



Analysis report

Compilatio Magister+ | UMSIDA

skripsi Muchammad Rizal wahyudi_221020700013

ID : 21323360fca518fbf00c3a72a03e4e34cf0dca7b



17%

Suspicious texts

File name : skripsi Muchammad Rizal wahyudi_221020700013.txt

Original file size : 271.94 KB

Number of words : 5,546

Number of characters : 39878

Submitter : UMSIDA Perpustakaan

Submission date : May 19, 2026

Upload type : interface

analysis end date : May 19, 2026

Summary (section 1/3)

Location of suspect texts in the document :



Included in the suspicious text score :



Similarities

<1%

Syntactics <1%

Semantics *Not measured*

Passages with similarities to sources found in different collections.



AI detection

14%

Texts with stylistically similar formulations to AI-generated text.

This rate is an indicator, not proof. Check with the author that he/she has mastered the knowledge mentioned in the document.



Unrecognized languages

3%

Passages in which some of the vocabulary used is not part of the language dictionary. This may be an attempt by the author to modify the text to make detection impossible.



Not included in the percentage of suspicious texts :



Texts between quotes

0%

Passages between quotation marks, often revealing a quotation.

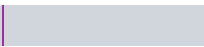
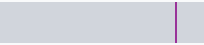
 Similarities

<1%

Passages with similarities to sources found in different collections.



Source with incidental similarities

No.	Description	Similarities	Locations
1	 Integration Of Taguchi and 5W+1H To Improve Fish Feed Quality : Integras... archive.umsida.ac.id/index.php/archive/preprint/download/10454/75381 ↗	<1%	
2	 Optimasi Human Error pada Proses Produksi Air Minum Dalam Kemasan ... dx.doi.org/10.30737/jurmatis.v6i2.5427 ↗	<1%	

Pengendalian proses produksi air bersih di PT. XYZ

Muchammad Rizal Wahyudi1), Inggit Marodiyah2)

1)Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

2)Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: inggit@umsida.ac.id

Abstract.

Clean water is a fundamental necessity for human life; therefore, its quality must be maintained according to established standards, one of which is the turbidity parameter. The problem addressed in this study is the instability of clean water quality, indicated by turbidity values that still exceed the standard of ≤ 1 NTU, showing that the water treatment process has not been operating optimally. This study aims to analyze the stability of the clean water production process, determine the control limit values, measure the defect level of the process, and provide improvement recommendations for the water treatment process at PT XYZ using Statistical Quality Control (SQC) and Six Sigma through the DMAIC approach. The research data were obtained from turbidity measurements conducted over 30 days with a total of 720 samples. The SQC method was applied using $\bar{X}$ and R control charts to evaluate process stability, while the Six Sigma method was used to calculate DPO, DPMO, and sigma level values. The results showed that the $\bar{X}$ control chart produced a UCL value of 0.59, CL of 0.45, and LCL of 0.31, while the R control chart produced a UCL value of 1.40, CL of 0.90, and LCL of 0.41. These results indicate that the water treatment process is not yet statistically controlled because several data points are still outside the control limits. Furthermore, the Six Sigma calculation resulted in a DPO value of 0.09583, a DPMO value of 95,833, and a sigma level of 2.81, indicating that the process quality is still at a low to moderate level and has not yet reached optimal conditions. Based on the fishbone analyze, the causes of water quality instability include factors related to manpower, machine, method, material, and measurement. Therefore, the proposed improvements include increasing operator supervision, performing regular machine and filter maintenance, controlling coagulant dosage through jar test, monitoring raw water quality, and conducting routine calibration of measuring instruments to ensure a more stable water treatment process and that the produced water meets the established standards.

Keywords – quality control, clean water, turbidity, Statistical Quality Control (SQC), Six Sigma, DMAIC, control chart, process quality.

Abstrak.

Air bersih merupakan kebutuhan utama bagi kehidupan manusia sehingga kualitasnya harus terjaga sesuai standar yang ditetapkan, salah satunya melalui parameter kekeruhan (turbidity). Permasalahan dalam penelitian ini adalah ketidakstabilan kualitas air bersih yang ditandai dengan masih adanya nilai turbidity yang melebihi standar ≥ 1 NTU sehingga menunjukkan bahwa proses pengolahan air belum berjalan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan proses produksi air bersih, mengetahui nilai batas kendali, mengukur tingkat kecacatan proses, serta memberikan rekomendasi perbaikan pada proses pengolahan air di PT XYZ menggunakan metode Statistical Quality Control (SQC) dan Six Sigma melalui pendekatan DMAIC. Data penelitian diperoleh dari hasil pengukuran turbidity selama 30 hari pengamatan dengan total 720 sampel. Metode SQC digunakan melalui peta kendali $\bar{X}$ dan R untuk mengetahui kestabilan proses, sedangkan metode Six Sigma digunakan untuk menghitung nilai DPO, DPMO, dan level sigma. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada peta kendali $\bar{X}$ diperoleh nilai UCL sebesar 0,59, CL sebesar 0,45, dan LCL sebesar 0,31, sedangkan pada peta kendali R diperoleh nilai UCL sebesar 1,40, CL sebesar 0,90, dan LCL sebesar 0,41. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses pengolahan air belum terkendali secara statistik karena masih terdapat beberapa titik yang berada di luar batas kendali. Selain itu, hasil perhitungan Six Sigma diperoleh nilai DPO sebesar 0,09583, DPMO sebesar 95.833, dan level sigma sebesar 2,81 yang menunjukkan bahwa kualitas proses masih berada pada tingkat rendah hingga sedang dan belum optimal. Berdasarkan analisis fishbone, faktor penyebab ketidakstabilan kualitas air meliputi faktor manusia, mesin, metode, material, dan pengukuran. Oleh karena itu, usulan perbaikan dilakukan melalui peningkatan pengawasan operator, perawatan mesin dan filter secara berkala, pengontrolan dosis koagulan melalui jar test, monitoring kualitas air baku, serta kalibrasi alat ukur secara rutin agar proses pengolahan air menjadi lebih stabil dan kualitas air yang dihasilkan memenuhi standar yang ditetapkan. Kata Kunci pengendalian kualitas, air bersih, turbidity, Statistical Quality Control (SQC), Six Sigma, DMAIC, peta kendali, kualitas proses.

I. Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup khususnya manusia[1]. Air tawar



merupakan komponen esensial bagi semua spesies hidup, salah satu masalah utama yang dihadapi umat manusia saat ini adalah kelangkaan sumber kehidupan yang vital[2]. Dalam kaitannya dengan penelitian ini, PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam pengolahan dan distribusi air bersih untuk kebutuhan domestik maupun industri. Proses Pengolahan Air Baku Pada umumnya instalasi pengolahan air minum merupakan suatu sistem yang mengkombinasikan proses filtrasi, sedimentasi, koagulasi, dan mikro biologi[3]. Dalam proses pengolahannya, air baku terlebih dahulu melewati intake, yang kemudian menuju ke surge well atau sumur penyeimbang dan dipompa untuk proses aerasi[4].

Permasalahan utama yang dihadapi perusahaan terletak pada ketidakstabilan kualitas air pada proses pengolahan, yang berdampak langsung terhadap tidak konsistennya mutu air yang dihasilkan. Berdasarkan data hasil pengukuran turbidity, masih ditemukan nilai turbidity yang melebihi batas standar yang telah ditetapkan, yaitu sebesar ≥ 1 NTU. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pengolahan air belum sepenuhnya terkendali, sehingga diperlukan upaya pengendalian kualitas untuk menekan variasi yang terjadi. Parameter turbidity yang tinggi menunjukkan adanya partikel tersuspensi seperti lumpur atau bahan organik yang dapat mengganggu penetrasi cahaya dan mengindikasikan potensi pencemaran[5].

Dampak Ketidakstabilan kualitas air, seperti fluktuasi turbidity (NTU), dapat menyebabkan proses pengolahan air menjadi tidak optimal, menurunnya efektivitas disinfeksi, frekuensi backwash/filter meningkat, kualitas air akhir tidak konsisten, risiko kesehatan meningkat (misal diare, infeksi). Faktor seperti curah hujan sangat mempengaruhi proses pengolahan air. Jumlah hujan yang tinggi dapat merusak kualitas air baku yang masuk ke WTP, yang dapat berdampak pada kualitas air olahan[6]. Penerapan SQC bermanfaat untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya kerugian akibat penyimpangan operasi selama proses produksi[7]. Sementara itu, Six Sigma merupakan suatu upaya perbaikan berkelanjutan (continuous improvement) yang bertujuan menurunkan variasi proses dan meningkatkan kapabilitas sehingga menghasilkan produk yang bebas kesalahan[8]. Six sigma merupakan metode yang digunakan sebagai pemecah solusi yang memiliki beberapa tahapan yang harus dilewati, dalam tahapan six sigma tersebut terdapat lima tahapan yang sering disebut DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)[9]. Melalui pendekatan ini, diharapkan penelitian dapat memberikan rekomendasi perbaikan proses yang lebih terukur dan berbasis data. Metode Six sigma DMAIC merupakan metode yang digunakan untuk penyelesaian masalah di penelitian ini.

Berdasarkan penelitian terdahulu, (Kurnianti dkk, 2024)[10]. meneliti pengendalian kualitas proses produksi air bersih di PT Dumai Tirta Persada menggunakan metode SQC melalui peta kendali $\bar{X}$ dan R serta diagram Fishbone untuk mengidentifikasi faktor penyebab dan prioritas perbaikan, sedangkan Penelitian oleh (Zafira dkk, 2025) menganalisis pengendalian kualitas air Sungai Bondoyudo Baru menggunakan metode Six Sigma dengan tahapan DMAIC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai sigma sebesar 3,295 yang mengindikasikan kondisi air berada pada kategori tercemar ringan hingga sedang. Faktor penyebab utama adalah aktivitas domestik, industri, dan kurangnya pengelolaan lingkungan[11]. Dan (Siswanto dkk, 2025) mengkaji penerapan metode Six Sigma dengan tahapan DMAIC untuk meningkatkan kualitas air minum kemasan melalui identifikasi cacat dominan, pengukuran tingkat kecacatan menggunakan DPMO dan level sigma, serta analisis akar penyebab dengan diagram Pareto dan Fishbone guna menurunkan variabilitas dan meningkatkan konsistensi kualitas produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi secara komprehensif faktor-faktor yang menyebabkan ketidakstabilan kualitas air pada setiap tahapan proses pengolahan di PT XYZ, serta mengevaluasi efektivitas penerapan metode Statistical Quality Control (SQC) dan Six Sigma dalam mengendalikan variasi kualitas air, sehingga dapat diperoleh kondisi proses yang lebih stabil dan sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan[12].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan proses produksi air bersih di PT XYZ menggunakan metode Statistical Quality Control (SQC) melalui peta kendali $\bar{X}$ dan R, menentukan nilai batas kendali, mengukur tingkat kecacatan dan kapabilitas proses dengan metode Six Sigma (DPO, DPMO, dan level sigma), mengidentifikasi faktor penyebab ketidakstabilan, serta memberikan rekomendasi perbaikan guna meningkatkan kualitas proses sesuai standar yang ditetapkan.

II. Metode

Waktu dan tempat penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan di IPA PT. XYZ yang tepatnya berlokasi di Kabupaten Sidoarjo. Penelitian ini berlangsung pada bulan November 2025

Alir Penelitian

Gambar 1. Alir penelitian

Identifikasi dan Perumusan Masalah

Menentukan permasalahan utama berupa ketidakstabilan kualitas proses produksi air bersih berdasarkan data awal perusahaan dan observasi lapangan. mengumpulkan data langsung di perusahaan, dan mendapatkan informasi yang akurat.

