengendalian kualitas produk memegang peranan penting bagi usaha untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas produk adalah faktor yang menentukan pesat atau tidaknya suatu perkembangan perusahaan (Zulaikha, S., 2021).

Tujuan dari pengendalian kualitas adalah untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan mampu memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan (Ratnawati, 2017). Melalui pengendalian kualitas, perusahaan dapat menjaga dan mengarahkan mutu produk agar tetap konsisten sesuai dengan perencanaan,

sehingga setiap penyimpangan yang terjadi dapat segera diidentifikasi dan dilakukan tindakan perbaikan guna mencegah terulangnya kesalahan yang sama. Selain itu, pengendalian kualitas juga bertujuan untuk mengetahui penyebab terjadinya kesalahan atau kegagalan dalam mencapai standar mutu yang diharapkan.

Pengendalian kualitas turut berperan dalam meningkatkan kepuasan konsumen dengan memastikan bahwa produk yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan dan harapan mereka. Di sisi lain, pengendalian kualitas membantu perusahaan dalam mengendalikan biaya produksi agar tidak melebihi keuntungan yang diperoleh. Dengan demikian, proses produksi dapat berjalan secara lebih efektif dan efisien, baik dari segi waktu, biaya, maupun hasil yang dicapai. Selain itu, pengendalian kualitas juga mendorong perusahaan untuk terus melakukan evaluasi dan perbaikan berkelanjutan guna meningkatkan kinerja proses produksi sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

Metode statistik memerankan peranan penting dalam pengendalian kualitas. Metode statistik memberikan cara-cara pokok dalam pengambilan sampel produk, pengujian dan evaluasinya, serta informasi di dalam data yang akan di gunakan untuk mengendalikan kualitas dan meningkatkan proses produksi suatu perusahaan. Oleh karena itu, metode statistika berperan dalam berbagai aktivitas pengendalian kualitas, menurut Irwan dan Haryono (2015), yaitu:

1. Mempermudah menyajikan, menganalisis dan menginterpretasikan output yang didapatkan. Tanpa statistik, maka penggambaran penyelesaian mengenai data akan menjadi sumber malapetaka dalam penerapannya dalam berbagai kasus.

2. Suatu hasil yang didapatkan suatu organisasi bisa menggunakannya untuk memperbaiki kualitas baik produk maupun yang lainnya, misalnya pengangkatan pegawai baru yang berkualitas, peningkatan kemampuan karyawan, perubahan dan sistem pegawaian, sehingga kebijakan yang diambil benar-benar sesuai data atau fakta.
3. Dalam menentukan kualitas suatu produk, ada beberapa metode-metode yang digunakan dalam mengendalikan kualitas produk, diantaranya peta kendali yang mempermudah melihat apakah kualitas produk tersebut berada dalam keadaan terkontrol, produk berkualitas akan dipertahankan sesuai dengan pesanan konsumen dan produk tidak berkualitas harus di perbaiki atau direvisi dari segala faktor yang mempengaruhinya.

Statistical Quality Control (SQC) merupakan sistem yang dikembangkan untuk menjaga standar yang seragam dari kualitas hasil produksi, pada tingkat biaya yang minimum dan merupakan bantuan untuk mencapai efisiensi perusahaan. merupakan penggunaan metode statistik untuk mengumpulkan dan menganalisis data dalam menentukan dan mengawasi kualitas hasil produksi secara efisien. Dengan adanya pengendalian mutu dan penggunaan metode statistik diharapkan memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap (Andespa, 2020)

Menurut Hermawan (2015) *Statistical Quality Control* pada dasarnya terbagi atas dua kegiatan, yaitu perancangan dan pengendalian. Adapun tugasnya yaitu sebagai berikut:

1. Perancangan Kualitas Statistik Dalam kegiatan perancangan tugasnya terdiri atas:

Tabel.1. Menetapkan kebijakan secara menyeluruh yang

melibatkan kegiatan ekonomi, bisnis, dan manajemen yang berhubungan dengan kualitas barang hasil produksi, sehingga kualitas dipasaran dapat diandalkan sesuai dengan tingkatan kualitas yang dikehendaki oleh konsumen.

