

## ANALISIS KUALITAS LIMBAH WASTE WATER TREATMENT PLANT DENGAN METODE SEVEN TOOLS

A. Soleman<sup>1</sup>, A. Tutuhatonewa<sup>2</sup> dan, R. Pakay<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: [a.soleman@fatek.unpatti.ac.id](mailto:a.soleman@fatek.unpatti.ac.id)

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: [alfredo.tutuhatonewa@fatek.unpatti.ac.id](mailto:alfredo.tutuhatonewa@fatek.unpatti.ac.id)

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: [rahmat.pakay@gmail.com](mailto:rahmat.pakay@gmail.com)

**Abstrak.** Penelitian dilakukan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Seram Peaker berkapasitas 20 MW, di Masohi – Maluku Tengah. Hasil wawancara terhadap 20 warga sekitar, 95% merasa khawatir terhadap dampak limbah *wastewater treatment plant*. Berdasarkan identifikasi pada kegiatan *wastewater treatment plant*, diperoleh bahwa 50% sampel merupakan limbah cacat atau tidak aman bagi lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh tingkat kualitas limbah Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas, dan merekomendasikan opsi penyelesaian masalah kualitas limbah tersebut. Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *seven tools*. Setelah rekomendasi diterapkan selama dua bulan diperoleh hasil pengujian laboratorium adalah rata-rata nilai ukur pH 7,4 Mg/liter, minyak lemak 4,0 Mg/liter, COD 85 Mg/liter dan total karbon 89,6 Mg/liter. Hasil pengujian laboratorium tersebut menunjukkan bahwa limbah yang dihasilkan adalah aman bagi lingkungan dengan tingkat kualitas 93,75%.

**Kata kunci:** Limbah, *Wastewater Treatment Plant*, *Seven Tools*

**Abstract.** The research was conducted at the Seram Peaker Gas Engine Power Plant (PLTMG) with a 20 MW capacity in Masohi – Central Maluku. From interviews with 20 local residents, 95% are worried about the impact of wastewater treatment plant waste. Based on the identification of the wastewater treatment plant, it was found that 50% of the samples were defective or unsafe for the environment. The purpose of this research is to obtain the level of waste quality of the Gas Engine Power Plant and to recommend options for solving the quality problem of the waste. The data analysis method used in this research is the seven tools method. After the application the recommendations were applied for two months, the results of laboratory tests showed that the average measuring value was pH 7.4 Mg/liter, fat oil 4.0 Mg/liter, COD 85 Mg/liter, and total carbon 89.6 Mg/liter. The results of these laboratory tests indicate that the waste produced is safe for the environment with a quality level of 93.75%.

**Keywords:** Waste, *Wastewater Treatment Plant*, *Seven Tools*

### 1. PENDAHULUAN

Salah satu bahan sisa dari hasil industri yang menyita perhatian saat ini adalah limbah cair. Limbah cair merupakan air yang tidak dapat dimanfaatkan lagi serta dapat menimbulkan dampak yang buruk terhadap manusia dan lingkungan [1]. Pengolahan yang tepat bagi limbah cair sangat

diutamakan agar tidak mencemari lingkungan [2]. Teknologi pengolahan air limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Berbagai teknik pengolahan air limbah untuk menyisihkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum

dapat dibagi menjadi tiga metode pengolahan, yaitu pengolahan secara fisika, pengolahan secara kimia, dan pengolahan secara biologi [3].

Berdasarkan observasi lapangan diperoleh bahwa: 1). Terdapat pengolahan limbah pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Seram Peaker berkapasitas 20 MW Masohi – Maluku Tengah yaitu dengan sistem *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) atau Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL); 2). Pengambilan sampel dilakukan seminggu sekali oleh perusahaan kemudian dilakukan uji laboratorium yang bertujuan untuk memastikan bahwa 4 parameter utama yaitu kadar pH, minyak lemak, COD dan total carbon yang dipersyaratkan oleh perusahaan masih dalam ambang batas normal; 3). Berdasarkan hasil wawancara terhadap 20 orang warga disekitar PLTMG, 95% merasa khawatir terhadap dampak limbah WWTP. Identifikasi awal pada kegiatan WWTP diperoleh bahwa hasil dari jumlah sampel limbah, 50% merupakan sampel limbah cacat (sampel tidak aman bagi lingkungan). Sampel cacat adalah limbah yang mempunyai karakteristik berbahaya bagi lingkungan.

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi penyebab tersebut sehingga merekomendasikan perbaikan dengan pendekatan seven tools untuk pengendalian kualitas Limbah WWTP PLTMG Seram Peaker 20 MW dengan Metode Seven Tools.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1. Metode Seven Tools

Seven tools merupakan salah satu saran yang digunakan dalam pengendalian proses statistik yaitu berupa tujuh alat pengendalian mutu yang menggunakan teknik statistik. Alat-alat ini meliputi:

#### A. Lembar Pemeriksaan

Dalam kegiatan produksi diperlukan lembar pengamatan (*checksheet*) untuk mempermudah dalam melakukan pengumpulan data terhadap informasi yang diperlukan oleh pengamat. Lembar pengamatan ini berupa data yang hendak diamati, tanggal dan tempat pencatatan, jumlah atau frekuensi data dan identitas pencatat data tersebut. Informasi yang terdapat dalam *checksheet* ini sedapat mungkin dikelompokkan secara spesifik sehingga memudahkan dalam pengolahan data tersebut.

