



Pengendalian dan penjaminan mutu kualitas air pada wilayah Sungai Bondoyudo Baru di Lumajang dengan menggunakan metode six sigma dan PDCA

Ayesha Tita Zafira✉, Iriani¹

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur⁽¹⁾

DOI: 10.31004/jutin.v8i1.39934

✉ Corresponding author:

22032010206@student.upnjatim.ac.id

Article Info

Abstrak

Kata kunci:
Kualitas air;
Pengendalian kualitas;
Six Sigma;
PDCA (Plan, Do, Check, Act);

Sungai merupakan objek yang sangat penting bagi beberapa masyarakat di wilayah Lumajang, karena beberapa aktivitas mereka yang sangat bergantung dengan sungai sehingga mempengaruhi kualitas air sungai. Beberapa warga melakukan aktivitas seperti mencuci pakaian, buang air besar dan mandi di sumber air yang mengalir ke arah sungai. Hal ini mengakibatkan beberapa sungai di Lumajang tidak memenuhi baku mutu kelas III. Pada wilayah sungai Bondoyudo Baru di Lumajang ini diketahui bahwa beberapa parameter yang tidak memenuhi baku mutu air kelas III, yaitu COD, DO, Total *Coliform* dan *Fecal Coliform*. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengendalian kualitas air wilayah sungai Bondoyudo Baru di Lumajang untuk mengidentifikasi level sigma yang tidak sesuai dengan spesifikasi dan mengusulkan perbaikan dalam mengurangi pencemaran. Analisis data ini menggunakan metode Six Sigma dengan tahapan DMAIC (*Define, Measure, Improve, Control*). Hasil dari penelitian ini diperoleh nilai level sigma sebesar 3,295. Faktor penyebab utamanya diantaranya terdapat kegiatan domestik, kegiatan industri, kurangnya revitalisasi sungai. Pada tahap *improve*, digunakan metode PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) untuk melakukan perbaikan pada kualitas air wilayah sungai Bondoyudo Baru di Lumajang.

Keywords:
Water quality;
Quality control;
Six sigma;
PDCA (Plan, Do, Check, Act)

Abstract

Rivers are very important objects for several communities in the Lumajang area, because some of their activities are very dependent on rivers, resulting in environmental damage, thus affecting the quality of river water. Some residents carry out activities such as washing clothes, defecating and bathing in water sources that flow towards the river. This resulted in several rivers in Lumajang not meeting class III quality standards. In the New Bondoyudo river area in Lumajang, it is known that several parameters do not meet class III water quality standards, namely COD, DO, Total *Coliform* and *Fecal Coliform*. The aim of this research is to *analyze* water quality control in the New Bondoyudo river area in Lumajang to identify sigma levels that *do* not comply with specifications and propose improvements to reduce pollution. This data analysis uses the Six Sigma method with DMAIC stages (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). The results of this research obtained a sigma level value of 3.295. The main causal factors include *domestic* activities, industrial activities, lack of river revitalization. In the *improve* stage, the PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) method is used to make improvements to the water quality of the Bondoyudo Baru river area in Lumajang.

1. INTRODUCTION

Kualitas air sungai di era globalisasi menghadapi tantangan serius akibat aktivitas manusia yang semakin meningkat. Urbanisasi dan industrialisasi menyebabkan pembuangan limbah domestik dan industri ke sungai, yang mencemari air dengan bahan yang berbahaya. Pertumbuhan penduduk dan urbanisasi yang pesat menyebabkan peningkatan limbah domestik dan industri yang sering mencemari sungai. Aktivitas industri yang tidak terkontrol memperburuk polusi dengan pembuangan bahan olahan pabrik yang berbahaya langsung ke badan sungai. Sungai merupakan suatu bentuk ekosistem yang mempunyai peran penting dalam daur hidrologi dan berfungsi sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*) bagi daerah disekitarnya, sehingga kondisi suatu sungai sangat dipengaruhi oleh karakteristik yang dimiliki oleh lingkungan disekitarnya sebagai suatu ekosistem, perairan sungai mempunyai berbagai komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi membentuk suatu jalinan fungsional yang saling mempengaruhi. Komponen pada ekosistem sungai akan terintegrasi satu sama lainnya membentuk suatu aliran energi yang akan mendukung stabilitas ekosistem tersebut (Fitri, 2019).

Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur adalah instansi pemerintah daerah yang bertanggung jawab dalam pengelolaan infrastruktur pekerjaan umum serta sumber daya air. Tugas utama dinas ini adalah melaksanakan kebijakan, pengelolaan, dan pengembangan infrastruktur yang mendukung pengelolaan air, mulai dari irigasi, pengendalian banjir, hingga penyediaan air baku. Pengetahuan praktis di bidang ini sangat penting untuk memastikan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan kualitas air sungai memiliki tantangan operasional tinggi. Dalam menganalisis kualitas air sungai, digunakan metode Six Sigma untuk memperbaiki kondisi kualitas air sungai yang memiliki banyak nilai-nilai dasar seperti prinsip-prinsip perbaikan proses, manajemen sistem, dan perbaikan terus menerus. Selain itu, metode ini juga dapat digunakan untuk memahami dan memperbaiki faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas air, serta mengidentifikasi potensi penyebab variasi yang dapat menyebabkan pencemaran atau penurunan kualitas air. Langkah untuk mengoptimalkan kinerja pengendalian kualitas sungai dapat dilakukan dengan lima tahapan yang dikenal DMAIC sebagai karakteristik Six Sigma. Secara sistematis yang pertama dilakukan yakni, mendefinisikan (*Define*), mengukur (*Measure*), menganalisa (*Analyze*), memperbaiki (*Improve*), dan mengendalikan (*Control*). Pada langkah *improve* akan digunakan model Plan, Do, Check, Act (PDCA) guna untuk meningkatkan kualitas air sungai secara berkelanjutan (Albana & Salim Dahdah, 2023).

Dalam pengelolaan kualitas air pada wilayah sungai Bondoyudo Baru di Lumajang ini, bertujuan untuk memulihkan ekosistem sungai yang terdegradasi akibat aktivitas manusia. Dengan penerapan metode Six Sigma dengan lima tahapan DMAIC terhadap kualitas air sungai diharapkan tercipta kualitas air sungai yang tidak hanya air dapat tercemar dari limbah domestik, limbah industri, dan limbah tinja melalui penerapan teknologi pengolahan air limbah yang efektif, serta kolaborasi antara pemerintah, industri, dan masyarakat tetapi juga memberi lingkungan yang bersih untuk seterusnya. Sedangkan dengan pendekatan menggunakan metode PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) ini bertujuan untuk melakukan perbaikan yang lebih efektif pada kualitas air sungai agar sesuai dengan baku mutu air kelas III. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi strategis dengan mengintegrasikan pendekatan teoritik dan praktis untuk mendukung pengembangan kualitas air sungai pada wilayah sungai Bondoyudo Baru di Lumajang. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya relevan bagi tim Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur dan Dinas Lingkungan Hidup (DLH) di Lumajang tetapi juga menguntungkan bagi penduduk Lumajang dan sekitarnya.

2. METHODS

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan metode sekunder dengan melakukan pengambilan data berkas pada Bulan Juni-Juli tahun 2024. Pengambilan data ini berada di wilayah sungai Bondoyudo Baru di Lumajang dan sekitarnya. Terdapat beberapa titik sungai yang diambil yaitu sebesar 19 titik. Dilakukannya analisis ini adalah agar sesuai dengan kriteria baku mutu kelas III berdasarkan PP No.22 Tahun 2021. Baku mutu kelas tiga merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut (Zaman & Nasution, 2021). Adapun variabel bebas dalam penelitian ini yaitu jenis *defect* atau *critical to quality* (CTQ) pada hasil data kualitas air berupa parameter suhu, pH, *DO* (*Dissolved Oxygen*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), Total Coliform dan Fecal Coliform. Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini yaitu jumlah *defect* atau *critical to quality* (CTQ) produk yang memiliki cacat atau tidak sesuai baku mutu air.