Tabel.2. Melakukan peninjauan kembali mengenai desain baru. Peninjauan desain baru merupakan pembahasan resmi yang didokumentasikan dan bersifat sistematis

Tabel.3. Analisis biaya tingkatan kualitas. Hal ini dilakukan untuk mempelajari untung-rugi segubung dengan adanya kemungkinan desain tingkatan kualitas, pertimbangan pasar, investasi, pengendalian biaya, dll

2. Pengendalian Kualitas Statistik
Kegiatan pengendalian yang bisa dilakukan yaitu terbagi atas:

- a. Pengendalian material, kegiatan kualitas barang pada saat penerimaan atau penyimpanan bahan baku dan mengendalikan kualitas barang hasil produksi (dapat berupa komponen atau hasil rakitan) yang berasal dari luar kegiatan produksi
- b. Pengendalian alat-alat dan ukuran-ukuran, kegiatan ini diperuntukkan pada alat-alat operasional untuk mengukur atau mengendalikan terhadap manusia yang melakukan pengukuran kualitas barang hasil produksi.
- c. Pengendalian proses, sasaran dari kegiatan ini adalah untuk menyediakan informasi dan memberikan bantuan kepada pelaksana produksi dan pengawas operator sehingga kualitas barang yang dihasilkan sesuai dengan harapan konsumen.
- d. Pemeriksaan dan pengujian,

kegiatan ini diutamakan untuk menentukan tingkat dari kualitas barang yang diproduksi sehingga memenuhi spesifikasi teknik yang diprogramkan.

Ada 7 tahap dalam metode *Statistical Quality Control* menurut (Heizer dan Render, 2015) antara lain:

1. Lembar periksa adalah sebuah formular yang digunakan untuk mencatat. Lembar periksa membantu analisis menemukan fakta atau pola yang mungkin dapat membantu analisis selanjutnya (Heizer dan Render, 2015).
2. Diagram Pencar adalah grafik yang menampilkan hubungan antara dua variabel apakah hubungan antaranya kuat atau tidak, antara lain faktor proses yang mempengaruhi proses dengan kualitas produk.
3. Diagram Sebab dan Akibat adalah teknik yang digunakan untuk melihat kemungkinan kesalahan pada kualitas. Diagram ini digunakan untuk memperlihatkan faktor yang mempengaruhi pada kualitas dan memiliki akibat pada masalah yang dipelajari.
4. Diagram Pareto adalah metode dalam mengorganisasikan kesalahan, atau cacat untuk membantu fokus atau usaha penyelesaian masalah. Analisis pareto menunjukan masalah dimana yang banyak memberikan hasil yang terbesar (Heizer dan Render, 2015)
5. Diagram Alir merupakan suatu proses atau sistem dengan digunakannya garis dan kotak yang saling terhubung satu sama lain.
6. Diagram Batang suatu alat untuk membantu menentukan nilai dari pengukuran dan dimana setiap nilai frekuensi terjadi.

7. Peta Kendali merupakan presentasi grafik dari proses data dari waktu ke waktu yang menunjukkan batas dari kendali atas dan batas kendali.

Analisis kemampuan proses adalah analisis untuk melihat apakah proses kerja sedang berlangsung memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Dengan kata lain, analisis kemampuan proses adalah analisis kemampuan proses untuk memenuhi spesifikasi rancangan produk atau layanan (Tesfay, 2021); (Rajashekharaiyah, 2016); (Khan, 2024).

Indeks kemampuan adalah suatu indeks yang menggambarkan seberapa besar proses tersebut dapat memenuhi spesifikasi yang diharapkan. Mengetahui kemampuan index akan membantu kami fokus pada target nilai, yang merupakan nilai yang paling diinginkan oleh pelanggan (Yang, 2019); (Saha, 2016); (Dewi et al., 2018); (Syahmer & Ismail, 2025). Meskipun output seratus persen masuk dalam batas spesifikasi, ketidakpuasan pelanggan dapat menyebabkan kegagalan bisnis. Index yang dimaksudkan untuk mengukur kemampuan menganalisis proses:

- Cp hanya memperhitungkan spread (persebaran data), tidak memperhitungkan rata-rata proses.
- Perhitungan Cp menggunakan estimasi sigma dan dapat digunakan untuk menunjukkan potensi suatu sistem dalam memenuhi spesifikasi limit (limit atas-USL dan limit bawah-LSL). Nilai Cp menjadi kurang akurat jika sistem tidak terpusat di dalam batas spesifikasi (Masterenko & Metel, 2017).
- Cpk: Index yang menunjukkan seberapa baik suatu sistem dapat memenuhi spesifikasi limit.
- Perhitungan Cpk dapat digunakan untuk menunjukkan potensi suatu

sistem untuk memenuhi spesifikasi dengan estimasi sigma (Ravichandran & Santhosh, 2024).

- Karena Cpk memperhitungkan rata-rata proses, proses tidak perlu berpusat pada target (Pal & Gauri, 2023).

Index Capability Process (CP) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$CP = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{R \text{ bar}}{D2} \quad (2)$$

Kriteria penilaian adalah sebagai berikut: Cp > 1.33 menunjukkan kapabilitas proses yang sangat baik; 1.00 ≤ Cp ≤ 1.33 menunjukkan kapabilitas proses yang baik; dan Cp < 1.00 menunjukkan kapabilitas proses yang rendah.