#### B. Histogram

Dalam sebuah histogram frekuensi, nilai sumbu vertikal (x) menggambarkan jumlah dari observasi yang dilakukan setiap kelas. Sedangkan untuk sumbu horizontal (y) menggambarkan masing-masing kelas atau bagian.

#### C. Stratifikasi

Kegunaan dari stratifikasi adalah untuk mengetahui atau melihat secara lebih terperinci pengelompokan faktor-faktor yang akan mempengaruhi karakteristik mutu. Secara matematis stratifikasi diperoleh berdasarkan rumus berikut:

$$Sc = \frac{\sum KLC}{\sum TKL} \times 100\% \quad (1)$$

#### D. Diagram Pareto

Langkah-langkah dalam pembuatan Diagram Pareto menurut [4], [5], yaitu:

- Menentukan metode atau arti dalam pengklasifikasian data, misalnya berdasarkan masalah, penyebab, jenis ketidaksesuaian, dan sebagainya.
- Menentukan satuan yang digunakan untuk membuat urutan karakteristik-karakteristik tersebut, misalnya rupiah, frekuensi, unit, dan sebagainya.
- Mengumpulkan data sesuai dengan interval waktu yang telah ditentukan.
- Merangkum data dan membuat rangking kategori data tersebut dari yang terbesar dan yang terkecil.
- Menghitung frekuensi kumulatif atau persentase kumulatif yang digunakan.
- Menggambar diagram batang, menunjukkan tingkat kepentingan relatif masing-masing masalah. Mengidentifikasi beberapa hal yang penting untuk mendapat perhatian.

#### E. Diagram Pencar (Scatter Diagram)

Kegunaan dari diagram pencar adalah untuk melihat ada tidaknya korelasi (hubungan) dari suatu penyebab/faktor yang lain atau terhadap akibat karakteristik kualitas. Cara pembuatan diagram pencar, yaitu:

- Mengumpulkan data yang diinginkan dan ditabelkan.
- Menggambar sumbu x dan y beserta skala dan keterangannya, kemudian menggambarkan titik-titik data yang sesuai dengan tabel.

#### F. Grafik Pengendali (Control Chart)

Adapun penggunaan grafik pengendali adalah:

- Pemantauan dan pengawasan suatu proses.
- Pengurangan variabilitas proses.
- Penafsiran parameter produk atau proses.

Secara matematis grafik pengendali kualitas terdiri atas tiga indikator yaitu UCL, X bar dan LCL. Secara matematis tiga indikator tersebut dapat dihitung sebagai berikut:

$$UCL = \sigma + X \text{ bar} \quad (2)$$

$$X \text{ bar} = \sum x n \quad (3)$$

$$LCL = \sigma - X \text{ bar} \quad (4)$$

### G. Diagram Sebab-Akibat (Cause Effect Diagram)

Jika suatu proses stabil maka diagram akan memberikan petunjuk pada penyebab yang akan diperiksa untuk perbaikan proses. Prinsip yang dipakai dalam membuat diagram sebab-akibat ini adalah sumbang saran (*brainstorming*). Terdapat tiga macam jenis dari aplikasi *Cause Effect Diagram* yang sering dipakai, yaitu:

1. *Cause Enumeration* (Berdasarkan jenis penyebab).
2. *Dispersion Analysis* (berdasar 5 faktor utama 4M 1E yaitu Man, Machine, Material, Methode, Environment).
3. *Process Analysis* (berdasarkan proses yang dilalui).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil

Data yang dikumpulkan adalah seluruh sampel limbah cair yang telah dilakukan uji laboratorium oleh perusahaan, dimana setiap minggunya perusahaan mengambil empat botol limbah cair untuk dijadikan sampel dari sumur resapan pada WWTP kemudian dilakukan pengujian.

Diketahui satu sampel limbah diambil sebanyak 4 liter menggunakan 4 botol berbahan plastik dengan kapasitas tiap botolnya adalah 1 liter. Sampel yang dibagi menjadi 4 botol tersebut bertujuan untuk dilakukan pengujian laboratorium secara terpisah yakni botol pertama untuk pengujian pH, botol kedua untuk pengujian COD, botol ketiga untuk pengujian minyak lemak dan botol keempat untuk pengujian total carbon. Botol yang dilakukan pengujian laboratorium dan dikatakan cacat pH, COD, minyak lemak dan total carbon jika nilai ukur adalah:

1. Cacat pH adalah  $6 > \text{nilai ukur} > 9$ .
2. Cacat COD adalah nilai ukur  $> 100$ .
3. Cacat minyak lemak adalah nilai ukur  $> 15$ .
4. Cacat total carbon adalah nilai ukur  $> 110$ .

Hasil pengukuran laboratorium limbah sejak 01 Oktober 2020 – 31 Desember 2020 terlihat pada Tabel 1. Sementara, rekap sampel limbah cair pada WWTP di PLTMG Seram Peaker terlihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil pengumpulan sampel limbah pada kegiatan WWTP diperoleh jumlah sampel limbah cacat tertinggi terjadi pada minggu pertama bulan pertama, minggu kedua bulan pertama, minggu keempat bulan kedua, minggu pertama bulan ketiga, dan minggu keempat bulan ketiga.

Sedangkan sampel limbah tidak cacat adalah minggu ketiga bulan pertama, minggu keempat bulan pertama, minggu kedua bulan kedua, minggu kedua bulan ketiga, dan minggu ketiga bulan ketiga.