Studi Literatur

Kualitas air produksi sering tidak stabil akibat variasi air baku dan proses pengolahan yang kurang terkendali. Untuk itu,



SQC digunakan memonitor stabilitas melalui peta kendali, sementara Six Sigma (DMAIC) membantu menemukan akar masalah, mengukur tingkat cacat, dan meningkatkan kapabilitas proses. Kombinasi kedua metode ini terbukti efektif dalam mengurangi variasi dan meningkatkan konsistensi kualitas air bersih.

Studi lapangan

Dalam teknik pengamatan langsung, pengamatan dilakukan menggunakan peralatan khusus yaitu turbidimeter, mengamati dan mencatat segala sesuatu yang diperlukan pada saat terjadinya proses. Hal-hal yang dapat diamati secara langsung di PT. XYZ antara lain :

Proses produksi di PT. XYZ Proses pengambilan sampel dari pipa bak reservoir

Proses pengukuran turbidity air menggunakan alat turbidimeter

Pengumpulan data

Data primer diperoleh melalui observasi dan wawancara dengan bagian produksi, mencakup turbidity per jam untuk melihat kestabilan kualitas air serta data operasional untuk mengetahui faktor proses yang memengaruhi perubahan kualitas.

Data sekunder diperoleh dari catatan kualitas air yang sudah tersedia di perusahaan, meliputi standar mutu internal perusahaan sebagai acuan kualitas yang harus dipenuhi, serta data harian turbidity yang digunakan untuk melihat tren dan konsistensi kualitas air dalam periode tertentu.

Pengolahan Data

Tujuan pengolahan data ini adalah untuk menilai kestabilan proses produksi air bersih, mengidentifikasi penyebab ketidakstabilan, serta menentukan langkah perbaikan agar parameter kualitas air berada dalam batas standar baku mutu

Define

Pada tahap Define dilakukan pendefinisian masalah utama terkait ketidakstabilan kualitas air bersih yang dihasilkan dalam proses produksi. Pada tahap define terdapat beberapa hal yang harus dilakukan, yang pertama adalah menetapkan CTQ yang digunakan adalah parameter turbidity 1 NTU dari hasil observasi yang telah dilakukan[11]. Pada tahap ini ditetapkan parameter turbidity sebagai Critical To Quality (CTQ) dengan batas standar 1 NTU.

Measure

Pada tahap measure, dilakukan perhitungan menggunakan metode Statistical Quality Control (SQC) dan Six Sigma untuk mengukur kinerja proses pengolahan air serta mengetahui tingkat kestabilan dan kualitas proses yang dihasilkan.

Perhitungan SQC

Perhitungan SQC berfungsi untuk mengetahui kestabilan proses secara statistik melalui peta kendali. Dalam penelitian ini digunakan peta kendali $\bar{X}$ (X-bar) dan R (Range).

Rumus rata-rata ($\bar{X}$)

=

Dimana:

X1 dan seterusnya = data sample

n = jumlah sample per subgrup

Sumber [13]

rumus range (R)

R = -

= nilai tertinggi dari subgrup

= nilai terendah dari subgrup

Sumber [13]

Menghitung Peta Kendali X

CL =

Sumber [14]

UCL = $+\ (A2 \times \bar{R})$

Dimana:

= nilai rata-rata dari total subgrup

A2 = Tabel konstanta SPC (0,157)

= nilai rata - rata keseluruhan R

Sumber [14]

LCL = $-\ (A2 \times \bar{R})$

= nilai rata-rata dari total subgrup

A2 = Tabel konstanta SPC (0,157)

= nilai rata - rata keseluruhan R

Sumber [13]

Menghitung Peta Kendali R

CL =

Sumber [14]

$UCL = D4 \times$

Dimana:

$D4 = \text{Tabel konstanta SPC (1,548)}$

= nilai rata – rata keseluruhan R

Sumber [15]

$LCL = D3 \times \bar{R}$

Dimana:

= nilai rata – rata keseluruhan R

$D3 = \text{Tabel konstanta SPC (0,451)}$

Sumber [16]

Perhitungan Six Sigma

Perhitungan Six Sigma digunakan untuk mengukur kualitas proses berdasarkan jumlah cacat melalui penentuan CTQ, DPO, dan DPMO dimana semakin tinggi nilai sigma menunjukkan kualitas proses yang semakin baik.

Menghitung DPO

$DPO =$

Sumber [17]

Menghitung DPOM

$DPMO = DPO \times 1.000.000$

Sumber [18]

Menghitung Level Sigma

$\text{Level Sigma} = \text{NORMSINV}(1-)+1,5$

Sumber [19]

Analyze

Tahap Analyze dilakukan dengan menganalisis peta kendali untuk mengidentifikasi titik penyimpangan proses, kemudian menganalisa menggunakan diagram fishbone untuk menentukan akar penyebab permasalahan yang terjadi pada proses produksi[20].

Improve

Pada tahap Improve, usulan perbaikan disusun menggunakan metode 5M checklist yang meliputi faktor manusia (man), mesin (machine), metode (method), material (material), dan pengukuran (measurement). Pendekatan ini digunakan untuk membantu mengidentifikasi akar penyebab permasalahan serta menentukan tindakan perbaikan guna mengurangi ketidakstabilan nilai turbidity pada proses pengolahan air bersih[21]

Control

Tahap akhir dalam metode Six Sigma adalah tahap control. Pada tahap ini ditentukan perencanaan kontrol yang akan diterapkan saat solusi yang telah dikembangkan pada tahap sebelumnya (improve) dijalankan. Tujuan utama tahap ini adalah memastikan bahwa solusi yang telah diimplementasikan dapat berfungsi dengan baik dan mengawasi hasilnya untuk memastikan efektivitasnya[11].

Analisa dan pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap upaya pengendalian ketidakstabilan kualitas air bersih yang ditunjukkan oleh nilai turbidity menggunakan metode Six Sigma dengan konsep DMAIC. Analisa dilakukan untuk mengetahui kondisi proses pengolahan air, tingkat kestabilan proses, serta faktor-faktor penyebab terjadinya nilai turbidity yang melebihi standar sehingga dapat diberikan usulan perbaikan dan pengendalian proses yang sesuai.