Dalam penelitian pengendalian dan penjaminan mutu terhadap kualitas air pada wilayah sungai Bondoyudo Baru di Lumajangan ini digunakan dengan metode six sigma dan PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). Metode Six Sigma adalah metode metodologi formal dan ketat yang bertujuan mengurangi variasi proses untuk memastikan profitabilitas suatu jasa/organisasi. Filosofi Six Sigma adalah untuk memantau proses terus menerus dan bertujuan menghilangkan dan mengurangi defect (cacat) atau kegagalan dari suatu proses. Defect didefinisikan sebagai penyimpangan dalam kinerja *Critical to quality* (CTQ). Salah satu metode pendekatan untuk penerapan six sigma adalah metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). DMAIC juga merupakan proses berulang (*closed-loop process*) yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan proses yang tidak produktif dengan fokus pada pengukuran yang baru dan penerapan teknologi untuk meningkatkan kualitas (Ulfah & Auliandri, 2019). Selain itu, dilakukan penelitian ini dengan metode PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). PDCA adalah filosofi perbaikan berkelanjutan yang bisa diterapkan ke dalam budaya organisasi dengan memperhatikan penyimpangan yang mungkin terjadi dengan tujuan utama agar proses menjadi lebih baik. Hal ini berfokus pada pengembangan perbaikan suatu proses dengan berfokus pada perbaikan berkelanjutan dengan fokus terhadap permasalahan yang terjadi (Setiawan & Supriyadi, 2021).

3. RESULT AND DISCUSSION

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data variabel parameter dari hasil akhir data pada bulan Juni hingga Juli pada tahun 2024. Dari data tersebut ditemukan kegagalan pada beberapa parameter uji yang tidak memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Hal ini dilakukan dengan metode Six Sigma yang dikenal dengan konsep DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Secara detail akan dibahas sebagai berikut ini:

1) **Tahap Define**

Pada tahap define terdapat beberapa hal yang harus dilakukan, yang pertama adalah menetapkan CTQ berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan. Dalam konteks penelitian ini, CTQ (*Critical to Quality*) yang digunakan terdapat 6 parameter meliputi Suhu, pH, DO, COD, Total Coliform, dan Fecal Coliform. CTQ digunakan untuk mengetahui karakteristik kualitas air agar mencapai standar spesifikasi. Adapun hasil data akhir kualitas air Sungai Bondoyudo Baru di Lumajang dapat dilihat berikut ini:

Tabel 1. Data Kualitas Air Wilayah Sungai Bondoyudo Baru di Lumajang Bulan Juni 2024

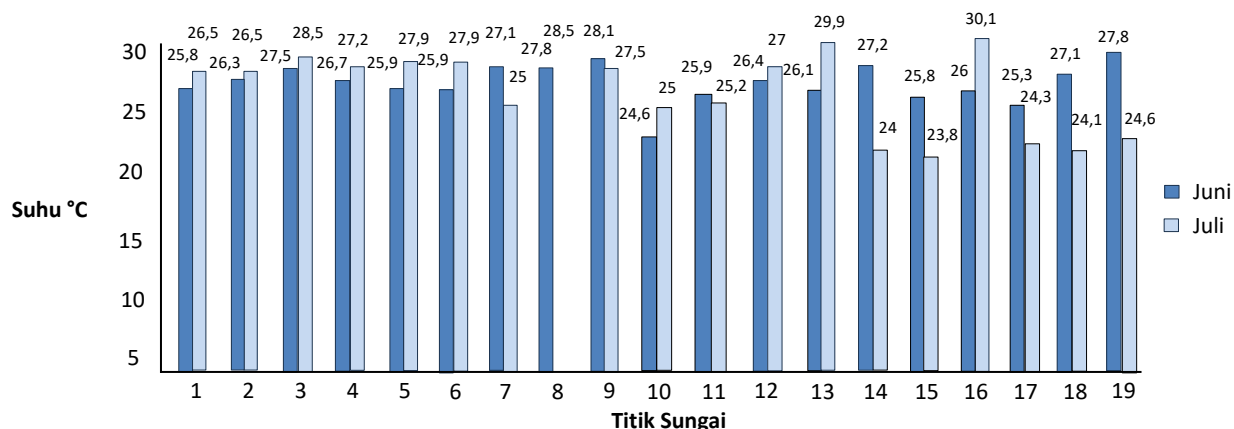
Titik Sungai	Lokasi Sungai	Parameter (mg/L)					
		Suhu	pH	DO	COD	Total Coliform	Fecal Coliform
1	K.Tanggul Hulu	25,8	7,71	6,5	6,5	104.620	27.230
2	K.Tanggul Hilir	26,2	7,78	6	6	22.800	1.000
3	K. Jatiroto	27,5	7,84	6,6	6,6	73.800	12.100
4	K. Mayang hulu	26,7	8,09	5,7	5,7	21.870	3.000
5	K. Mayang tengah	25,9	8,30	6,2	6,2	26.130	2.590
6	K. Mayang hilir	25,9	8,00	6	6	3.100	-
7	K. bedadung hulu	27,1	8,02	6,4	6,4	13.200	2.000
8	K. bedadung tengah	27,8	7,80	6,5	6,5	133.300	1.000
9	K. bedadung hilir	28,1	7,74	6,5	6,5	21.300	3.100
10	K. bondoyudo hulu	24,6	7,41	7,0	7,0	49.700	7.400
11	K. bondoyudo tengah	25,9	7,43	6,0	6,0	2.000	2.000
12	K. bondoyudo hilir	26,4	7,59	6,0	6,0	56.300	4.100
13	Ranu Klakah	26,1	8,23	2,5	2,5	1.000	-
14	Rowo Kancu	27,2	7,32	7,0	7,0	4.513	300
15	Selo Kambang	25,8	6,98	2,3	2,3	4.725	630
16	Ranu Pakis	26	8,35	7,0	7,0	2.000	-
17	K. baru hulu	25,3	7,94	7,1	7,1	4.915	3.270
18	K. baru hilir	27,1	8,01	6,0	6,0	24.600	-
19	K. Pro	27,8	7,96	6,0	6,0	21.100	4.100

Tabel 2. Data Kualitas Air Wilayah Sungai Bondoyudo Baru di Lumajang Bulan Juli 2024

Titik Sungai	Lokasi Sungai	Parameter (mg/L)					
		Suhu	pH	DO	COD	Total Coliform	Fecal Coliform
1	K.Tanggul Hulu	26,5	7,7	7,61	11,8	241.960	23.590
2	K.Tanggul Hilir	26,5	7,76	7,49	16,5	26.030	4.710
3	K. Jatiroto	28,5	7,33	7,4	16,5	11.450	300
4	K. Mayang hulu	27,2	8,19	7,6	8,6	14.830	2.280
5	K. Mayang tengah	27,9	8,23	7,62	6,4	8.160	8.160
6	K. Mayang hilir	27,9	7,96	6,86	27,5	61.310	7.060
7	K. bedadung hulu	25	8,09	6,97	23,2	6.890	630
8	K. bedadung tengah	28,5	7,86	7,3	19,6	13.540	860
9	K. bedadung hilir	27,5	8,07	7,35	16,2	13.540	520
10	K. bondoyudo hulu	25	7,57	7,66	55,0	48.840	7.120
11	K. bondoyudo tengah	25,2	7,69	7,44	60,0	14.210	1.210
12	K. bondoyudo hilir	27	7,79	7,67	23,30	11.060	2.620
13	Ranu Klakah	29,9	8,2	2,8	23,90	2.064	310
14	Rowo Kancu	24	7,92	7,24	20,70	11.780	1.220
15	Selo Kambang	23,8	7,31	2,7	17,00	11.240	510
16	Ranu Pakis	30,1	8,59	7,59	7,90	1.455	-
17	K. baru hulu	24,3	8,01	6,95	24,20	8.500	5.730
18	K. baru hilir	24,1	7,99	7,48	11,90	22.470	2.650
19	K. Pro	24,6	7,85	7,5	11,00	21.420	3.450