Sedangkan Index Cpk dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$Cpk = \text{Minimum} \{ CPU ; CPL \} \quad (3)$$

$$CPU = \frac{USL - X}{3\sigma} \quad (4)$$

$$CPL = \frac{X - LSL}{3\sigma} \quad (5)$$

Kriteria penilaian adalah sebagai berikut: Cpk = CP menunjukkan bahwa proses terjadi di tengah; Cpk = 1, menunjukkan bahwa proses menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi. Proses menghasilkan produk yang tidak sesuai spesifikasi jika Cpk <. Kondisi ideal adalah Cp > 1.33 dan CP = Cpk.

Dengan menggunakan rumus ini, Anda dapat menghitung rata-rata hitung (mean) dari sekumpulan data.

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n} \quad (6)$$

Dimana $\bar{x}$ adalah rata-rata keseluruhan dari semua rata-rata subgroup, dan $\sum x_i$ adalah jumlah dari semua nilai data $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ dan n adalah banyaknya data (ukuran sampel).

Persamaan berikut digunakan untuk peta kendali $\bar{X}$ dan R :

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{n} \quad (7)$$

$\bar{R}$ adalah rentang rata-rata (average range), dan $\sum R_i$ adalah jumlah semua nilai rentang (range) dari setiap subgroup, serta n adalah banyaknya subgroup (bukan ukuran subgroup).

Sebuah persamaan dapat digunakan untuk menghitung batas kendali atas (UCL) peta X :

$$USL = \bar{\bar{x}} + A_2 \times \bar{R} \quad (8)$$

$\bar{\bar{x}}$ adalah rata-rata keseluruhan dari semua rata-rata subgroup, dan berfungsi sebagai garis tengah (CL) peta kontrol. A_2 adalah faktor yang digunakan untuk menetapkan batas 3-sigma, nilainya bergantung pada ukuran subgroup. Konsekuensi ini mengubah rentang rata-rata ($\bar{R}$) menjadi galat baku, atau error standar, dari rata-rata. $\bar{R}$ adalah rata-rata dari rentang semua subgroup, yang digunakan untuk menghitung variabilitas jangka pendek proses.

Namun, batas kendali bawah (LSL) peta $\bar{X}$ dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$LSL = \bar{\bar{x}} - A_2 \times \bar{R} \quad (9)$$

Catatan: Jika data tidak dapat bernilai negatif, seperti diameter atau berat, $\bar{X}$ 0. Dalam praktik, LSL negatif seringkali diganti dengan 0 atau diabaikan. Pastikan peta R menunjukkan proses terkendali (variabilitas stabil) sebelum menghitung LSL.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di PT A, adapun data yang diperoleh adalah data variabel berupa data tentang kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada bulan Oktober - Desember 2024 seperti pada Tabel 1 yang

merupakan data utama dalam penelitian ini. Standar kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada pengolahan *Waste Water Treatment Plant* yang ditetapkan perusahaan adalah 100.

Pembahasan

1. Perhitungan Batas Peta Kendali $\bar{X}$ dan R

Data yang dianalisis adalah data kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) bulan Oktober – Desember 2024 sebanyak 99 data. Data disebarkan dalam peta kontrol (*control chart*) dengan bantuan minitab selanjutnya diidentifikasi apakah data berada dalam atas pengendalian statistik (*in statistical control*) atau tidak. Berikut rekapitulasi sampel kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) bulan Oktober – Desember 2024 seperti pada Tabel 1.

Nilai koefisien A_2 , D_2 , D_3 , D_4 didapat dari data yang berjumlah 2 buah, maka nilai koefisien diambil dari data ke-2 yaitu $A_2 = 1,880$; $D_2 = 1,128$; $D_3 = 0$; $D_4 = 3,267$.

1. Peta Kontrol $\bar{X}$

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum xi}{n} = \frac{8956}{92} = 97,3$$

$$\text{Garis Pusat CL} = \bar{\bar{x}}$$

$$\begin{aligned} USL &= \bar{\bar{x}} + A_2 \times \bar{R} \\ &= 97,3 + (1,880 \times 1,4) \\ &= 99,93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LSL &= \bar{\bar{x}} - A_2 \times \bar{R} \\ &= 97,3 - (1,880 \times 1,4) \\ &= 94,66 \end{aligned}$$