Rekomendasi perbaikan

Pada tahap rekomendasi perbaikan, tujuan utama yang ingin dicapai adalah meningkatkan kualitas proses produksi air bersih di PT XYZ melalui pengurangan variasi proses, penurunan tingkat kecacatan, serta peningkatan kestabilan dan kapabilitas proses. Rekomendasi ini disusun berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Statistical Quality Control (SQC) dan Six Sigma dengan mempertimbangkan kondisi aktual proses yang berlangsung. Dengan demikian, rekomendasi yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi acuan bagi perusahaan dalam melakukan perbaikan secara sistematis dan berkelanjutan agar kualitas air yang dihasilkan memenuhi standar yang telah ditetapkan.

Kesimpulan dan saran

Tahap kesimpulan dalam penelitian ini digunakan untuk merangkum hasil analisis proses produksi air bersih di PT XYZ menggunakan metode SQC dan Six Sigma guna mengetahui kestabilan proses, tingkat kecacatan, serta kemampuan proses dalam memenuhi standar kualitas, sekaligus menjadi dasar penyusunan saran berupa rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan kualitas proses, mengurangi variasi, dan menurunkan tingkat kecacatan agar kinerja proses meningkat dan kualitas air tetap konsisten sesuai standar.

III. Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai nilai turbidity (turbidity) sebagai parameter utama kualitas air serta untuk menentukan nilai Critical to Quality (CTQ) dan mengidentifikasi jumlah kecacatan (defect) yang terjadi selama proses pengolahan air. Data yang diperoleh digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual kestabilan proses dan kualitas air yang dihasilkan. Selain itu, data tersebut menjadi dasar dalam analisis menggunakan metode Statistical Quality Control (SQC) dan pendekatan Six Sigma pada tahap Define dan Measure dalam siklus DMAIC. Dengan demikian, pengumpulan data memiliki peran penting dalam memastikan bahwa analisis dilakukan secara objektif, terukur, dan berbasis data aktual sehingga dapat mendukung penyusunan rekomendasi perbaikan yang tepat dalam meningkatkan kualitas air dan menurunkan tingkat turbidity Define

Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan kualitas produk serta hasil observasi dan wawancara dengan pihak produksi dan kepala laboratorium di PT XYZ, diperoleh karakteristik kualitas yang menjadi Critical To Quality (CTQ) pada proses produksi air bersih, yaitu nilai turbidity. Parameter ini merupakan aspek penting yang harus dikendalikan karena berpengaruh langsung terhadap kualitas air yang dihasilkan. Adapun klasifikasi CTQ tersebut dibedakan menjadi dua kategori, yaitu memenuhi standar (≤ 1 NTU) yang dinyatakan tidak cacat, dan tidak memenuhi standar (≥ 1 NTU) yang dinyatakan cacat, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria CTQ yang ada di PT. XYZ

Kriteria Nilai Turbidity Status

Memenuhi standart ≤ 1 NTU Tidak cacat

Tidak memenuhi standart ≥ 1 NTU Cacat

Berdasarkan Tabel 1, diperoleh Critical To Quality (CTQ) utama yaitu nilai turbidity air yang berpengaruh langsung terhadap mutu air bersih, dimana nilai ≤ 1 NTU dinyatakan tidak cacat dan ≥ 1 NTU dinyatakan cacat, sehingga menjadi fokus utama dalam pengendalian dan perbaikan kualitas proses produksi.

Data dalam penelitian ini diperoleh melalui pengamatan langsung pada proses produksi air bersih di PT XYZ, berupa hasil pengukuran turbidity yang dilakukan secara berkala pada tanggal 1 sampai tanggal 30 pada bulan November 2025, sebagaimana disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian Turbidity di PT. XYZ

Sample X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 X13

1 0,24 0,28 0,25 0,24 0,24 0,33 0,3 0,34 0,28 0,27 0,3 0,31 0,32

2 0,28 0,3 0,27 0,24 0,28 0,31 0,35 0,3 0,33 0,35 0,32 0,29 0,31

3 0,28 0,27 0,37 0,2 0,34 0,25 0,29 0,27 1,2 1,5 1,4 0,26 0,25

4 0,26 0,28 0,26 0,23 0,18 0,21 0,23 0,2 0,24 0,29 0,26 0,25 0,23

5 0,28 0,27 0,23 0,25 0,29 0,3 0,3 0,33 0,31 0,35 0,3 0,32 0,34

6 0,28 0,31 0,33 0,36 0,39 0,32 0,3 1,1 1,3 1,6 0,32 0,3 0,28

7 0,31 0,48 0,6 0,66 0,61 0,63 0,65 0,59 0,55 0,38 0,35 0,36 0,35

8 0,34 0,33 0,36 0,35 0,37 0,34 0,3 0,25 0,27 0,3 0,33 0,31 0,35

9 0,29 0,25 0,28 0,29 0,3 0,31 0,33 0,29 0,3 0,32 1,1 1,3 1,7

10 0,34 0,36 0,34 0,47 0,46 0,29 0,31 0,34 0,36 0,33 0,37 0,35 0,38

Berdasarkan Tabel 2, data nilai turbidity (NTU) terdiri dari 30 subgrup, dimana setiap subgrup berisi 24 sampel pengamatan yang diambil setiap jam dalam satu hari, sehingga total data yang diperoleh pada bulan November sebanyak 720 sampel. Pada tabel pengamatan, kolom X1, X2, X3, dan seterusnya menunjukkan data hasil pengukuran kualitas air pada setiap jam pengamatan. Dalam penelitian ini, nilai turbidity ≤ 1 NTU dinyatakan tidak cacat, sedangkan nilai turbidity ≥ 1 NTU dinyatakan cacat. Berdasarkan hasil perhitungan, jumlah kecacatan yang terjadi sebanyak 69 sampel. Namun, data yang ditampilkan hanya sebagian dari total 24 sampel setiap subgrup karena keterbatasan ruang penulisan