Dari tabel diatas dapat dijelaskan sebagai berikut

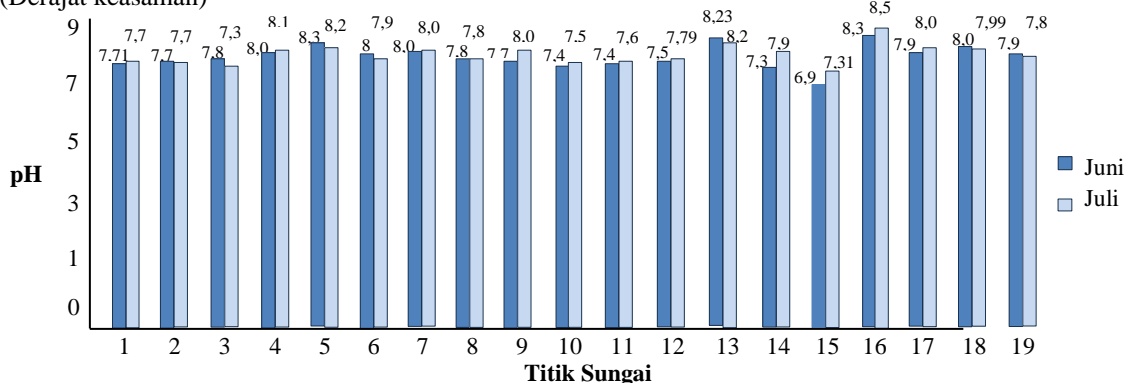
- Suhu (*Temperature*)



Gambar 1. Nilai Suhu Wilayah Sungai Bondoyudo Baru di Lumajang

Berdasarkan hasil diagram diatas yang diperoleh, terdapat fluktuasi suhu pada tiap titik dan waktu sampling. Hasil pengukuran pada Bulan Juni di titik sungai 1-19 adalah 26°C, sementara pada Bulan Juli suhunya adalah 27°C. Rentang hasil pengukuran di titik sungai pemantauan 1 hingga 19 setiap bulannya jika dilihat dari grafik diatas berkisar antara 28-30,1°C. Suhu tertinggi mencapai 31°C yakni pada titik pemantauan ke-16. Hasil diatas masih dapat dikatakan mematuhi kriteria mutu air kelas III berdasarkan PP No.22 Tahun 2021, yang mengizinkan deviasi 3°C dari suhu alami. Suhu alami di suatu perairan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti musim, paparan sinar matahari, debit air sungai, dan arus sungai. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian (Marlina, Hudori, & Hafidh, 2017), bahwa suhu permukaan perairan biasanya berada pada kisaran 28-31°C yang masih mendukung kehidupan organisme akuatik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa hasil uji parameter suhu pada WS Bondoyudo Baru di Lumajang masih memenuhi standar mutu air yang dipersyaratkan.

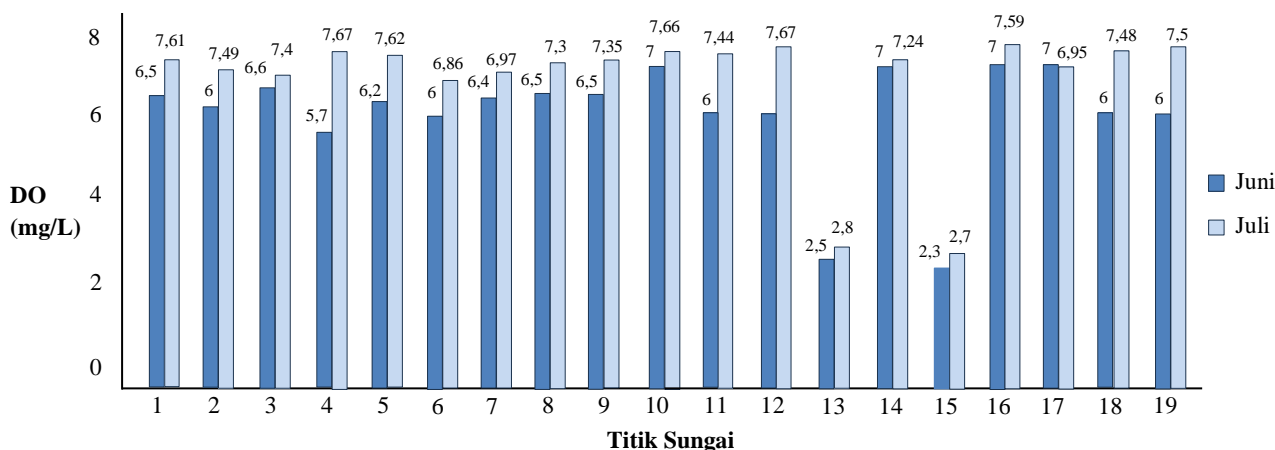
- pH (Derajat keasaman)



Gambar 2. Nilai pH Wilayah Sungai Bondoyudo Baru di Lumajang

Berdasarkan diagram dan tabel diatas, fluktuasi pH bulan Juni berkisar antara 7,82. Sedangkan fluktuasi pH pada bulan Juli didapatkan sebesar 7,9. Pengambilan data ini tidak melampaui baku mutu sesuai PP No. 22 Tahun 2021 yaitu 6-9. Nilai pH berkaitan dengan kadar karbondioksida, artinya semakin tinggi pH perairan maka semakin rendah karbondioksida di air. Konsentrasi pH suatu perairan juga dipengaruhi oleh limbah rumah tangga serta limbah pabrik yang berada di sekitar perairan sungai (Handoco, 2021). Terjadinya peningkatan nilai pH dari sungai menuju laut disebabkan oleh adanya pencampuran antara air tawar dari daratan dengan kadar salinitas rendah dengan air laut dengan kadar salinitas tinggi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa parameter pH WS Bondoyudo Baru di Lumajang dikatakan memenuhi baku mutu kelas III. yang memungkinkan dapat mendukung kehidupan mikroorganisme dalam air.

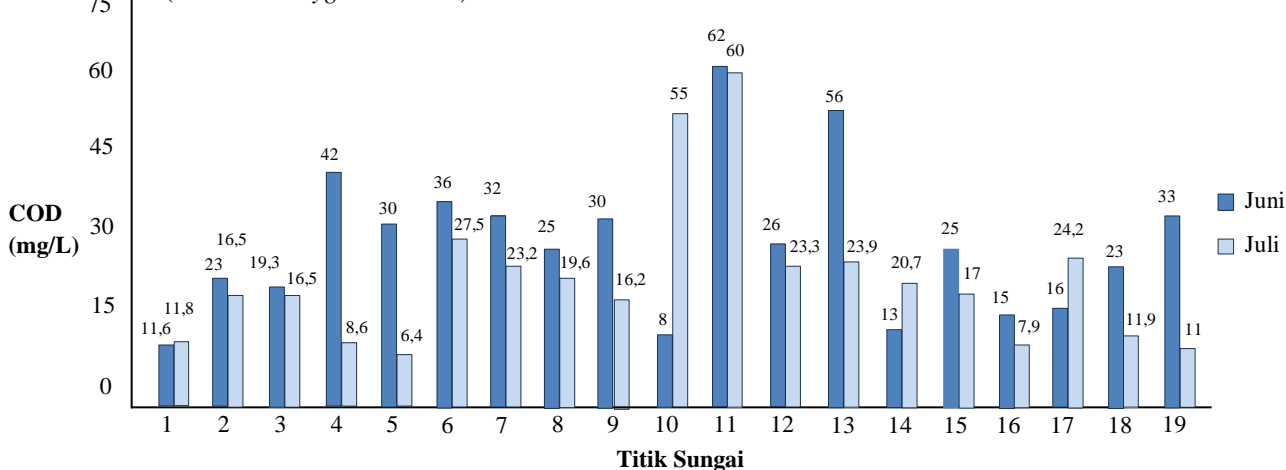
- DO (*Dissolved Oxygen*)