2. Peta Kontrol R

$$\bar{R} = \frac{\sum Ri}{n} = \frac{132}{92} = 1,4$$

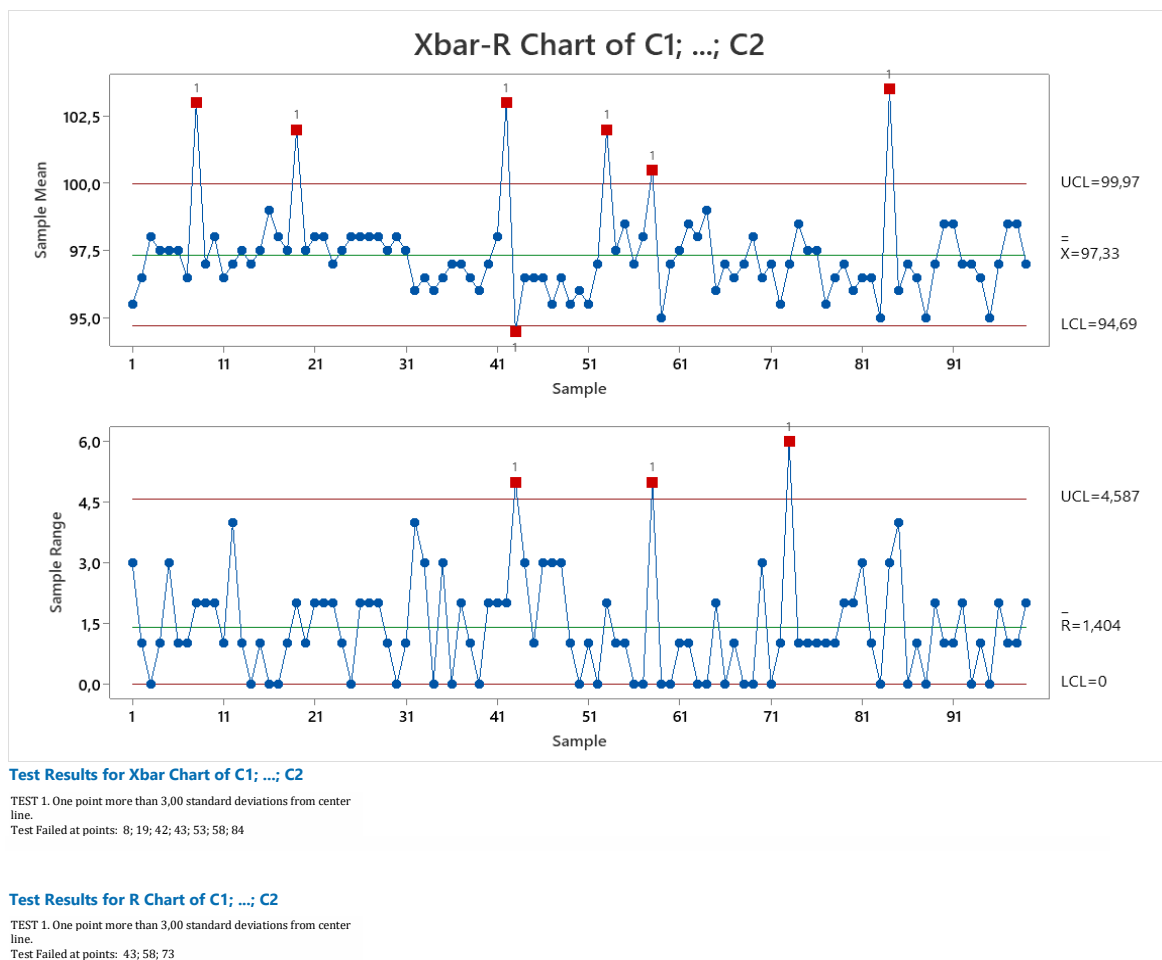
$$\text{Garis Pusat CL} = \bar{R}$$

$$\begin{aligned} USL &= D_4 \times \bar{R} \\ &= 3,267 \times 1,4 \\ &= 4,57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LSL &= D_3 \times \bar{R} \\ &= 0 \times 1,4 \\ &= 0 \end{aligned}$$

Tabel 1. Perhitungan Rata-Rata dan Range Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) bulan Oktober – Desember