Pengolahan data

Pada pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan untuk mengubah data mentah hasil pengukuran kekeruhan (turbidity) menjadi informasi yang terstruktur dan siap dianalisis. Data yang telah dikumpulkan diolah menggunakan metode Statistical Quality Control (SQC) dan pendekatan Six Sigma pada tahap Measure dalam siklus DMAIC. Proses pengolahan data meliputi perhitungan batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) pada peta kendali X-bar dan R untuk mengetahui kestabilan proses, serta dilanjutkan dengan perhitungan nilai Defect per Million Opportunities (DPMO) dan level sigma untuk mengevaluasi kinerja kualitas proses. Dengan demikian, pengolahan data ini bertujuan untuk menghasilkan informasi yang akurat dan terukur sebagai dasar dalam analisis dan penyusunan usulan perbaikan.

Tahap Measure

Tahap measure diawali dengan pengolahan data kualitas air menggunakan metode Statistical Quality Control (SQC) melalui pembuatan peta kendali $\bar{X}$ dan peta kendali R untuk mengetahui stabilitas proses pengolahan air.

Menghitung metode (Statistical Quality Control) SQC

Pada perhitungan SQC dalam penelitian ini diawali dengan menghitung nilai rata-rata setiap subgrup, kemudian

dilanjutkan dengan menghitung nilai range (R). Selanjutnya dihitung nilai rata-rata keseluruhan subgrup ($\bar{\bar{X}}$) dan rata-rata rentang ($\bar{R}$), yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan batas kendali berupa garis tengah (CL), batas kendali atas (UCL), dan batas kendali bawah (LCL) pada peta kendali $\bar{X}$ dan peta kendali R.

Menghitung nilai rata rata subgrup

$$\begin{aligned} &= \\ &= \\ &= \\ &= 0,28 \end{aligned}$$

Pada perhitungan tersebut, seluruh nilai turbidity dalam satu subgrup dijumlahkan, kemudian dibagi dengan jumlah sampel yaitu 30. Hasil perhitungan diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,28, yang menunjukkan nilai rata-rata turbidity air pada subgrup tersebut.

Menghitung nilai R

R = -

$$R = 0,34 - 0,24 = 0,10$$

R adalah selisih antara nilai terbesar dan nilai terkecil dalam satu subgrup data. Pada perhitungan tersebut nilai terbesar dari satu sub grup dan nilai terkecil adalah 0,24

Tabel 3. Hasil perhitungan nilai X dan nilai R

Sample X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 X13

1	0,24	0,28	0,25	0,24	0,24	0,33	0,3	0,34	0,28	0,27	0,3	0,31	0,32	0,29	0,1
2	0,28	0,3	0,27	0,24	0,28	0,31	0,35	0,3	0,33	0,35	0,32	0,29	0,31	0,28	0,15
3	0,28	0,27	0,37	0,2	0,34	0,25	0,29	0,27	1,2	1,5	1,4	0,26	0,25	0,39	0,31
4	0,26	0,28	0,26	0,23	0,18	0,21	0,23	0,2	0,24	0,29	0,26	0,25	0,23	0,26	0,15
5	0,28	0,27	0,23	0,25	0,29	0,3	0,3	0,33	0,31	0,35	0,3	0,32	0,34	0,31	0,13
6	0,28	0,31	0,33	0,36	0,39	0,32	0,3	1,1	1,3	1,6	0,32	0,3	0,28	0,46	1,32
7	0,31	0,48	0,6	0,66	0,61	0,63	0,65	0,59	0,55	0,38	0,35	0,36	0,35	0,41	0,4
8	0,34	0,33	0,36	0,35	0,37	0,34	0,3	0,25	0,27	0,3	0,33	0,31	0,35	0,32	0,12
9	0,29	0,25	0,28	0,29	0,3	0,31	0,33	0,29	0,3	0,32	1,1	1,3	1,7	0,54	1,45
10	0,34	0,36	0,34	0,47	0,46	0,29	0,31	0,34	0,36	0,33	0,37	0,35	0,38	0,34	0,2

Jumlah 13,55 27,09

Rata - rata 0,45 0,90

Berdasarkan Tabel 3. didapatkan jumlah seluruh nilai rata-rata subgrup ($\Sigma\bar{X}$) sebesar 13,55 dan nilai R mencapai 27,09.

Dan rata rata dari keseluruhan didapatkan nilai $\bar{x}$ mencapai 0,45 dan nilai R mencapai 0,90

Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata dari seluruh subgrup untuk memperoleh nilai rata-rata keseluruhan ($\bar{\bar{X}}$) dan rata-rata rentang ($\bar{R}$), yang digunakan sebagai dasar dalam analisis peta kendali $\bar{X}$ dan peta kendali R.

Menghitung rata - rata dari total subgrup

$$\begin{aligned} &= \\ &= \\ &= \\ &= 0,45 \end{aligned}$$

Pada perhitungan tersebut, seluruh nilai turbidity dalam satu subgrup dijumlahkan sebesar 13,55 dan dibagi dengan jumlah sampel 24 sehingga diperoleh rata-rata 0,45, yang digunakan sebagai dasar perhitungan rata-rata keseluruhan ($\bar{\bar{X}}$) dan penyusunan peta kendali $\bar{X}$ untuk menganalisis kestabilan proses.

Menghitung nilai rata - rata total rentang

X =

$$X = 0,90$$

Pada perhitungan tersebut, seluruh nilai range dijumlahkan sebesar 27,09 dan dibagi dengan 24 subgrup sehingga diperoleh rata-rata rentang sebesar 0,90.