Tabel 1. Hasil pengukuran laboratorium

Bulan	Minggu	Sampel Limbah			
		pH (mg/L)	Minyak Lemak (mg/L)	COD (mg/L)	Total Karbon (mg/L)
1	I	5,4	18,6	105,4	116,8
	II	5,1	19	107	121
	III	6,8	3,1	72	80,3
	IV	6,5	3,3	79	84
2	I	5,8	4	79,3	89,6
	II	7,9	5,9	84,6	97
	III	7,6	16	89,9	112
	IV	5,7	17,2	103	115,7
3	I	5,6	17,5	108,2	118,2
	II	7,3	3	63	72
	III	7	3,7	65	77
	IV	10	15,8	103,7	112,8

Tabel 2. Data limbah pada kegiatan WWTP

Bulan	Minggu	Jenis Cacat			
		pH	Minyak Lemak	COD	Total Karbon
1	I	v	v	v	v
	II	v	v	v	v
	III	-	-	-	-
	IV	-	-	-	-
2	I	v	-	v	-
	II	-	-	-	-
	III	-	v	-	v
	IV	v	v	v	v
3	I	v	v	v	v
	II	-	-	-	-
	III	v	v	v	v
	IV	-	-	-	-
Total (Liter)		6	6	6	6

### 3.2. Pembahasan

#### A. Lembar Pemeriksaan (Checksheet)

Data lembar pemeriksaan terlihat seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Lembar pemeriksaan cacat (*checksheet*)

No.	Jenis Limbah	Hitung	Jumlah	Kumulatif	%
1.	Limbah pH	12	12	12	25%
2.	Limbah Minyak Lemak	12	24	24	25%
3.	Limbah COD	12	36	36	25%
4.	Limbah Total Karbon	12	48	48	25%
Total (liter)		48	48	48	100%

Berdasarkan hasil lembar pemeriksaan diperoleh bahwa total kapasitas limbah adalah 48 liter, diperoleh berdasarkan 12 liter limbah pH, 12 liter limbah minyak lemak, 12 liter limbah COD dan 12 liter limbah total carbon.

#### B. Stratifikasi

Proses pengelompokan hasil sampel limbah cacat pada kegiatan WWTP terlihat pada Tabel 4.

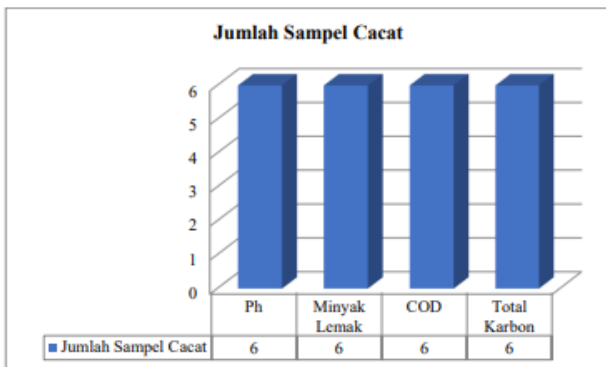
Tabel 4. Stratifikasi

No.	Kapasitas Limbah Per Bulan (Liter)	Jenis Limbah Cacat				Jumlah Kapasitas Limbah Cacat (Mg/L)	Persentase Jumlah Limbah Cacat per Bulan
		pH	Minyak Lemak (mg/L)	COD	Total Karbon (mg/L)		
1.	16	2	2	2	2	8	50%
2.	16	2	2	2	2	8	50%
3.	16	2	2	2	2	8	50%
Jml	48					24	

Berdasarkan hasil stratifikasi diperoleh bahwa jumlah kapasitas limbah cacat untuk bulan pertama adalah 8 liter untuk semua variabel pengukuran, artinya 50% adalah limbah cacat sedangkan 50% lainnya adalah limbah yang aman bagi lingkungan. Sedangkan pada bulan kedua diperoleh bahwa 8 liter untuk semua variabel pengukuran pada jumlah kapasitas limbah cacat, artinya 50% adalah limbah cacat sedangkan 50% lainnya adalah limbah yang aman bagi lingkungan. Pada bulan ketiga diperoleh jumlah kapasitas limbah cacat adalah 8 liter untuk semua variabel pengukuran, artinya 50% adalah limbah cacat sedangkan 50% lainnya adalah limbah yang aman bagi lingkungan. Dari hasil stratifikasi tersebut dapat dianalisis bahwa tingkat keamanan bagi pemukiman di sekitar PLTMG cenderung berbahaya.

**C. Histogram**

Diagram tabulasi dari keseluruhan data sampel limbah cacat pada kegiatan WWTP ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Histogram

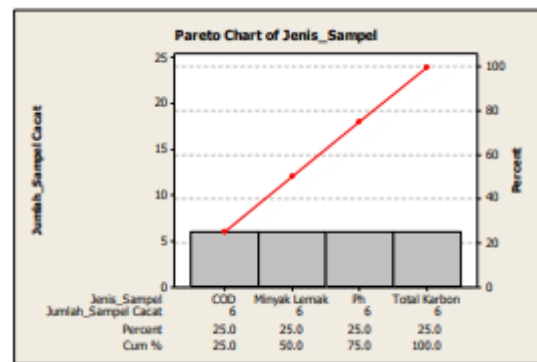
Histogram pada Gambar 1. menunjukkan pola yang sejajar artinya bahwa jumlah sampel cacat dari masing-masing variabel pengukuran adalah sama. Secara kumulatif jika dibandingkan dengan jumlah kapasitas sampel maka terjadi perbandingan yang sama antara jumlah sampel cacat dengan jumlah sampel aman bagi lingkungan.