Periode	X1	X2	Xbar	R	Periode	X1	X2	Xbar	R
1	94	97	95,5	3	51	96	95	95,5	1
2	97	96	96,5	1	52	97	97	97	0
3	98	98	98	0	53	103	101	102	2
4	97	98	97,5	1	54	97	98	97,5	1
5	96	99	97,5	3	55	98	99	98,5	1
6	98	97	97,5	1	56	97	97	97	0
7	97	96	96,5	1	57	98	98	98	0
8	104	102	103	2	58	98	103	100,5	5
9	96	98	97	2	59	95	95	95	0
10	97	99	98	2	60	97	97	97	0
11	96	97	96,5	1	61	98	97	97,5	1
12	95	99	97	4	62	98	99	98,5	1
13	98	97	97,5	1	63	98	98	98	0
14	97	97	97	0	64	99	99	99	0
15	97	98	97,5	1	65	97	95	96	2
16	99	99	99	0	66	97	97	97	0
17	98	98	98	0	67	97	96	96,5	1
18	98	97	97,5	1	68	97	97	97	0
19	103	101	102	2	69	98	98	98	0
20	98	97	97,5	1	70	98	95	96,5	3
21	99	97	98	2	71	97	97	97	0
22	97	99	98	2	72	95	96	95,5	1
23	96	98	97	2	73	100	94	97	6
24	98	97	97,5	1	74	99	98	98,5	1
25	98	98	98	0	75	98	97	97,5	1
26	97	99	98	2	76	97	98	97,5	1
27	99	97	98	2	77	96	95	95,5	1
28	97	99	98	2	78	97	96	96,5	1
29	98	97	97,5	1	79	98	96	97	2
30	98	98	98	0	80	97	95	96	2
31	97	98	97,5	1	81	95	98	96,5	3
32	98	94	96	4	82	96	97	96,5	1
33	98	95	96,5	3	83	95	95	95	0
34	96	96	96	0	84	105	102	103,5	3
35	98	95	96,5	3	85	94	98	96	4
36	97	97	97	0	86	97	97	97	0
37	96	98	97	2	87	97	96	96,5	1
38	96	97	96,5	1	88	95	95	95	0
39	96	96	96	0	89	96	98	97	2
40	96	98	97	2	90	98	99	98,5	1
41	97	99	98	2	91	98	99	98,5	1
42	104	102	103	2	92	96	98	97	2
43	93	97	94,5	5	93	97	97	97	0
44	95	98	96,5	3	94	97	96	96,5	1
45	96	97	96,5	1	95	95	95	95	0
46	95	98	96,5	3	96	96	98	97	2
47	97	94	95,5	3	97	98	99	98,5	1
48	98	95	96,5	3	98	98	99	98,5	1
49	95	96	95,5	1	99	96	98	97	2
50	96	96	96	0					
Rata-rata			97,38	1,60	Rata-rata			97,27	1,20



Gambar 1. Peta Kendali X dan R Kadar CO

Berdasarkan Gambar peta kendali X dan 84 karena terdapat data yang *out of control*. Pada peta kendali R terdapat *out of control* pada nomor 58 dan 73. dilihat bahwa terdapat 6 titik yang belum terkendali pada nomor 8, 19, 42, 53, 58,

Tabel 2. Data *Out of Control*

No.	TANGGAL	Data Kadar COD Bulan Oktober – Desember 2024		$\bar{x}$	R
		X1	X2		
8	8 Oktober 2024	104	102	103	2
19	19 Oktober 2024	103	101	102	2
42	11 November 2024	104	102	103	2
53	22 November 2024	103	101	102	2
58	27 November 2024	98	103	100,5	5
73	12 Desember 2024	100	94	97	6
84	23 Desember 2024	105	102	103,5	3

Tabel 2 merupakan data *Out Of Control* dari hasil perhitungan pengujian kadar COD. Data diatas merupakan data yang berada diluar peta kendali, dari peta kontrol X dan R terdapat data yang melewati batas nilai UCL dan LCL dan perlu diambil tindakan perbaikan agar data berada dalam batas kendali. Oleh karena itu, harus dilakukan perbaikan terhadap proses agar tidak terjadi lagi data yang berada di luar kendali dan harus dilakukan penghilangan atau pengeluaran data pada rekapitulasi pengujian sampel, bertujuan untuk menghitung kapabilitas karena untuk menentukan kapabilitas proses, maka seluruh data harus berada dalam batas kendali.

Setelah menghilangkan data *Out Of Control*, didapatkan jumlah nilai X adalah 8247 dan nilai R adalah 106. Nilai koefisien A2, D2, D3, D4 didapat dari data yang berjumlah 2 buah, maka nilai koefisien diambil dari data ke-2 yaitu A2

= 1,880 D2 = 1,128 D3 = 0
D4 = 3,267.

1. Peta Kontrol X

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum xi}{n} = \frac{8247}{85} = 97,02$$

$$\text{Garis Pusat CL} = \bar{\bar{x}}$$

$$\begin{aligned}\text{USL} &= \bar{\bar{x}} + A2 \times \bar{R} \\ &= 97,02 + (1,880 \times 1,25) \\ &= 99,37\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{LSL} &= \bar{\bar{x}} - A2 \times \bar{R} \\ &= 97,02 - (1,880 \times 1,25) \\ &= 94,67\end{aligned}$$