Menghitung peta kendali X

$$CL = 0,45$$

$$UCL = + (A2 \times)$$

$$= 0,45 + (0,157 \times 0,90)$$

$$= 0,45 + 0,14$$

$$= 0,59$$

$$LCL = + (A2 \times)$$

$$= 0,45 - (0,157 \times 0,90)$$

$$= 0,45 - 0,14$$

$$= 0,31$$

Menghitung peta kendali

$$CL = 0,90$$

$$UCL = D4 \times$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,548 \times 0,90 \\
 &= 1,40 \\
 LCL &= D3 \times \\
 &= 0,451 \times 0,90 \\
 &= 0,41
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan peta kendali X diperoleh nilai CL sebesar 0,45, UCL sebesar 0,59, dan LCL sebesar 0,31 yang digunakan untuk mengetahui kestabilan rata-rata proses pengolahan air, sedangkan pada peta kendali R diperoleh nilai CL sebesar 0,90, UCL sebesar 1,40, dan LCL sebesar 0,41 yang digunakan untuk mengetahui kestabilan variasi atau rentang data pada proses pengolahan air.

Setelah dilakukan perhitungan peta kendali X dan peta kendali R, selanjutnya dilakukan pembuatan peta kendali X dan peta kendali R sebagai gambaran untuk menganalisis kestabilan proses pengolahan air.

Gambar 2. Peta kendali X

Pada gambar 2. peta kendali X menunjukkan bahwa proses pengolahan air masih belum terkendali secara statistik karena terdapat beberapa titik data yang berada di luar batas kendali atas (UCL), yaitu pada subgrup ke-12, 17, 23, 24, dan 28. Pada grafik diperoleh nilai CL sebesar 0,45, UCL sebesar 0,59, dan LCL sebesar 0,31, sehingga kondisi tersebut menunjukkan adanya variasi proses yang menyebabkan kualitas air masih berfluktuasi.

Gambar 3. Peta kendali R

Pada gambar 3. peta kendali R menunjukkan bahwa variasi proses pengolahan air masih belum terkendali secara statistik karena terdapat beberapa titik yang berada di atas batas kendali atas (UCL), sehingga menunjukkan variasi proses masih belum stabil. Pada grafik diperoleh nilai CL sebesar 0,90, UCL sebesar 1,40, dan LCL sebesar 0,41, sehingga kondisi tersebut menunjukkan adanya variasi proses yang masih tidak stabil pada pengolahan air.

Menghitung metode Six Sigma

Selanjutnya dilakukan pengukuran kinerja proses menggunakan metode Six Sigma dengan menghitung nilai Defect per Opportunity (DPO) dan Defect per Million Opportunities (DPMO), serta menentukan tingkat sigma level sebagai parameter kapabilitas proses. Hasil pengukuran ini digunakan untuk mengevaluasi tingkat kualitas proses dan mengidentifikasi besarnya variasi serta jumlah cacat yang terjadi.

Menentukan CTQ

Diketahui pada Tabel 1. kriteria Critical To Quality (CTQ) pada proses pengolahan air bersih di PT. XYZ ditentukan berdasarkan parameter turbidity, dimana nilai turbidity ≤ 1 NTU dinyatakan sebagai tidak cacat, sedangkan nilai turbidity ≥ 1 NTU dinyatakan sebagai cacat sehingga kriteria tersebut digunakan sebagai acuan dalam pengolahan data penelitian.

Menentukan defect

Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh total data sebanyak 720 sampel, dengan jumlah data yang termasuk kategori cacat sebanyak 69 sampel.

Menghitung DPO

$$\begin{aligned}
 DPO &= \\
 &= \\
 &= 0,09583
 \end{aligned}$$

DPO dihitung dari perbandingan jumlah defect 69 dengan total peluang 720×1 , sehingga diperoleh nilai 0,09583

Menghitung DPMO

$$\begin{aligned}
 DPMO &= DPO \times 1.000.000 \\
 &= 0,09583 \times 1.000.000 \\
 &= 95.833
 \end{aligned}$$

DPMO dihitung dengan mengalikan DPO 0,09583 di kali dengan 1.000.000 sehingga diperoleh 95.833.

Menghitung level sigma

$$\begin{aligned}
 \text{Level sigma} &= \text{NORMSINV}(1 -) + 1,5 \\
 &= 1,30566 + 1,5 \\
 &= 2,80566
 \end{aligned}$$

Level sigma dihitung dari DPMO menggunakan rumus dari excel NORMSINV dan ditambah 1,5, sehingga diperoleh nilai 2,81

Analisa dan pembahasan

Tahap analisa dan pembahasan diawali dengan evaluasi kestabilan proses menggunakan metode Statistical Quality Control (SQC) melalui peta kendali X-bar dan R untuk mengetahui apakah proses pengolahan air berada dalam kondisi

terkendali secara statistik. Selanjutnya, dilakukan pengukuran kinerja proses menggunakan pendekatan Six Sigma dengan menghitung nilai DPMO dan level sigma untuk mengetahui tingkat kualitas yang dihasilkan. Setelah itu, dilakukan analisis akar penyebab menggunakan diagram sebab-akibat (fishbone diagram) dengan mengelompokkan faktor ke dalam kategori man, method, material, machine, dan measurement. Dengan demikian, tahap analisa dan pembahasan ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama terjadinya ketidakstabilan proses dan tingginya nilai turbidity sehingga dapat menjadi dasar dalam penyusunan usulan perbaikan yang tepat.

Analyze

Pada tahap Analyze ini Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data pengukuran kualitas (turbidity) yang diambil selama 30 hari dengan interval waktu setiap jam. Total data yang diperoleh sebanyak 720 data pengamatan dengan jumlah cacat (defect) sebanyak 69. Pengolahan data dilakukan menggunakan metode Statistical Quality Control (SQC) dan Six Sigma untuk mengetahui kestabilan dan kapabilitas proses.