Gambar 3. Nilai DO Wilayah Sungai Bondoyudo Baru di Lumajang

Parameter oksigen terlarut (*DO*) untuk masing-masing titik selama dua bulan mengalami fluktuasi. Adanya kenaikan nilai *DO* pada bulan juni di titik 1-12, 14, 16 hingga 19. Begitu juga dengan hasil di bulan juli. Nilai *DO* tersebut diperkirakan akan meningkat seiring meningkatnya intensitas cahaya matahari dan proses fotosintesis. Konsentrasi *DO* di perairan berfluktuasi secara harian dan musiman bergantung pada pencampuran massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi dan masukan limbah (Handoco, 2021). Sedangkan penurunan nilai *DO* terjadi pada saat bulan juni-juli di titik 13 (bulan Juni sebesar 2,5 mg/L dan bulan Juli sebesar 2,8 mg/L) dan titik 15 (bulan Juni sebesar 2,3 mg/L dan bulan Juli sebesar 2,7 mg/L). Hal ini diakibatkan oleh akumulasi bahan organik akibat aktivitas manusia. Penggunaan oksigen terlarut oleh mikroorganisme untuk mendegradasi zat-zat organik dalam jumlah banyak mengakibatkan berkurangnya jumlah oksigen terlarut dalam air, akibatnya mikroorganisme aerob mati sehingga mikroorganisme anaerob yang tersisa dapat menyebabkan air menjadi bau (Mudatsir, 2007). Sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter *DO* tidak memenuhi baku mutu air kelas III atau dalam kategori tercemar.

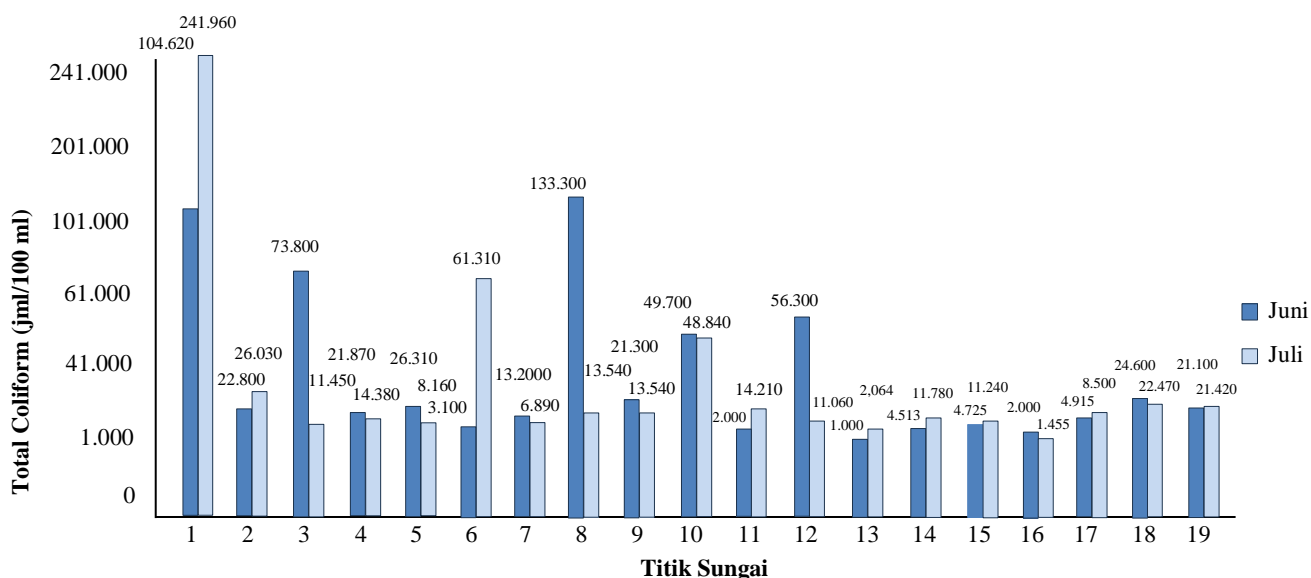
• COD (*Chemical Oxygen Demand*)



Gambar 4. Nilai COD Wilayah Sungai Bondoyudo Baru di Lumajang

Berdasarkan diagram dan tabel diatas, terdapat nilai COD yang telah melewati baku mutu air kelas III menurut PP No. 22 Tahun 2021 yang memiliki parameter COD sebesar 50 mg/L. Didapatkan dari data diatas, menunjukkan pada bulan Juni di titik 11 dan 13 telah melewati baku mutu air kelas III. Begitu juga dengan bulan Juli di titik 10 dan 11. Hal tersebut terjadi karena banyaknya sampah dan limbah yang masuk ke dalam perairan, sehingga mencemari aliran sungai. Peningkatan nilai COD dari satu titik ke titik lain menunjukkan adanya akumulasi jumlah bahan organik dalam perairan yang berasal dari aliran sungai yang tercemar karena aktivitas manusia dan aktivitas lainnya. COD juga merupakan faktor pembatas untuk fitoplankton pada perairan. Konsentrasi COD tinggi dikarenakan karena adanya mangrove di sepanjang aliran sungai terdapat akumulasi limbah dan menumpuknya bahan organik, serta adanya pembuangan limbah yang bersumber dari arah pemukiman (Mutmainah, 2022)

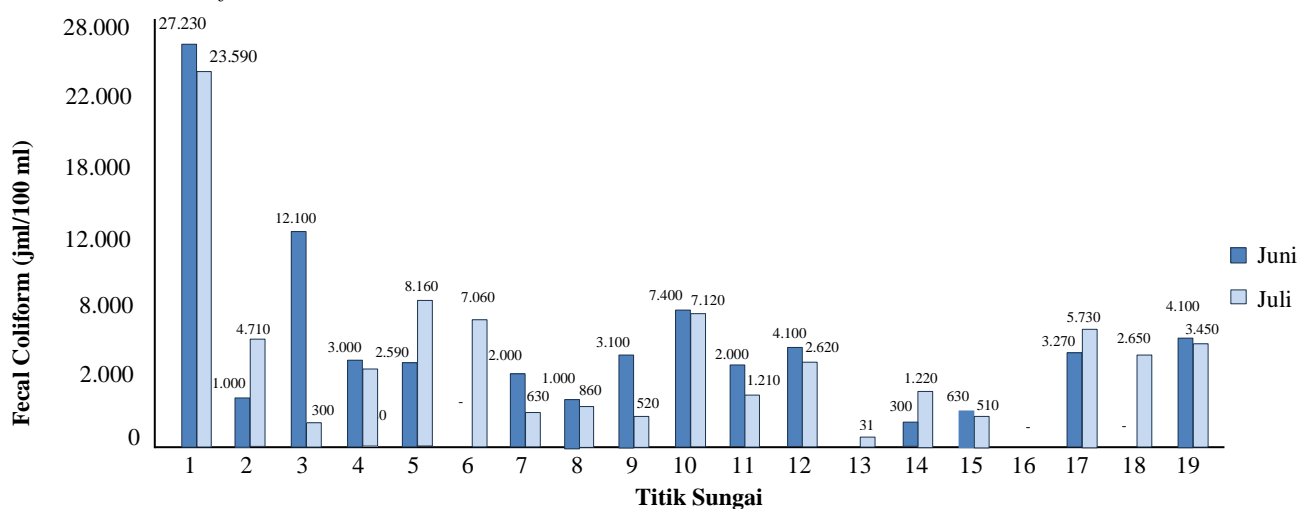
• Total Coliform



Gambar 5. Nilai Total Coliform Wilayah Sungai Bondoyudo Baru di Lumajang

Berdasarkan diagram dan tabel diatas, terdapat nilai Total Coliform yang telah melewati baku mutu air kelas III menurut PP No. 22 Tahun 2021 sebesar 10.000 jml/100ml. Terdapat pada bulan Juni ditemukan total coliform yang melebihi baku mutu air sebesar 12 titik. Sedangkan pada bulan Juli ditemukan total coliform yang melebihi baku mutu air sebesar 14 titik. Nilai total coliform yang sangat tinggi menunjukkan bahwa ada pembuangan limbah rumah tangga yang langsung ke dalam sungai. Total coliform sebagai parameter uji mikrobiologi pada penelitian ini dan sebagai indikator pencemaran perairan. Semakin tinggi nilai total coliform maka mikroba patogen semakin banyak dan bisa membahayakan kesehatan manusia yang memanfaatkan air dan masuk kedalam tubuh manusia (Astuti, Syafrudin, & Susilowati, 2023).