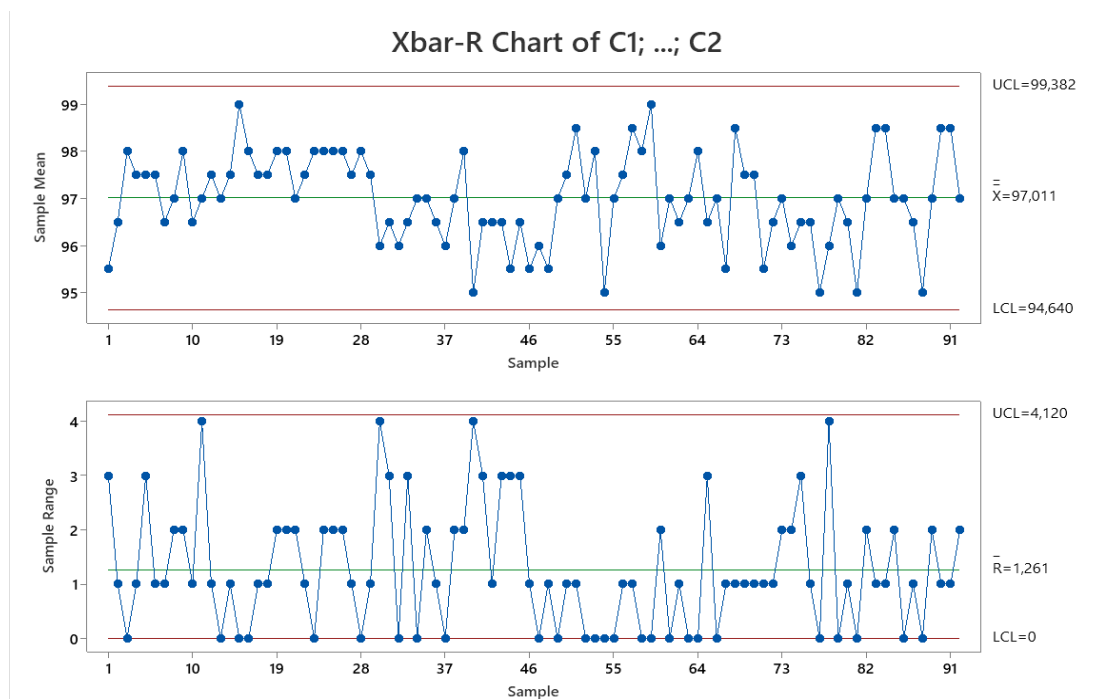
2. Peta Kontrol R

$$\bar{R} = \frac{\sum Ri}{n} = \frac{106}{85} = 1,25$$

$$\text{Garis Pusat CL} = \bar{R}$$

$$\begin{aligned}\text{USL} &= D4 \times \bar{R} \\ &= 3,267 \times 1,25 \\ &= 4,08\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{LSL} &= D3 \times \bar{R} \\ &= 0 \times 1,25 \\ &= 0\end{aligned}$$



Gambar 2. Peta Kendali Perbaikan X dan R Kadar COD

Dari Gambar 2 Diketahui bahwa pada peta X dan R tidak terdapat data yang *out of control*, dapat dikatakan bahwa data terkendali secara statistik dan dikatakan seragam.

2. Perhitungan Indeks Kapabilitas Proses (CP)

Setelah dilakukan perhitungan peta kendali X dan R maka dilakukan selanjutnya menghitung indeks kapabilitas proses (CP).

$$X = 97,02$$

$$USL = 99,37$$

$$LSL = 94,67$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, diketahui } S &= \frac{R}{d_2} \\ &= \frac{1,25}{1,128} \\ &= 1,10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{USL - LSL}{6\sigma} \\ &= \frac{99,37 - 94,67}{6(1,10)} = 0,71 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{pU} &= \frac{USL - X}{3\sigma} \\ &= \frac{99,37 - 97,02}{3(1,10)} = 0,70 \end{aligned}$$