Analisa Peta Kendali X dan peta kendali R

Pengendalian kualitas pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode Statistical Quality Control (SQC) dengan alat bantu peta kendali X-bar dan peta kendali R. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah proses pengolahan data berada dalam kondisi terkendali secara statistik atau tidak. Berdasarkan hasil perhitungan peta kendali $\bar{X}$ dan R, diperoleh nilai batas kendali sebagai berikut:

Peta X :

CL= 0,45

UCL = 0,59

LCL =0,31

Peta R

CL = 0,90

UCL = 1,40

LCL = 0,41

hasil perhitungan, diperoleh nilai rata-rata ($\bar{x}$) sebesar 0,45 dan rata-rata rentang ($\bar{R}$) sebesar 0,90. Dengan konstanta A2 = 0,157, D3 = 0,451, dan D4 = 1,548, maka batas kendali peta X-bar adalah UCL = 0,59, CL = 0,45, dan LCL = 0,31.

Sedangkan pada peta R diperoleh UCL = 1,40, CL = 0,90, dan LCL = 0,41.

Peta kendali $\bar{X}$ dan R menunjukkan bahwa proses pengolahan air belum terkendali secara statistik, yang ditandai dengan adanya beberapa titik yang berada di luar batas kendali atas maupun bawah pada peta $\bar{X}$, serta banyaknya nilai range pada peta R yang melebihi batas kendali atas sehingga menunjukkan variasi proses yang tidak stabil. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa proses belum terkendali secara statistik dan perlu dilakukan perbaikan untuk mengurangi variasi agar proses menjadi lebih stabil.

Analisa Six Sigma

Berdasarkan hasil perhitungan Six Sigma diperoleh:

DPO = 0,09583

DPMO = 95.833

Level sigma = 2,80566

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai Defects Per Opportunity (DPO) sebesar 0,09583. Artinya bahwa terdapat sekitar 9,58% peluang terjadinya cacat dalam proses produksi, sehingga proses masih perlu dilakukan perbaikan untuk meningkatkan kualitas dan Defects Per Million Opportunities (DPMO) sebesar 95.833 Hal ini mengindikasikan bahwa proses belum berada pada kondisi yang baik sehingga diperlukan upaya perbaikan untuk menurunkan jumlah defect dan meningkatkan kualitas produk. Selanjutnya, diperoleh level sigma sebesar 2,80566. Nilai level sigma tersebut menunjukkan bahwa proses pengolahan air masih berada pada tingkat kualitas yang relatif rendah hingga sedang dan belum mencapai kondisi optimal.

Dengan demikian, meskipun proses secara umum telah mampu menghasilkan produk yang memenuhi standar dalam persentase yang cukup tinggi, masih terdapat variasi dan tingkat kecacatan yang perlu dikurangi. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan proses untuk meningkatkan stabilitas dan kapabilitas proses agar mencapai tingkat sigma yang lebih tinggi.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Statistical Quality Control (SQC) yang menunjukkan bahwa proses belum terkendali secara statistik dan masih terdapat variasi yang tidak terkendali, serta diperkuat oleh hasil perhitungan Six Sigma dengan nilai level sigma sebesar 2,81 dan nilai DPMO yang masih tinggi, maka dapat disimpulkan bahwa proses produksi belum optimal dan masih memerlukan perbaikan, dimana kondisi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor utama yang teridentifikasi melalui diagram fishbone, yaitu man (manusia), machine (mesin), method (metode), material, dan measurement (pengukuran). sehingga diperlukan langkah perbaikan yang sistematis dan terarah untuk mengurangi variasi proses, menurunkan tingkat kecacatan, dan meningkatkan kualitas hasil produksi. Berdasarkan hasil analisis data dan kondisi lapangan, ketidakstabilan kualitas air disebabkan oleh beberapa faktor utama, yaitu:

Gambar 4. Diagram fishbone

Dari analisis pada gambar 4. diketahui bahwa penyebab terjadinya defect pada proses produksi air bersih ($\text{turbidity} \geq 1 \text{ NTU}$) dipengaruhi oleh factor man, machine, method, material, dan measurement. Faktor material berkaitan dengan kualitas air baku yang tidak stabil, metode terkait ketidaktepatan proses koagulasi dan filtrasi, manusia disebabkan oleh kurangnya ketelitian dan kesadaran terhadap SOP, lingkungan dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan sumber air, serta pengukuran terkait alat dan pencatatan data yang kurang akurat. Dengan demikian, defect terjadi akibat kombinasi berbagai faktor sehingga diperlukan perbaikan pada seluruh aspek tersebut.

Rekomendasi perbaikan

Tahap rekomendasi perbaikan mengacu pada fase Improve dan Control dalam metode Six Sigma. Pada tahap Improve, dilakukan penerapan usulan perbaikan untuk mengatasi akar penyebab kecacatan. Selanjutnya, pada tahap Control, dilakukan pengendalian untuk memastikan perbaikan berjalan secara konsisten.

Improve

Tahap Improve dilakukan untuk merumuskan usulan perbaikan berdasarkan akar penyebab ketidakstabilan kualitas air bersih yang telah diidentifikasi pada tahap analyze. Metode 5M Checklist digunakan untuk mengelompokkan faktor-faktor penyebab masalah yang meliputi manusia (man), mesin (machine), metode (method), material, dan pengukuran (measurement), sehingga usulan perbaikan yang diberikan dapat lebih terarah dalam meningkatkan kestabilan proses pengolahan air dan memenuhi standar kualitas turbidity yang ditetapkan.