Hal ini menjadi peringatan bagi perusahaan PLTMG, karena secara standar operasional prosedur jumlah cacat yang tersajikan berada pada kondisi di

luar batas toleransi. Kondisi ini menjadi perhatian serius bagi pihak perusahaan sehingga, selain layak secara standar operasional prosedur, pihak perusahaan juga menjadi garda terdepan bagi keamanan warga disekitar lingkungan PLTMG.

**D. Diagram Pareto**

Diagram perbandingan antara jenis sampel limbah cacat pada kegiatan WWTP terlihat pada Diagram Pareto sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Pareto

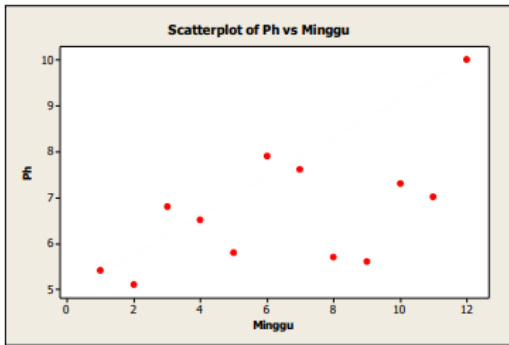
Berdasarkan hasil diagram pareto diperoleh persentase sampel limbah cacat selama 3 bulan adalah sampel limbah cacat pH 25%, sampel limbah cacat minyak lemak 25%, sampel limbah cacat COD 25% dan sampel limbah cacat total karbon adalah 25%, artinya bahwa semua variabel pengukuran sama-sama diprioritaskan dalam mengendalikan kualitas limbah.

Kualitas yang mampu terkendalikan adalah solusi yang sangat relevan dalam meningkatkan kualitas produksi limbah pada PLTMG. Berdasarkan Gambar 2. dapat dianalisis bahwa pengendalian kualitas yang dilakukan harus secara masif oleh PLTMG. Tingkat konstan yang ditunjukkan pada Gambar 2 menjadi alasan yang kuat untuk itu, sehingga limbah yang dihasilkan WWTP berada dalam batas normal secara standar operasional prosedur dan aman bagi masyarakat di sekitar PLTMG.

**E. Diagram Pencar (Scatter Diagram)**

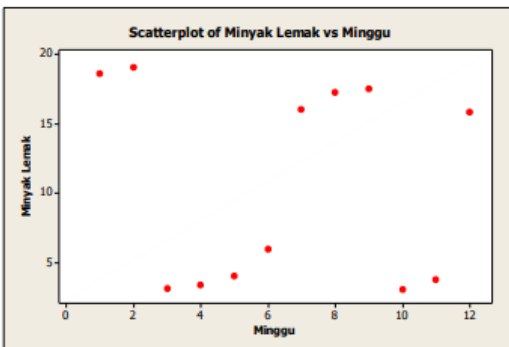
Hasil pengolahan dijabarkan dengan melihat hubungan antara variabel limbah terhadap data tiap minggu.

Diagram pencar limbah pH terlihat seperti pada Gambar 3. Berdasarkan diagram pencar limbah pH diperoleh bahwa titik yang tersebar pada grafik menunjukkan tidak ada hubungan antara variabel limbah pH dengan pengambilan data.



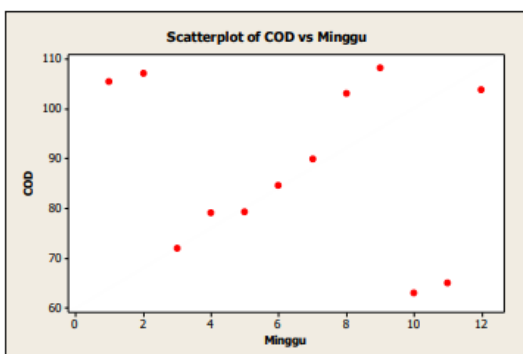
Gambar 3. Diagram pencar limbah pH

Diagram pencar limbah minyak lemak terlihat pada Gambar 4. Berdasarkan diagram pencar limbah minyak lemak diperoleh bahwa titik yang tersebar pada grafik menunjukkan tidak ada hubungan antara variabel limbah minyak lemak dengan pengambilan data tiap minggu.



Gambar 4. Diagram pencar limbah minyak lemak

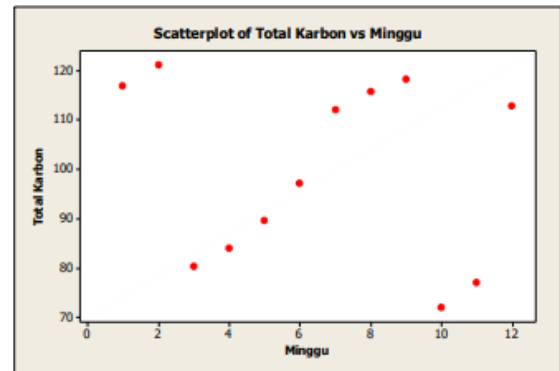
Diagram pencar limbah COD terlihat seperti pada Gambar 5. Berdasarkan diagram pencar limbah COD diperoleh bahwa titik yang tersebar pada grafik menunjukkan tidak ada hubungan antara variabel limbah COD dengan pengambilan data tiap minggu.