• *Fecal Coliform*



Gambar 6. Nilai *Fecal Coliform* Wilayah Sungai Bondoyudo Baru di Lumajang

Berdasarkan grafik dan tabel diatas, terdapat nilai *Fecal Coliform* yang telah melewati baku mutu air kelas III menurut PP No. 22 Tahun 2021 sebesar 2.000 jml/100ml. Terdapat pada bulan Juni ditemukan *fecal coliform* yang melebihi baku mutu air sebesar 10 titik. Sedangkan pada bulan Juli ditemukan *fecal coliform* yang melebihi baku mutu air sebesar 9 titik. *Fecal Coliform* ini disebabkan masyarakat masih melakukan buang air besar di sekitar sungai dan untuk parameter fenol disebabkan oleh penggunaan pestisida atau desinfektan pada sawah. Kadar fenol yang tinggi mempengaruhi *Fecal Coliform*, karena bersifat desinfektan (Sheftiana, Sarminingsih, & Nugraha, 2017). Nilai fecal coliform dari hulu ke hilir mengalami peningkatan. Konsentrasi tertinggi dan melebihi baku mutu air kelas III berada pada bagian hilir. Tingginya konsentrasi *fecal coliform* di bagian hulu dan hilir yang melewati daerah perkotaan disebabkan karena adanya akumulasi jumlah penduduk dari wilayah hulu, tengah dan hilir sehingga limbah domestik dan peternakan juga terakumulasi di bagian hilir (Mailisa, Yulianto, & Warsito, 2021).

2) **Tahap Measure (Pengukuran Nilai Level Sigma)**

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data untuk mengukur kinerja proses sebelum perbaikan dilakukan. Langkah-langkah yang akan dilakukan adalah menghitung *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) dan menentukan nilai level sigma. Perhitungan nilai DPMO dan level sigma dapat dijabarkan sebagai berikut:

a) Menghitung DPU (*Defects per Unit*)

DPU bertujuan untuk mengevaluasi rata-rata yang mengandung satu atau lebih kegagalan dalam memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Secara umum, DPU mengindikasikan rata-rata parameter per unit.

Berikut adalah perhitungan DPU:

- Bulan Juni

(Titik 1- Titik 19)

$$DPU_{DO} = \frac{2}{19} = 0,105$$

$$DPU_{COD} = \frac{2}{19} = 0,105$$

$$DPU_{TOTAL COLIFORM} = \frac{12}{19} = 0,632$$

$$DPU_{FECAL COLIFORM} = \frac{9}{19} = 0,473$$

- Bulan Juli

(Titik 1- Titik 19)

$$DPU_{DO} = \frac{2}{19} = 0,105$$

$$DPU_{COD} = \frac{2}{19} = 0,105$$

$$DPU_{TOTAL COLIFORM} = \frac{14}{19} = 0,736$$

$$DPU_{FECAL COLIFORM} = \frac{10}{19} = 0,526$$

b) Menghitung DPO (*Defects per Opportunities*)

Defect merupakan kegagalan dalam memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. *Defects per Opportunities* (DPO) adalah ukuran kegagalan yang dihitung dalam program peningkatan kualitas six sigma, dengan menunjukkan jumlah parameter yang mengalami kegagalan per satu kesempatan uji. Berikut adalah kalkulasi DPO:

- Bulan Juni

(Titik 1- Titik 19)

$$DPO_{DO} = \frac{0,105}{6} = 0,0175$$

$$DPO_{COD} = \frac{0,105}{6} = 0,0175$$

$$DPO_{TOTAL COLIFORM} = \frac{0,632}{6} = 0,105$$

$$DPO_{FECAL COLIFORM} = \frac{0,473}{6} = 0,078$$

- Bulan Juli

(Titik 1- Titik 19)

$$DPO_{DO} = \frac{0,105}{6} = 0,0175$$

$$DPO_{COD} = \frac{0,105}{6} = 0,0175$$

$$DPO_{TOTAL COLIFORM} = \frac{0,736}{6} = 0,123$$

$$DPO_{FECAL COLIFORM} = \frac{0,526}{6} = 0,087$$

c) Menghitung DPMO (*Defects per Million Opportunity*)

Defects per Million Opportunity (DPMO) merupakan ukuran kegagalan dalam program peningkatan six sigma, yang menunjukkan kegagalan per satu juta kesempatan uji parameter. Berikut adalah perhitungan DPMO:

- Bulan Juni

(Titik 1- Titik 19)

$$DPMO_{DO} = 0,0175 \times 1.000.000 = 17.500$$

$$DPMO_{COD} = 0,0175 \times 1.000.000 = 17.500$$

$$DPMO_{TOTAL COLIFORM} = 0,105 \times 1.000.000 = 105.000$$

$$DPMO_{FECAL COLIFORM} = 0,078 \times 1.000.000 = 78.000$$

- Bulan Juli

(Titik 1- Titik 19)

$$DPMO_{DO} = 0,0175 \times 1.000.000 = 17.500$$

$$DPMO_{COD} = 0,0175 \times 1.000.000 = 17.500$$

$$DPMO_{TOTAL COLIFORM} = 0,123 \times 1.000.000 = 123.000$$

$$DPMO_{FECAL COLIFORM} = 0,087 \times 1.000.000 = 87.000$$

d) Menentukan Level Sigma

Dalam mengukur level sigma, dapat digunakan alat bantu berupa tabel konversi DPMO ke nilai sigma. Apabila nilai DPMO tidak tercantum dalam tabel konversi sigma, maka dapat menggunakan rumus interpolasi untuk mendapatkan nilai sigma yang sesuai. Berikut ini dibawah perhitungan mengenai level sigma:

➤ Bulan Juni

- Level Sigma *DO* (Titik 1- Titik 19)

$$\frac{17.500 - 17.429}{17.864 - 17.429} = \frac{y - 3,61}{3,60 - 3,61}$$

$$\frac{71}{435} = \frac{y - 3,60}{-0,01}$$

$$-0,71 = 435 y - 1566$$

$$-435 y = -0,71 - 1566$$

$$-435 y = -1566,7$$

$$Y = 3,6$$

Dari penjabaran perhitungan interpolasi parameter *DO* bulan Juni didapatkan hasil level sigma berada pada angka 3,6 yang mana pada parameter ini masih terdapat kegagalan dalam memenuhi baku mutu air yang dipersyaratkan.

- Level Sigma *COD* (Titik 1 - Titik 19)

$$\frac{17.500 - 17.429}{17.864 - 17.429} = \frac{y - 3,61}{3,60 - 3,61}$$

$$\frac{71}{435} = \frac{y - 3,60}{-0,01}$$

$$-0,71 = 435 y - 1566$$

$$-435 y = 0,71 - 1566$$

$$-435 y = -1566,7$$

$$Y = 3,6$$

Dari penjabaran perhitungan interpolasi parameter *COD* bulan Juni didapatkan hasil level sigma berada pada angka 3,6 yang mana pada parameter ini masih terdapat kegagalan dalam memenuhi baku mutu air yang dipersyaratkan.

- Level Sigma *Total Coliform* (Titik 1 - Titik 19)

$$\frac{105.000 - 84.000}{105.600 - 84.000} = \frac{y - 2,875}{2,75 - 2,875}$$

$$\frac{21.000}{21.600} = \frac{y - 3,60}{-0,125}$$

$$-2.625 = 21.600 y - 77.760$$

$$-21.600 y = 2.625 - 77.760$$

$$-21.600 y = -75.135$$

$$Y = 3,4$$

Dari penjabaran perhitungan interpolasi parameter *Total Coliform* bulan Juni didapatkan hasil level sigma berada pada angka 3,4 yang mana pada parameter ini masih terdapat kegagalan dalam memenuhi baku mutu air yang dipersyaratkan.