Tabel 4. Hasil analisa menggunakan 5M cheklish

No Faktor masalah Usulan perbaikan

1 Man Pekerja Kurangnya ketelitian dan fokus Human error saat pengoprasian Rendahnya kesadaran terhadap SOP Memberikan pendampingan yang tepat dan melaksanakan pengawasan yang ketat dan disiplin[20] pemeriksaan rutin, peningkatan kepatuhan terhadap SOP, dan peningkatan kesadaran operator akan risiko dan pentingnya ketelitian dalam setiap tahap proses produksi[22]

2 Machine Performa filter menurun akibat backwash tidak rutin Kerusakan peralatan pengolahan Kegiatan Maintenance yang rutin sangat dibutuhkan pada media saring dengan tujuan menjaga kualitas penyaringan air proses. [23]

3 Method Dosis koagulasi tidak sesuai backwash filter tidak sesuai jadwal waktu koagulasi tidak tepat Pengujian dosis koagulan seharusnya dilakukan setiap hari untuk menentukan dosis yang tepat untuk pengolahan air[24] Melakukan backwash secara berkala untuk membersihkan akumulasi polutan pada media filter sehingga kinerja filtrasi tetap optimal.[25]

4 Material kualitas air bakun berubah-ubah nilai turbidity meningkat saat hujan Peningkatan kualitas air baku dapat dilakukan melalui optimalisasi sistem filtrasi dan pengawasan parameter turbidity secara rutin[26] dilakukan jartest setiap kali terjadi perubahan dalam kondisi air, termasuk perubahan musim. [25]

Measure Metode pengukuran kurang tepat Pencatatan data kurang tepat Alat ukur kurang akurat Peningkatan akurasi alat ukur dapat dilakukan melalui pengujian dan kalibrasi rutin untuk meminimalkan kesalahan pengukuran kualitas air[27]

Berdasarkan tabel 4. hasil analisis menggunakan 5M checklist, faktor penyebab ketidakstabilan kualitas air berasal dari Berdasarkan analisis 5M checklist, penyebab ketidakstabilan kualitas air berasal dari faktor man, machine, method, material, dan measurement. Usulan perbaikan dilakukan melalui peningkatan ketelitian operator dan kepatuhan terhadap SOP, pemeliharaan filter dan peralatan secara rutin, pengaturan dosis koagulan serta jadwal backwash yang tepat, pemantauan kualitas air baku saat musim hujan, serta kalibrasi alat ukur dan perbaikan pencatatan data agar proses pengolahan air lebih stabil dan kualitas air memenuhi standar yang ditetapkan.

Control

Tahap control dilakukan untuk memastikan bahwa usulan perbaikan pada faktor man, machine, method, material, dan measurement dapat berjalan secara konsisten serta menjaga kestabilan proses pengolahan air. Berdasarkan hasil analisis sebelumnya, proses masih belum stabil sehingga diperlukan pengendalian melalui monitoring berkala, evaluasi proses, dan penerapan SOP agar kualitas air tetap memenuhi standar yang ditetapkan. Oleh karena itu, diperlukan langkah-langkah pengendalian sebagai berikut:

Man

Melakukan pengawasan terhadap kepatuhan operator terhadap SOP, evaluasi kinerja operator secara berkala, serta pelaksanaan pelatihan rutin untuk menjaga ketelitian dan mengurangi human error pada proses pengolahan air.

Machine

Melakukan preventive maintenance secara berkala pada unit filtrasi dan peralatan pengolahan air, serta memastikan jadwal backwash filter dilaksanakan sesuai prosedur agar performa filtrasi tetap optimal. Melakukan kalibrasi alat ukur secara rutin serta perawatan mesin untuk memastikan keakuratan pengukuran dan kestabilan proses.

Method

Melakukan pengontrolan dosis koagulan melalui jar test secara rutin dan memastikan proses koagulasi, flokulasi, serta backwash filter dilakukan sesuai SOP pengolahan air.

Material

Melakukan monitoring kualitas air baku secara berkala terutama saat musim hujan serta melakukan penyesuaian proses pengolahan berdasarkan kondisi kualitas air baku yang berubah-ubah..

Measurement

Melakukan kalibrasi alat ukur turbidity secara berkala, validasi hasil pengukuran, serta pengawasan pencatatan data kualitas air agar hasil pengukuran tetap akurat dan konsisten.

Berdasarkan hasil tersebut, upaya pengendalian dilakukan dengan memperhatikan faktor utama yang mempengaruhi kualitas air hasil pengolahan yaitu operator, peralatan pengolahan, metode pengolahan, kualitas air baku, dan proses pengukuran. Setiap faktor memiliki rekomendasi perbaikan yang diikuti dengan monitoring lanjutan, control plan, serta evaluasi yang dilakukan secara berkala agar proses pengolahan air tetap stabil dan terkendali. Dengan adanya pengendalian tersebut diharapkan nilai turbidity dapat diminimalkan serta kualitas air yang dihasilkan menjadi lebih konsisten dan memenuhi standar yang ditetapkan.

VII. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian diatas sebagai berikut:

Berdasarkan hasil perhitungan Statistical Quality Control (SQC), pada peta kendali $\bar{X}$ diperoleh nilai CL sebesar 0,45, UCL sebesar 0,59, dan LCL sebesar 0,31, sedangkan pada peta kendali R diperoleh nilai CL sebesar 0,90, UCL sebesar 1,40, dan LCL sebesar 0,41. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses pengolahan air masih belum terkendali secara statistik karena terdapat beberapa titik data di luar batas kendali sehingga proses masih mengalami variasi yang tidak stabil. Hasil perhitungan Six Sigma diperoleh nilai DPO sebesar 0,09583, DPMO sebesar 95.833, dan level sigma sebesar 2,81 yang menunjukkan kapabilitas proses masih belum optimal.

Ketidakstabilan kualitas air dipengaruhi oleh faktor manusia, mesin, metode, material, dan pengukuran, seperti perubahan kualitas air baku, peningkatan turbidity saat hujan, ketidaktepatan dosis koagulan, penurunan performa filter, dan kurang optimalnya pengawasan operator.

Perbaikan dilakukan melalui peningkatan pengawasan operator dan kepatuhan SOP, preventive maintenance dan backwash filter secara berkala, pengontrolan dosis koagulan menggunakan jar test, monitoring kualitas air baku, serta kalibrasi alat ukur dan monitoring proses secara berkelanjutan menggunakan peta kendali.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA) serta perusahaan PT XYZ atas kesempatan, bantuan, dan penyediaan data selama proses penelitian ini berlangsung.