Gambar 5. Diagram pencar limbah COD

Diagram pencar limbah total karbon terlihat seperti pada Gambar 6. Berdasarkan diagram pencar limbah total karbon diperoleh bahwa titik yang tersebar pada grafik menunjukkan tidak ada hubungan

antara variabel limbah total karbon dengan pengambilan data tiap minggu.

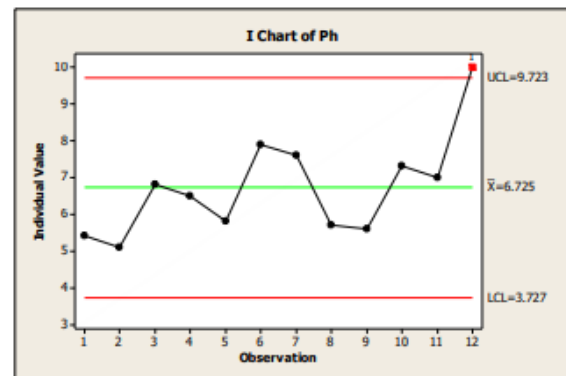


Gambar 6. Diagram pencar limbah total karbon

**F. Peta Kontrol (Control Chart)**

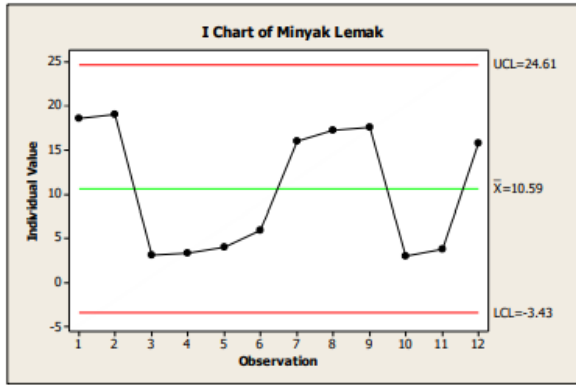
Hasil pengolahan digambarkan berdasarkan variabel limbah pada sistem WWTP.

Peta control limbah pH terlihat seperti pada Gambar 7. Berdasarkan hasil peta control limbah pH diperoleh bahwa semua data pengukuran berada dalam batas kontrol kecuali pengukuran minggu ke 12 yang berada diluar batas kontrol.



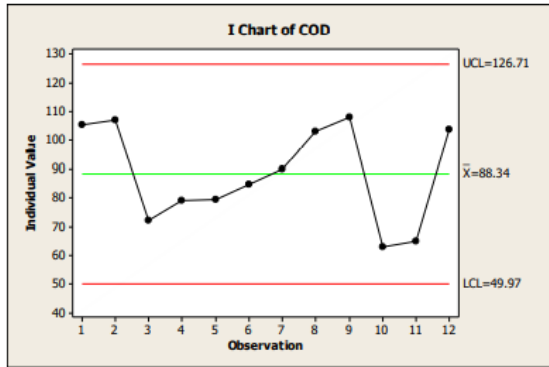
Gambar 7. Peta control limbah pH

Peta control limbah minyak lemak terlihat seperti pada Gambar 8. Berdasarkan hasil peta control limbah minyak lemak diperoleh bahwa semua data pengukuran selama 12 minggu berada dalam batas kontrol.



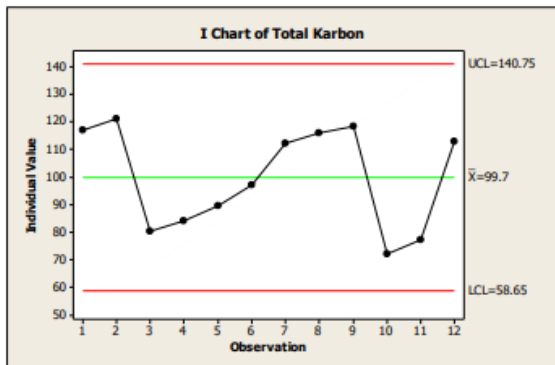
Gambar 8. Peta control limbah minyak lemak

Peta control limbah COD terlihat seperti pada Gambar 9. Berdasarkan hasil peta control limbah COD diperoleh bahwa semua data pengukuran berada dalam batas atas dan batas bawah.



Gambar 9. Peta control limbah COD

Peta kontrol limbah total karbon terlihat seperti pada Gambar 10. Berdasarkan hasil peta kontrol limbah total karbon diperoleh bahwa semua data pengukuran berada dalam batas kontrol.



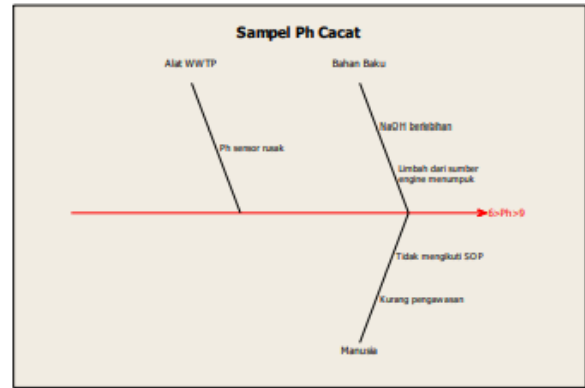
Gambar 10. Peta control limbah total karbon

**G. Diagram Sebab Akibat (Cause Effect Diagram)**

Hasil analisis dengan menggunakan diagram sebab akibat dijabarkan berdasarkan jenis kecacatan yang ditemukan. Terdapat empat jenis kecacatan

sehingga hasil diagram sebab akibat dijabarkan atas empat poin.