- Level Sigma *Fecal Coliform* (Titik 1 - Titik 19)

$$\frac{78.000 - 64.000}{88.000 - 64.000} = \frac{y - 3}{2,875 - 3}$$

$$\frac{14.000}{24.000} = \frac{y - 3}{-0,125}$$

$$-1.750 = 24.000 y - 72.000$$

$$-24.000 y = 1.750 - 72.000$$

$$-24.000 y = -70.250$$

$$Y = 2,92$$

Dari penjabaran perhitungan interpolasi parameter *Total Coliform* bulan Juni didapatkan hasil level sigma berada pada angka 2,9 yang mana pada parameter ini masih terdapat kegagalan dalam memenuhi baku mutu air yang dipersyaratkan.

➤ Bulan Juli

- Level Sigma *DO* (Titik 1- Titik 19)

$$\frac{17.500 - 17.429}{17.864 - 17.429} = \frac{y - 3,61}{3,60 - 3,61}$$

$$\frac{71}{435} = \frac{y - 3,60}{-0,01}$$

$$-0,71 = 435 y - 1566$$

$$-435 y = -0,71 - 1566$$

$$-435 y = -1566,7$$

$$Y = 3,6$$

Dari penjabaran perhitungan interpolasi parameter *DO* bulan Juli didapatkan hasil level sigma berada pada angka 3,6 yang mana pada parameter ini masih terdapat kegagalan dalam memenuhi baku mutu air yang dipersyaratkan.

- Level Sigma COD (Titik 1 - Titik 19)

$$\frac{17.500 - 17.429}{17.864 - 17.429} = \frac{y - 3,61}{3,60 - 3,61}$$

$$\frac{71}{435} = \frac{y - 3,60}{-0,01}$$

$$-0,71 = 435 y - 1566$$

$$-435 y = 0,71 - 1566$$

$$-435 y = -1566,7$$

$$Y = 3,6$$

Dari penjabaran perhitungan interpolasi parameter COD bulan Juli didapatkan hasil level sigma berada pada angka 3,6 yang mana pada parameter ini masih terdapat kegagalan dalam memenuhi baku mutu air yang dipersyaratkan.

- Level Sigma Total *Coliform* (Titik 1 - Titik 19)

$$\frac{123.000 - 105.600}{130.300 - 105.600} = \frac{y - 2,75}{2,625 - 2,75}$$

$$\frac{17.400}{24.700} = \frac{y - 2,75}{-0,125}$$

$$-2.175 = 24.700 y - 67.925$$

$$-24.700 y = 2.175 - 67.925$$

$$-24.700 y = -65.750$$

$$Y = 2,66$$

Dari penjabaran perhitungan interpolasi parameter Total *Coliform* bulan Juli didapatkan hasil level sigma berada pada angka 2,66 yang mana pada parameter ini masih terdapat kegagalan dalam memenuhi baku mutu air yang dipersyaratkan.

- Level Sigma *Fecal Coliform* (Titik 1 - Titik 19)

$$\frac{87.000 - 84.000}{105.600 - 84.000} = \frac{y - 2,875}{2,75 - 2,875}$$

$$\frac{3.000}{21.600} = \frac{y - 3}{-0,125}$$

$$-375 = 21.600 y - 64.800$$

$$-21.600 y = 375 - 64.800$$

$$-21.600 y = -64.425$$

$$Y = 2,98$$

Dari penjabaran perhitungan interpolasi parameter *Fecal Coliform* bulan Juli didapatkan hasil level sigma berada pada angka 2,98 yang mana pada parameter ini masih terdapat kegagalan dalam memenuhi baku mutu air yang dipersyaratkan.

Tabel 3. Tingkat DPMO dan Level Sigma Bulan Juni

Titik Sungai	Parameter (mg/L)					
	Suhu	pH	DO	COD	Total Coliform	Fecal Coliform
1	25,8	7,71	6,5	6,5	104.620	27.230
2	26,2	7,78	6	6	22.800	1.000
3	27,5	7,84	6,6	6,6	73.800	12.100
4	26,7	8,09	5,7	5,7	21.870	3.000
5	25,9	8,30	6,2	6,2	26.130	2.590

Titik Sungai	Parameter (mg/L)					
	Suhu	pH	DO	COD	Total Coliform	Fecal Coliform
6	25,9	8,00	6	6	3.100	-
7	27,1	8,02	6,4	6,4	13.200	2.000
8	27,8	7,80	6,5	6,5	133.300	1.000
9	28,1	7,74	6,5	6,5	21.300	3.100
10	24,6	7,41	7,0	7,0	49.700	7.400
11	25,9	7,43	6,0	6,0	2.000	2.000
12	26,4	7,59	6,0	6,0	56.300	4.100
13	26,1	8,23	2,5	2,5	1.000	-
14	27,2	7,32	7,0	7,0	4.513	300
15	25,8	6,98	2,3	2,3	4.725	630
16	26	8,35	7,0	7,0	2.000	-
17	25,3	7,94	7,1	7,1	4.915	3.270
18	27,1	8,01	6,0	6,0	24.600	-
19	27,8	7,96	6,0	6,0	21.100	4.100
Total	-	-	4	4	12	9
DPU	-	-	0,105	0,105	0,632	0,473
DPO	-	-	0,0175	0,0175	0,105	0,078
DPMO	-	-	17.500	17.500	105.000	78.000
Tingkat Sigma	-	-	3,6	3,6	3,4	2,92

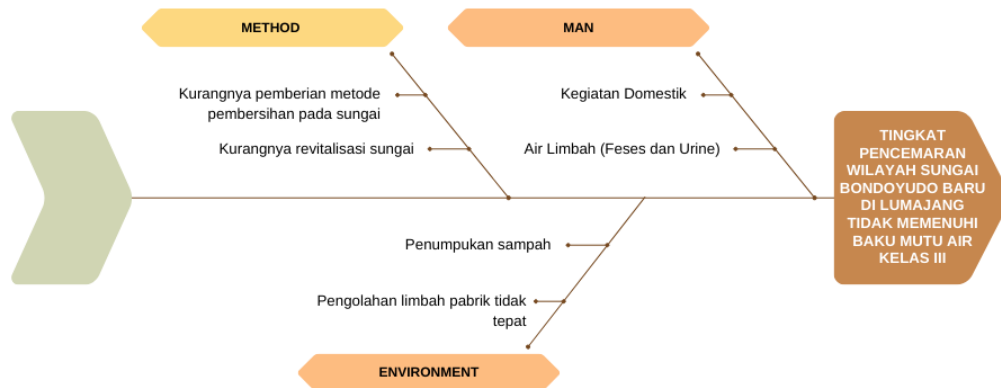
Tabel 4. Tingkat DPMO dan Level Sigma Bulan Juli

Titik Sungai	Parameter (mg/L)					
	Suhu	pH	DO	COD	Total Coliform	Fecal Coliform
1	26,5	7,7	7,61	11,8	241.960	23.590
2	26,5	7,76	7,49	16,5	26.030	4.710
3	28,5	7,33	7,4	16,5	11.450	300
4	27,2	8,19	7,6	8,6	14.830	2.280
5	27,9	8,23	7,62	6,4	8.160	8.160
6	27,9	7,96	6,86	27,5	61.310	7.060
7	25	8,09	6,97	23,2	6.890	630
8	28,5	7,86	7,3	19,6	13.540	860
9	27,5	8,07	7,35	16,2	13.540	520
10	25	7,57	7,66	55,0	48.840	7.120
11	25,2	7,69	7,44	60,0	14.210	1.210
12	27	7,79	7,67	23,30	11.060	2.620
13	29,9	8,2	2,8	23,90	2.064	310
14	24	7,92	7,24	20,70	11.780	1.220
15	23,8	7,31	2,7	17,00	11.240	510
16	30,1	8,59	7,59	7,90	1.455	-
17	24,3	8,01	6,95	24,20	8.500	5.730
18	24,1	7,99	7,48	11,90	22.470	2.650
19	24,6	7,85	7,5	11,00	21.420	3.450
Total	-	-	4	4	14	10
DPU	-	-	0,105	0,105	0,736	0,526
DPO	-	-	0,0175	0,0175	0,123	0,087
DPMO	-	-	17.500	17.500	123.000	87.000
Tingkat Sigma	-	-	3,6	3,6	2,66	2,98