$$C_{pL} = \frac{X - LSL}{3\sigma}$$

$$= \frac{97,02 - 94,67}{3(1,10)} = 0,71$$

$$C_{pK} = \min(C_{pU}, C_{pL})$$

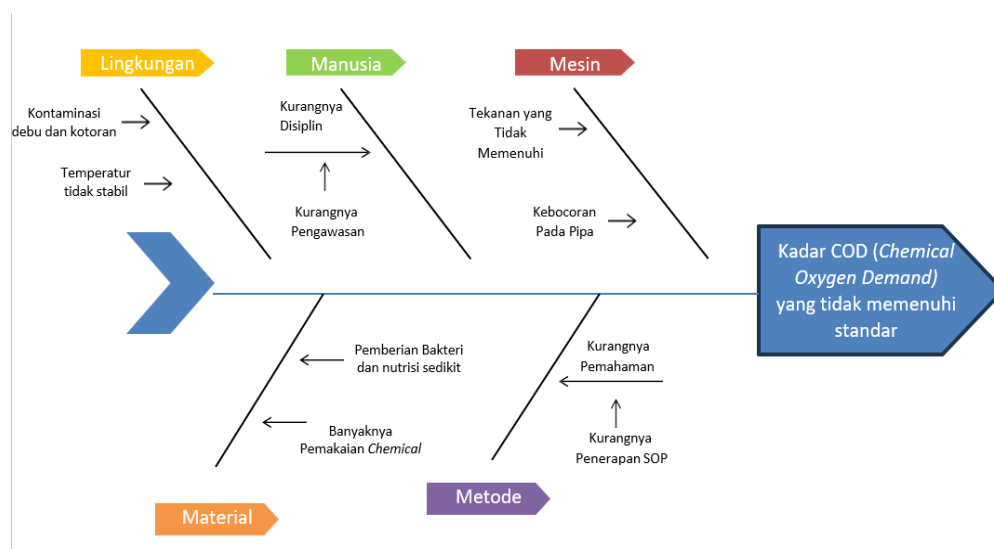
$$= \min(0,70, 0,71)$$

$$= 0,70$$

Kapabilitas proses 0,71 dimana $C_p < 1$ yang berarti kinerja proses rendah, dimana proses kurang mampu menghasilkan produk sesuai target spesifikasi yang diharapkan dan membutuhkan tindakan perbaikan proses. Untuk penanggulangan hasil ini, perusahaan harus meningkatkan pengendalian terhadap pekerja dan proses produksi pada *Waste Water Treatment Plant* yang ada agar mendapat hasil yang memenuhi standar perusahaan.

3. Diagram Sebab Akibat

Pada diagram fishbone ini kita dapat melihat faktor-faktor apa saja yang menjadi akar masalah dan yang mengakibatkan terjadinya penurunan mutu pada produk air Final Tank, dimana pada kadar Chemical Oxygen Demand terdapat beberapa data yang *out of control*.



Gambar 3. Diagram Sebab Akibat (Fishbone) Kadar COD

Pada diagram *fishbone* ini ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya mutu yang tidak terkendali yaitu Mesin, Manusia, Metode dan Material:

1. Mesin
Kualitas produk yang tidak memenuhi standar dapat terjadi karena adanya faktor mesin yaitu tekanan yang tidak memenuhi kebutuhan dan terjadinya kebocoran dari beberapa pipa.
2. Manusia
Faktor yang menyebabkan kadar *Chemical Oxygen Demand* tidak memenuhi standar adalah pada operator yang kurang disiplin dalam bekerja dikarenakan kurangnya pengawasan dari supervisor yang mengakibatkan pekerjaan yang dilakukan tidak sesuai dengan prosedur.
3. Metode
Kurangnya pemahaman dalam prosedur yang akan dilakukan dalam menjaga kualitas produk dikarenakan kurangnya penerapan Standar Operasi Produksi (SOP) seperti ketika mengoperasikan mesin GAC yang kurang optimal maka air *Final Tank* tersebut spekfikasinya diluar batas kendali.
4. Material
Faktor yang menyebabkan kadar *Chemical Oxygen Demand* tidak memenuhi standar adalah pada pemberian bakteri dan nutrisi pada bakteri tersebut kurang maksimal maka *Chemical Oxygen Demand* yang terkandung di dalam air *Final Tank* tersebut tidak sesuai dengan standar perusahaan.
5. Lingkungan
Faktor lingkungan juga dapat memengaruhi kualitas produk, antara lain akibat kontaminasi debu dan kotoran di sekitar area proses,

serta temperatur yang tidak stabil, yang dapat menyebabkan gangguan pada kestabilan proses pengolahan dan berdampak pada mutu akhir produk.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengendalian kualitas kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada proses *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) di PT A dengan menggunakan metode *Statistical Quality Control* (SQC) menunjukkan bahwa proses belum sepenuhnya berada dalam kondisi terkendali secara statistik. Hal ini terlihat dari adanya variasi data pada peta kendali $\bar{X}$ dan R yang melewati batas kendali, sehingga mengindikasikan adanya penyimpangan dalam proses. Faktor-faktor yang memengaruhi ketidakterkendalian tersebut meliputi aspek manusia, metode, mesin, material, dan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan yang berkelanjutan melalui peningkatan pengawasan, penerapan prosedur kerja yang konsisten, serta pemeliharaan peralatan agar kualitas air limbah yang dihasilkan dapat memenuhi standar yang telah ditetapkan.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan perlu meningkatkan pengawasan dan pengendalian proses secara rutin menggunakan metode SQC.
2. Dilakukan pelatihan terhadap operator agar lebih memahami prosedur pengolahan limbah yang benar.