Penyebab masalah sampel pH cacat ditinjau dari aspek manusia, metode kerja, bahan baku dan Mesin. Diagram sebab akibat jenis sampel pH cacat terlihat seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram Sebab Akibat Sampel pH Cacat.

Berdasarkan diagram sebab akibat pH cacat, penyebab cacat pH disebabkan oleh tiga aspek yakni aspek alat WWTP, aspek bahan baku, dan aspek manusia. Jika ditinjau dari aspek Alat WWTP penyebab terjadinya cacat pH adalah pH sensor rusak, dari aspek bahan baku disebabkan oleh dua hal, pertama NOH berlebihan, dan kedua limbah dari sumber mesin menumpuk. Sementara, dari aspek manusia disebabkan oleh dua hal, pertama tidak mengikuti SOP, dan yang kedua kurang pengawasan.

Penyebab masalah sampel minyak lemak cacat ditinjau dari aspek manusia, bahan baku dan metode kerja. Diagram sebab akibat jenis sampel minyak lemak cacat terlihat seperti pada Gambar 12.



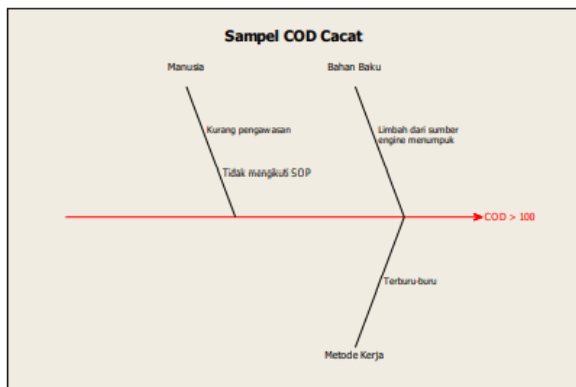
Gambar 12. Diagram Sebab Akibat Sampel Minyak Lemak Cacat

Berdasarkan diagram sebab akibat minyak lemak cacat, Penyebab masalah sampel minyak lemak cacat ditinjau dari aspek manusia, bahan baku dan



metode kerja. Berdasarkan diagram sebab akibat minyak lemak cacat, penyebab cacat minyak lemak disebabkan oleh dua aspek yakni aspek bahan baku dan aspek manusia. Jika ditinjau dari aspek bahan baku disebabkan oleh dua hal, pertama limbah melewati kolam CPI kedua limbah dari sumber mesin menumpuk, dan aspek manusia disebabkan oleh dua hal, pertama tidak mengikuti SOP, dan yang kedua kurang pengawasan.

Penyebab masalah sampel COD cacat ditinjau dari aspek manusia, bahan baku dan metode kerja. Diagram sebab akibat jenis sampel COD cacat terlihat seperti pada Gambar 13.

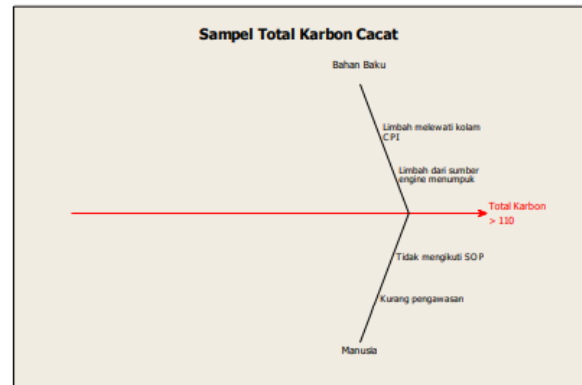


Gambar 13. Diagram Sebab Akibat Sampel COD Cacat

Berdasarkan diagram sebab akibat COD cacat, penyebab cacat COD disebabkan oleh tiga aspek yakni aspek metode kerja, aspek bahan baku dan aspek manusia. Jika ditinjau dari aspek metode kerja penyebab terjadinya cacat COD adalah operator terburu-buru, dari aspek bahan baku disebabkan oleh limbah dari sumber engine menumpuk, dan aspek manusia disebabkan oleh dua hal pertama tidak mengikuti SOP, dan yang kedua kurang pengawasan.

Penyebab masalah sampel total karbon cacat ditinjau dari aspek manusia, bahan baku dan metode kerja. Diagram sebab akibat jenis sampel total karbon cacat terlihat seperti pada Gambar 14.

Berdasarkan diagram sebab akibat total karbon cacat, penyebab cacat total karbon disebabkan oleh dua aspek yakni aspek bahan baku dan aspek manusia. Jika ditinjau dari aspek bahan baku disebabkan oleh dua hal, pertama limbah melewati kolam CPI kedua limbah dari sumber engine menumpuk, dan aspek manusia disebabkan oleh dua hal pertama tidak mengikuti SOP, dan yang kedua kurang pengawasan.



Gambar 14. Diagram Sebab Akibat Sampel Total Karbon Cacat.

Adanya air limbah dan bahan buangan dari berbagai kegiatan manusia yang dibuang ke suatu badan perairan akan mengubah pH air yang pada akhirnya dapat mengganggu kehidupan organisme di dalamnya. Menurut [6], sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7 - 8,5. Derajat keasaman (pH) merupakan nilai yang menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam air. Nilai pH dalam limbah dapat mencerminkan keseimbangan antar asam dan basa dalam limbah tersebut. Limbah domestik biasanya mempunyai pH mendekati netral [7]. Menurut [8], 13 Keasaman atau pH memengaruhi ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dan juga dapat berdampak pada aktivitas metabolisme. Secara umum, kondisi pH yang optimum untuk kehidupan mikroorganisme sekitar 6 hingga 8. Namun, untuk spesifikasinya masing-masing jenis mikroorganisme memiliki rentang pH optimum yang berbeda. Bakteri dapat berkembang optimum pada kisaran pH 6,0 hingga 7,5. Air limbah dengan konsentrasi pH yang tidak netral akan menyulitkan proses biologi, sehingga mengganggu proses penjernihannya [9].