Dari hasil tabel diatas, terlihat tiap titik sungai memiliki nilai sigma yang terdapat berada pada angka 3,6 dan 2,98 yang dimana dari kedua bulan tersebut berada dalam klasifikasi sungai tercemar ringan dan sedang. Agar mencapai standar mutu air kelas III, maka tingkat nilai sigma pada WS *Bondoyudo* Baru di Lumajang seharusnya berada pada angka 5 yang artinya air sungai mencapai bersih. Sedangkan air sungai dikatakan dapat berbahaya apabila hasil pengukuran berada pada angka 1 di level sigma, yang artinya klasifikasi pada angka 1 masih banyak parameter yang melebihi baku mutu yang dipersyaratkan atau air sungai dalam kategori tercemar sangat berat (berbahaya). Dengan demikian, penggunaan metode sigma berkemungkinan besar memiliki skor yang sama apabila digunakan untuk menghitung status mutu sungai yang pencemarannya sangat tinggi.

3) Tahap *Analyze* (Penentuan Penyebab Akibat)

Pada tahap ini akan dilakukan beberapa tahap seperti mengidentifikasi parameter-parameter yang tidak memenuhi baku mutu badan air kelas III. Kemudian, menginventarisasi dan menganalisis berbagai akar penyebab masalah dari parameter yang tidak memenuhi baku mutu. Faktor-faktor sebab dan akibat akan diidentifikasi dengan menggunakan *fishbone*.



Gambar 7. Diagram *Fishbone* WS Bondoyudo Baru di Lumajang

Berdasarkan *fishbone* diagram di atas dapat diketahui bahwa kerusakan yang terjadi pada produk hasil konveksi akibat jahitan yang jebol dapat disebabkan oleh 3 faktor, yaitu manusia, metode dan lingkungan. Pada faktor manusia terjadi karena manusia sering melakukan kegiatan domestik seperti beberapa orang yang tinggal di desa masih mencuci pakaian menggunakan deterjen di sungai dan beberapa orang yang masih banyak buang air kecil (BAK) dan buang air besar (BAB) di sungai secara sembarangan. Pada faktor metode terjadi dikarenakan kurangnya *volunteer* yang peduli terhadap sungai di sekitarnya dalam pemberian metode pembersihan pada sungai dan kurangnya revitalisasi sungai. Pada faktor lingkungan, disebabkan pengolahan limbah pabrik sembarangan yang mengakibatkan air limbah menumpuk di sungai dan warna sungai menjadi keruh.

4) Tahap *Improve* (Pengembangan Solusi)

Pada tahap ini, sebuah rencana tindakan diterapkan untuk meningkatkan kualitas dalam kerangka metode *Six Sigma*. Tahap *improve* bertujuan untuk memperbaiki target proses dengan merancang solusi kreatif yang dapat mengatasi dan mencegah masalah. Pada fase ini akan diidentifikasi dan diberi langkah-langkah perbaikan yang harus dilakukan untuk meningkatkan kualitas air WS Bondoyudo Baru di Lumajang berdasarkan hasil dari tahap *measure*. Akan ditetapkan rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas air WS Bondoyudo Baru di Lumajang. Salah satu metode yang akan digunakan adalah metode PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). Pada penerapan ini digunakan alat bantu yang terdapat pada *Total Quality Environmental Management* (TQEM) yaitu terdapat beberapa unsur *Total Quality Management* (TQM) (Ramadani, 2020). Berikut terdapat tahapan PDCA.

• *Plan*

Tahap *plan* merupakan tahapan perencanaan perbaikan yang berisikan tentang identifikasi masalah, identifikasi penyebab, dan rancangan solusi. Berikut adalah *plan* atau rencana yang akan digunakan untuk perbaikan kualitas air WS Bondoyudo Baru di Lumajang:

Tabel 5. *Process Plan*

Unsur TQM	Plan
Obsesi terhadap kualitas	Meningkatkan kualitas air sungai secara berkelanjutan dengan cara mengidentifikasi sumber pencemaran (<i>domestik, industri, pertanian</i>)
Pendekatan Ilmiah	Melakukan revitalisasi sungai untuk menjaga sumber air
Perbaikan sistem secara berkesinambungan	Membangun atau meningkatkan instalasi pengolahan air limbah (IPAL)

• *Do*

Pada tahap ini seluruh solusi di eksekusi, sekaligus menganalisa dengan mencatat apakah ada masalah lain yang muncul saat solusi dieksekusi. Berikut adalah *do* atau kegiatan yang akan digunakan untuk perbaikan kualitas air WS Bondoyudo Baru di Lumajang:

Tabel 6. *Process Do*

Faktor	<i>What</i>		<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>	<i>Who</i>	<i>How</i>
	Penyebab	Perbaikan					

Man	Kegiatan domestik	Menggunakan deterjen yang ramah lingkungan	Karena air limbah dapat menyebar dengan luas	WS Bondoyudo Baru di Lumajang	Sebelum melakukan observasi	Penduduk sekitar	Menyelenggarakan kampanye edukasi secara berkala dengan melibatkan masyarakat dalam program pembersihan sampah
Method	Kurangnya revitalisasi sungai	Melakukan pengerukan sungai secara berkala	Dapat menyebabkan kedangkalan dalam penyempitan sungai	WS Bondoyudo Baru di Lumajang	Sebelum melakukan observasi	Tim DPU SDA	Melakukan identifikasi karakteristik sungai yang meliputi debit, pasang surut air, dan menyusun rencana jangka panjang pengerukan sungai dengan koordinasi pihak terkait
Environment	Penumpukan sampah	Membuang sampah pada tempatnya	Karena dapat mengakibatkan banjir	WS Bondoyudo Baru di Lumajang	Sebelum melakukan observasi	Penduduk sekitar	Partisipasi aktif masyarakat melalui edukasi pemeliharaan sungai

- *Check*

Tahap ini adalah memeriksa hasil dari solusi yang diterapkan. Langkah pengendalian kualitas dengan cara melakukan kegiatan pelatihan dilakukan secara berkala dan teratur, menetapkan beberapa standar pemeriksaan seperti selalu memantau keadaan kualitas air sungai tiap bulan dengan melakukan rehabilitasi dan pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) di Lumajang. Contohnya seperti pada tanggal 25 Juli 2024 Pemerintah Provinsi Jawa Timur melalui Dinas PU Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur berkolaborasi dengan Pemerintah Kabupaten Lumajang memperingati Hari Sungai Nasional 2024 dengan mengusung tema Selamatkan Sungai Selamatkan Masa Depan bertempat di Kalipinusan Poncosumo Kecamatan Candipuro (Lumajang, 2024).

- *Action*

Tahap implementasi dari *improvement* yang dilakukan, serta tahap untuk memastikan bahwa *improvement* yang terjadi dapat bertahan. Langkah pengendalian kualitas yang akan dilakukan Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur adalah sosialisasi pengisian data TMA dan kualitas air, kalibrasi saluran sungai dan sampling uji kualitas air sungai. Dilakukannya juga revitalisasi sungai oleh masyarakat dapat mendukung keberlanjutan ekosistem sungai menjadi lebih sehat. Hal ini dapat mengurangi resiko pencemaran kualitas air sungai lebih lanjut. Dengan kolaborasi antara pemerintah dan masyarakat, hasil revitalisasi sungai ini akan bertahan dalam jangka panjang dan menciptakan lingkungan yang lebih sehat untuk kedepannya.