3. Perlu dilakukan perawatan (*maintenance*) secara berkala terhadap mesin dan peralatan WWTP.
4. Standarisasi metode kerja harus diperjelas dan diterapkan secara konsisten.
5. Monitoring kualitas air limbah perlu dilakukan secara kontinu untuk mencegah penyimpangan sejak dini.
6. Evaluasi dan perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) harus menjadi bagian dari sistem manajemen kualitas perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, T., & Rudijanto, H. (2016). Studi instalasi pengolahan air limbah di RSUD dr. R. Goeteng Taroenadibrata Purbalingga tahun 2015. *Keslingmas*, 35(1), 69–71.
- Andespa, I. (2020). Analisis pengendalian mutu dengan menggunakan statistical quality control (SQC) pada PT Pratama Abadi Industri (JX) Sukabumi. *E-Jurnal Ekonomi dan Bisnis Universitas Udayana*, 19(2), 129–160.
- Assauri, S. (2016). Manajemen operasi produksi: Pencapaian sasaran organisasi berkelanjutan (Edisi ke-3). PT Raja Grafindo Persada.
- Hariyah. (2019). Analisis statistical quality control pada produksi roti di Aremani Bakery Universitas Palembang.
- Heizer, J., & Render, B. (2015). Manajemen operasi: Keberlangsungan dan rantai pasokan (Edisi ke-11; H. Kurnia, R. Saraswati, & D. Wijaya, Trans.). Salemba Empat.
- Hermawan, B. (2015). Analisis pengendalian kualitas dengan menggunakan metode statistical quality control untuk meminimumkan kegagalan produk sosis sapi super pada PT Bandranaya Putra (Skripsi, Universitas Islam Bandung).
- Irwan, & Haryono, D. (2015). Pengendalian kualitas statistik (pendekatan teoritis dan aplikatif). CV Alfabeta.
- Kaya, İ., & Kahraman, C. (2011). Process capability analyses with fuzzy parameters. *Expert Systems with Applications*, 38(9), 11918–11927. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.03.085>
- Khan, A. (2024). Process capability: A case study. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 8(5), 1–5. <https://doi.org/10.55041/IJSREM34026>
- Masterenko, D. A., & Metel, A. S. (2017). Estimation of process capability indices from the results of limit gauge inspection of dimensional parameters in machining industry. *Mechanics & Industry*, 18(7), 702. <https://doi.org/10.1051/meca/2017054>
- Maulinda, L. (2017). Pengolahan awal limbah cair pabrik minyak kelapa sawit secara fisika. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 2(2), 31–41.
- Pal, S., & Gauri, S. K. (2023). The pitfalls of unconventional process capability indices. *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 15(1), 37–46. <https://doi.org/10.4314/ijest.v15i1.4>
- Rajashekharaiah, J. (2016). Six sigma benchmarking of process capability analysis and mapping of process

- parameters. *Journal of Operations and Supply Chain Management*, 9(2), 60–71.
<https://doi.org/10.12660/joscmv9n2p60-71>
- Ratnawati. (2017). Analisis pengendalian kualitas produk pada PT Semen Tonasa di Kabupaten Pangkep (Skripsi, Universitas Muhammadiyah Makassar).
- Ravichandran, J., & Santhosh, D. (2024). Process capability indices for processes when the underlying data are interval-valued. *International Journal of Statistics in Medical Research*, 13, 210–218.
<https://doi.org/10.6000/1929-6029.2024.13.19>
- Saha, M. (2016). Generalized process capability index applied to Poisson process distribution. *International Journal of Education*, 6.
- Tesfay, Y. Y. (2021). Process capability analysis. In *Developing structured procedural and methodological engineering designs* (pp. 187–209). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-68402-0_6
- Yang, Y. (2019). Application research of process capability analysis in manufacturing quality control. In K. Deng, Z. Yu, S. Patnaik, & J. Wang (Eds.), *Recent developments in mechatronics and intelligent robotics* (Vol. 856, pp. 415–422). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-00214-5_53
- Zulaikha, S. (2021). Pengendalian kualitas dengan metode statistical quality control pada Ramadhani Bakery and Cake. *Jurnal Samudra Ekonomika*, 5(1), 100–113.
- Dewi, H., Maryam, M., & Sutiarno, D. (2018). Analisa Produk Cacat Menggunakan Metode Peta Kendali P dan Root Cause Analysis. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 7(2), 10–18.
<https://doi.org/10.32520/jtp.v7i2.178>
- Syahmer, V., & Ismail, W. A. (2025). Pengendalian Kualitas Produksi Crude Palm Oil (CPO) Menggunakan Metode Six Sigma Pada Industri Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 14(1), 53–69.
<https://doi.org/https://doi.org/10.32520/jtp.v14i1.4000>