Minyak dan lemak merupakan komponen utama bahan makanan yang juga banyak di dapat di dalam air limbah. Minyak adalah lemak yang bersifat cair. Keduanya mempunyai komponen utama karbon dan hidrogen yang mempunyai sifat tidak larut dalam air. Bahan-bahan tersebut banyak terdapat pada makanan, hewan, manusia dan bahkan ada dalam tumbuh-tumbuhan sebagai minyak nabati. Sifat lainnya adalah relatif stabil, tidak mudah terdekomposisi oleh bakteri. Untuk kadar maksimum baku mutu minyak dan lemak sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Limbah Domestik sebesar 5 mg/l dengan menggunakan perhitungan baku mutu domestik terintegrasi dan Kadar Maksimum Minyak dan Lemak sesuai Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun

2016 tentang Baku Mutu Air Limbah adalah 10 mg/L. Minyak dapat sampai ke saluran air limbah, sebagian besar minyak ini mengapung di dalam air limbah, akan tetapi ada juga yang mengendap terbawa oleh lumpur. Sebagai petunjuk dalam mengolah air limbah, maka efek buruk yang dapat menimbulkan permasalahan pada dua hal yaitu pada saluran air limbah dan pada bangunan pengolahan [10]. Adanya lemak dan minyak dalam air mengakitnya susahny sinar matahari masuk ke dalam air sehingga kebutuhan oksigen menurun. Lemak dan minyak juga mengakitkan efek buruk yang dapat menimbulkan permasalahan pada dua hal yaitu pada saluran air limbah dan pada bangunan pengolahan seperti penyumbatan saluran dan estetika lingkungan. Bila limbah cair minyak/lemak masuk ketanah akan mampu menutup pori-pori tanah dan mengganggu daya resap air tanah dalam perairan. Lapisan minyak dipermukaan air lingkungan akan mengganggu kehidupan organisme di dalam air. Hal ini disebabkan oleh: a) Lapisan minyak pada permukaan air akan menghalangi difusi oksigen dari udara ke dalam air sehingga jumlah oksigen yang terlarut di dalam air menjadi berkurang. Sehingga kandungan oksigen yang menurun akan mengganggu kehidupan hewan air. b) Adanya lapisan minyak pada permukaan air juga akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air sehingga fotosintesis oleh tanaman air tidak dapat berlangsung. Akibatnya, oksigen yang seharusnya dihasilkan pada proses fotosintesis. Sehingga kandungan oksigen dalam air semakin menurun. c) Tidak hanya hewan air saja yang terganggu akibat adanya lapisan minyak pada permukaan air tersebut, tetapi burung air pun ikut terganggu karena bulunya jadi lengket, tidak bisa mengembang lagi akibat terkena minyak.

Air limbah domestik terdiri dari bahan organik (karbohidrat, protein, dan lemak, deterjen dan partikel bahan anorganik [11]. Tingginya bahan organik dan anorganik dalam air limbah domestik akan menyebabkan kenaikan nilai Chemical Oxygen Demand (COD) dalam air. Nilai COD digunakan sebagai ukuran bagi pencemaran oleh air limbah domestik atau pun industri [12]. Dampak COD terhadap kesehatan manusia Akibat dari konsentrasi COD yang tinggi dalam badan air menunjukkan bahwa adanya bahan pencemar organik dalam jumlah tinggi jumlah mikroorganisme baik secara patogen dan tidak patogen yang dapat menimbulkan berbagai macam penyakit untuk manusia. Terhadap lingkungan, Konsentrasi COD yang tinggi dapat menimbulkan dan menyebabkan kandungan oksigen terlarut didalam badan air menjadi rendah, bahkan habis. Faktor ini dapat mengakibatkan oksigen

sebagai sumber kehidupan bagi makhluk yang berada didalam air seperti hewan dan tumbuhan air, tidak dapat terpenuhi sehingga makhluk air tersebut bisa terancam mati dan tidak dapat berkembang biak dengan baik.

Total Organic Carbon (TOC) adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan pengukuran kontaminan organik (berbasis karbon) dalam sistem perairan. Kontaminasi organik dapat berasal dari beragam sumber, karena "organik" adalah senyawa seperti gula, sukrosa, alkohol, minyak tanah, PVC, semen, derivat berbasis plastik, dll. Umumnya, senyawa organik bersifat non-ionik dan oleh karena itu tidak terdeteksi oleh pengukuran konduktivitas standar. Oleh karena itu, pengukuran dengan resistivitas tinggi (konduktivitas rendah) dalam sistem perairan ultra-murni tidak dapat membedakan tingginya kadar TOC dari tingginya tingkat kontaminasi. Tingginya kadar TOC dapat: a). menurunkan kualitas sistem pemurnian air; b). mengurangi produktivitas semikonduktor; c). mengontaminasi batch farmasetik; d). Merusak peralatan pembangkit listrik tenaga uap.