5) Tahap Control (Pengawasan/Pengendalian)

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. Berikut tabel mengenai tahap *control*:

Tabel 7. Tahap Control

Aspek	Solusi	Tahap Pengontrolan
Kegiatan <i>Dosmetik</i>	Penggunaan toilet dengan sistem pengolahan septic tank atau sanitasi yang tepat.	Menginformasikan kepada masyarakat tentang sanitasi yang sesuai dan menyediakan akses ke fasilitas sanitasi yang baik.
	Membangun tempat pembuangan sampah yang tepat.	Menyusun rencana tata letak tempat pembuangan sampah dan memastikan adanya pengumpulan dan pengelolaan sampah yang teratur dan rutin.
	Sistem penyaringan air limbah rumah tangga.	Memastikan instalasi dan pemeliharaan sistem penyaringan dengan mengadakan pelatihan

Aspek	Solusi	Tahap Pengontrolan
Revitalisasi Sungai		penggunaan sistem kepada penduduk.
	Menggunakan produk ramah lingkungan dan pembersih alternatif.	Memberikan informasi dan edukasi kepada masyarakat dengan mendorong penggunaan produk yang ramah lingkungan
	Pengerukan sungai berkala	Mengetahui karakteristik sungai yang perlukan, seperti halnya meliputi debit air, pasang surut sungai dan analisis sedimen. Kemudian menganalisa simulasi pengerukan
	Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS).	Membangun tanggul dan pintu air untuk mengontrol debit air dan mencegah banjir.
	Penerapan program pembersihan tepian sungai dan edukasi masyarakat.	Membuat jadwal rutin pembersihan dan edukasi dengan melibatkan masyarakat secara langsung dalam kegiatan pembersihan sungai.
Kegiatan Industri	Memperbaiki proyek ulang pembangunan DAM Gambiran (Bobby, 2024).	Melibatkan berbagai pihak seperti DPU PSDA, pemerintah kabupaten, konsultan dan kontraktor perencana untuk memperbaiki DAM.
	Penegakan hukum terhadap indsutri atau pelaku lain yang terbukti mencemari sungai.	Kerjasama aktif dalam pengawasan dan pemantauan industri sekitar sungai dengan melibatkan masyarakat.
	Menerapkan prinsip 3R (Reduce, Reuse, Recycle).	Tiap industri didorong untuk mengurangi produksi limbah dan mendaur ulang air limbah.
	Menggunakan alternatif bahan baku atau olahan limbah yang ramah lingkungan.	Tiap industri perlu menggunakan bahan baku yang ramah lingkungan dan merubah proses produksi untuk meminimalkan limbah cairan.
	Pembangunan instalasi pengolahan air limbah (IPAL).	Mewajibkan setiap industri di lumajang memiliki IPAL yang memadai untuk mengolah limbah cair sebelum dibuang ke sungai.

4. CONCLUSION

Berdasarkan hasil dari analisis kualitas air wilayah sungai Bondoyudo Baru di Lumajang menggunakan metode six sigma, terdapat beberapa parameter dari kualitas air tersebut yang tidak sesuai dengan baku mutu air kelas III. Didapatkan hasil perhitungan nilai level sigma yakni pada parameter DO dan COD bulan Juni - Juli didapatkan sebesar 3,6. Sedangkan nilai level sigma yang didapatkan pada parameter Total Coliform bulan Juni sebesar 3,4, parameter Fecal Coliform bulan Juni sebesar 2,92, pada parameter Total Coliform bulan Juli sebesar 2,66 dan parameter Fecal Coliform bulan Juli sebesar 2,98. Rata-rata level sigma pada wilayah sungai Bondoyudo Baru di Lumajang sebesar 3,295. Faktor penyebab utama dalam pencemaran kualitas air sungai ini dapat diketahui melalui tahap *analyze* dalam metode *fishbone* yakni dikarenakan kegiatan domestik, buang air sembarangan, kurangnya revitalisasi sungai, penumpukan sampah dan pengolahan limbah pabrik yang tidak tepat. Hal ini mengakibatkan dalam pencemaran air sungai yang tidak terkontrol dan dapat mengganggu ekosistem sungai. Maka dari itu, dilakukan tahap *improve* untuk memperbaiki kualitas air ini dengan menggunakan metode PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). Pada metode PDCA ini, dilakukannya revitalisasi sungai untuk menjaga sumber atau kualitas air dan membangun atau meningkatkan instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Lalu dilakukan analisa untuk mengeksekusi penyebab dan perbaikan kualitas air sungai dengan metode (5W+1H). Tahap *control* yang perlu dilakukan ialah dengan penduduk perlu melakukan pembuangan sampah pada tempatnya dengan cara menyusun rencana tata letak tempat pembuangan sampah dan memastikan adanya pengelolaan sampah yang teratur dan rutin, menerapkan jadwal pengerukan sungai secara berkala. Untuk Dinas PU SDA Provinsi Jatim perlu memperbaiki proyek pembangunan DAM Gambiran di Lumajang dan menegakan hukum terhadap industri atau pelaku lain yang terbukti mencemari sungai. Hal ini bertujuan agar memastikan bahwa solusi yang telah diimplementasikan dapat berfungsi dengan baik dalam perbaikan kualitas air WS Bondoyudo Baru di Lumajang.

5. REFERENCES

- Albana, A., & Salim Dahdah, S. (2023). Improving the Quality of Boiler Feed Water Based on the PDCA Cycle by Integrating Seven Tools. *Daengku: Journal of Humanities and Social Sciences Innovation*, 3(6), 907–915. <https://doi.org/10.35877/454ri.daengku2113>
- Astuti, F., Syafrudin, & Susilowati, I. (2023). Kajian status mutu air sungai akibat buangan air lindi TPA Piyungan di Kabupaten Bantul. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(4).
- Bobby. (2024). Proyek DAM Gambiran Lumajang capai 84 persen, target selesai akhir tahun. Retrieved November 2024, from Portal Berita Lumajang: <https://portalberita.lumajangkab.go.id/main/baca/aXGOgI9u>
- Fitri, J. (2019). Kualitas air Sungai Sago Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru tahun 2016. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 8(2).
- Handoco, E. (2021). Studi analisis kualitas air Sungai Bah Biak Kota Pematang Siantar. *Jurnal TRITON*, 12(2).
- Mailisa, E., Yulianto, B., & Warsito, B. (2021). Strategi peningkatan kualitas air sungai: Studi kasus Sungai Sani. *Jurnal Litbang*, 17(2).
- Marlina, N., Hudori, & Hafidh, R. (2017). Pengaruh kekerasan saluran dan suhu air sungai pada parameter kualitas air COD, TSS di Sungai Winongo menggunakan software QUAL2Kw. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 9(2), 123–124.
- Mudatsir. (2007). Faktor-faktor yang mempengaruhi kehidupan mikroba dalam air. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala*, 7(1).
- Mutmainah, A. (2022). Analisis suatu mutu air perairan anak Sungai Bogowonto Jogjakarta. *Jurnal Pasir Laut*, 6(1).
- Ramadani, F. (2020). Analisis penerapan Total Quality Management dalam menjaga kualitas produk air mineral dalam kemasan merek Sabrina pada PT. Sabrina Tirta Utama Samarinda. *eJournal Administrasi Bisnis*, 8(2).
- Setiawan, H., & Supriyadi. (2021). Penerapan konsep siklus Plan-Do-Check-Action (PDCA) untuk meningkatkan kinerja load lugger. *Jurnal Teknik Industri ITN Malang*, 71.
- Sheftiana, U., Sarminingsih, A., & Nugraha, W. (2017). Penentuan status mutu air sungai berdasarkan metode indeks pencemaran sebagai pengendalian kualitas lingkungan (Studi kasus: Sungai Gelis, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 5.
- Ulfah, E., & Auliandri, T. (2019). Analisis kualitas distribusi air menggunakan metode Six Sigma DMAIC pada PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. *Jurnal Inovasi Bisnis dan Manajemen Indonesia*, 2(3), 315–316.
- Zaman, N., & Nasution, N. (2021). *Manajemen kualitas*. Yayasan Kita Menulis.