### 3.3. Rekomendasi Opsi Penyelesaian

Berdasarkan hasil diagram sebab akibat opsi penyelesaian yang tepat dalam mengentaskan akibat terjadinya kecacatan terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Opsi penyelesaian

No.	Penyebab	Opsi Penyelesaian
1.	Limbah yang berasal dari sumber engine menumpuk	Menambahkan air bersih secukupnya ke bak penampung drain pit kemudian di mixing agar limbah tidak menggumpal menjadi padat dan keras
2.	pH sensor error	Membersihkan atau mencuci detektor pH meter dua minggu sekali
3.	Pencampuran NaOH berlebihan	Menyesuaikan settingan takaran NaOH berdasarkan indicator pH meter atau kertas lakmus
4.	Minyak lolos dari kolam CPI	Sering mengontrol atau memastikan bahwa penampungan waste oil tank kosong atau tidak penuh ketika limbah dialirkan ke kolam CPI selingga oli dan minyak tidak menumpuk di kolam CPI
5.	Waktu pendiaman terlalu cepat	Mendiamkan air limbah di tanki clarifier minimal selama 5 hari

Setelah implementasi opsi penyelesaian dilakukan selama dua bulan (07 Februari 2021 – 08 April 2022), dilakukan pengujian ulang terhadap limbah yang dihasilkan. Hasil pengujian laboratorium ditunjukkan pada Tabel 6.



Tabel 6. Hasil pengujian laboratorium

Bulan	Minggu	Sampel Limbah			
		pH (mg/L)	Minyak Lemak (mg/L)	COD (mg/L)	Total Karbon (mg/L)
1	I	5,4	3,2	76,1	84,2
	II	6,8	17	73,2	85
	III	6,7	3,1	72	80,3
	IV	6,4	3,3	79	84
2	I	7,5	4	85	89,6
	II	7,9	5,9	84,6	97
	III	7,6	5,5	89,9	96
	IV	7,5	5,6	87,3	89,9

Setelah skema analisis *seven tools* diterapkan diperoleh rata-rata nilai ukur pH 7,4 Mg/liter, nilai ukur minyak lemak 4,0 Mg/liter, nilai ukur COD 85 Mg/liter dan nilai ukur total karbon 89,6 Mg/liter. Hasil pengujian laboratorium tersebut menunjukkan bahwa limbah yang dihasilkan WWTP PLTMG Seram Peaker 20 MW adalah aman bagi lingkungan dengan tingkat kualitas 93,75%.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 50% sampel air limbah adalah cacat, dengan jenis kecacatan yang terjadi adalah nilai pH, COD, minyak lemak dan total karbon yang melebihi ketentuan. Kegagalan ini lebih banyak disebabkan karena kesalahan manusia, dimana operator sering tidak mengikut SOP yang ada, serta kurangnya pengawasan terhadap kerja operator tersebut.

Implementasi opsi penyelesaian memberikan nilai ukur rata-rata pH, minyak lemak, COD, dan total karbon berada pada batas yang disyaratkan. Hasil ini menunjukkan bahwa limbah yang dihasilkan WWTP PLTMG Seram Peaker 20 MW setelah implementasi opsi penyelesaian, adalah aman bagi lingkungan dengan tingkat kualitas 93,75%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Palar, *AMDAL di kawasan Industri*. Jakarta: Bumi Aksara, 2004.
- [2] M. Y. A. Mardana, “Pengolahan yang Tepat bagi Limbah Cair,” 2007. (<http://akademik.che.itb.ac.id/labtek/wp-content/upload/2007/08/modul-pengolahan-air.pdf> (diakses 4 Maret 2019)).
- [3] Suharto, *Limbah Kimia Dalam Pencemaran Air dan Udara*. Yogyakarta: ANDI, 2010.
- [4] A. Mitra, *Fundamentals of Quality Control and Improvement*, 4th edition. Wiley, 2016.
- [5] D. H. Besterfield, *Quality Control*, 8th edition. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, 2008.
- [6] H. Effendi, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius, 2003.

Diakses: 23 Oktober 2022. [Daring].

Tersedia pada:

<http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/79927>

- [7] B. S. L. Jenie dan W. P. Rahayu, *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Yogyakarta: Kanisius, 1996. Diakses: 23 Oktober 2022. [Daring]. Tersedia pada: <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=411153>
- [8] S. Wahyono, F. L. Sahwan, dan F. Suryanto, *Membuat Pupuk Organik Granul dari Aneka Limbah*. Jakarta: AgroMedia Pustaka, 2011. Diakses: 23 Oktober 2022. [Daring]. Tersedia pada: <https://agromedia.net/katalog/membuat-pupuk-organik-granul-dari-aneka-limbah/>
- [9] Sugiharto, *Dasar-dasar pengelolaan air limbah*. Jakarta: UI-Press, 2008. Diakses: 23 Oktober 2022. [Daring]. Tersedia pada: <https://lib.ui.ac.id>
- [10] D. Fidia, “Pengaruh Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi*) dan Jeruk Nipis (*Citrus Aurantiifolia*) terhadap Penurunan Kadar Minyak dan Lemak dalam Pengolahan Limbah Cair Dapur,” Skripsi, Institut Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta, 2017.
- [11] A. D. Santoso, “Fitoremediasi Air Limbah Domestik dengan Metode Biology Irigation System,” *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 15, no. 2, Art. no. 2, 2014, doi: 10.29122/jtl.v15i2.1600.
- [12] G. Alaerts dan S. S. Santika, *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional, 1987.