

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Berikut penyajian data pengamatan hasil analisa *Chemical Oxygen Demind* (COD) pada IPAL PT ABC yang telah diaplikasikan pada *Control Chart* :

Data analisa *Chemichal Oxygen Demind* (COD) bulan mei 2020

Tabel 4.1 Data analisa COD bulan mei 2020

TANGGAL	SHIFTT 1	SHIFT 2	SHIFTT 3
1	134	141	145
2	139	163	140
3	158	151	139
4	135	140	148
5	155	146	129
6	135	130	153
7	144	121	117
8	105	99	108
9	131	135	141
10	146	139	159
11	137	158	142
12	140	155	143
13	133	142	146
14	135	145	122
15	144	158	150
16	147	169	149
17	145	182	165
18	153	158	135
19	144	145	150
20	121	136	131
21	133	128	135
22	130	141	138
23	139	110	105
24	96	88	85
25	83	88	89
26	91	92	87
27	109	135	141
28	125	128	130
29	141	134	138
30	140	145	142

Sumber : Hasil analisa COD bulan mei 2020 PT ABC

Dari data tabel 4.1 menunjukkan bahwa shift 1 pada bulan mei diperoleh data yang cukup bagus daripada shift 2 dan shift 3 pada bulan mei. Dikarenakan pada shift 1 kiriman limbah dari departemen produksi tidak terlalu banyak

mencapai level di kolam *Equalisasi* 100cm sedangkan pada shift 2 dan shift 3 kiriman limbah dari departemen produksi cukup banyak mencapai kolam *Equalisasi* 150-175cm sehingga proses pengolahan pada proses flokuasi dan koagulan kurang maksimal sehingga menyebabkan *Chemichal Oxsygen Demind (COD)* tinggi di *effluent* akhir. Dan untuk hasil analisa *Chemichal Oxsygen Demind (COD)* rendah di bawah 100 mg/L itu dikarenakan terjadi stop mesin didepartemen produksi sehingga kiriman limbah dari produksi hanya air sisa hasil stop mesin tidak ada campuran fiber.

4.2 Data Analisis *Control Chart*

Berdasarkan dari data hasil hasil analisa limbah yang diperoleh di PT ABC, maka dilakukan evaluasi dari *control chart*.

Control Chart adalah teknik yang dikenal sebagai metode grafik untuk mengevaluasi apakah suatu proses itu berada dalam pengendalian kualitas secara statistika atau tidak sehingga bisa memecahkan masalah dan dapat menghasilkan perbaikan kualitas.

A. Perhitungan nilai rata-rata, standar deviasi (σ), *Upper Limit Control (UCL)*, *Lower Limit Control (LCL)*.

1. Nilai rata-rata (\bar{x})
2. Perhitungan standar deviasi (σ)
3. Perhitungan *Upper Limit Control (UCL)*, dengan rumus perhitungan
$$UCL = \bar{x} + 3\sigma$$
4. Perhitungan *Lower Limit Control (LCL)*, dengan rumus perhitungan
$$LCL = \bar{x} - 3\sigma$$

Berikut hasil evaluasi analisa air limbah di PT ABC

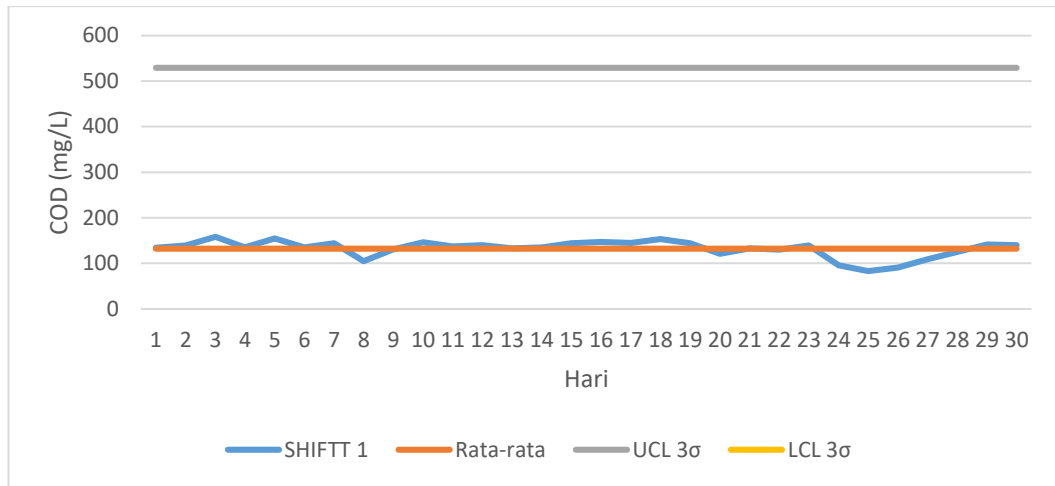
Tabel 4.2 Data hasil evaluasi air limbah shift 1 di PT ABC

TANGGAL	SHIFTT 1	Rata-rata	UCL 3 σ	LCL 3 σ
1	134	132	529	-265
2	139	132	529	-265
3	158	132	529	-265
4	135	132	529	-265
5	155	132	529	-265
6	135	132	529	-265
7	144	132	529	-265
8	105	132	529	-265
9	131	132	529	-265
10	146	132	529	-265
11	137	132	529	-265
12	140	132	529	-265
13	133	132	529	-265
14	135	132	529	-265
15	144	132	529	-265
16	147	132	529	-265
17	145	132	529	-265
18	153	132	529	-265
19	144	132	529	-265
20	121	132	529	-265
21	133	132	529	-265
22	130	132	529	-265
23	139	132	529	-265
24	96	132	529	-265
25	83	132	529	-265
26	91	132	529	-265
27	109	132	529	-265
28	125	132	529	-265
29	141	132	529	-265
30	140	132	529	-265

Sumber : Hasil data analisis *Control Chart*

Berdasarkan pada tabel 4.2, yaitu diperoleh data analisa *Chemical Oxygen Demind (COD)* yang cukup bagus dikarenakan kiriman limbah dari departemen produksi tidak terlalu banyak yaitu pada level kolam *Equalisasi* 100cm, jadi lebih optimal pada proses pengolahan limbah terutama pada proses flokulan dan koagulan yang selanjutnya masuk ke proses *clarifier* dan

mendapatkan hasil *Chemical Oxygen Demand (COD)* di *effluent* yang cukup optimal.



Gambar 4.1 *Control Chart* analisa COD pada shift 1

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.1, yaitu dengan batas atas (UCL) sebesar 529 dan batas bawah (LCL) sebesar -265. *Control chart* memiliki garis pusat sebesar 132. Berdasarkan nilai batas bawah *Chemical Oxygen Demand* di konversikan menjadi 0.

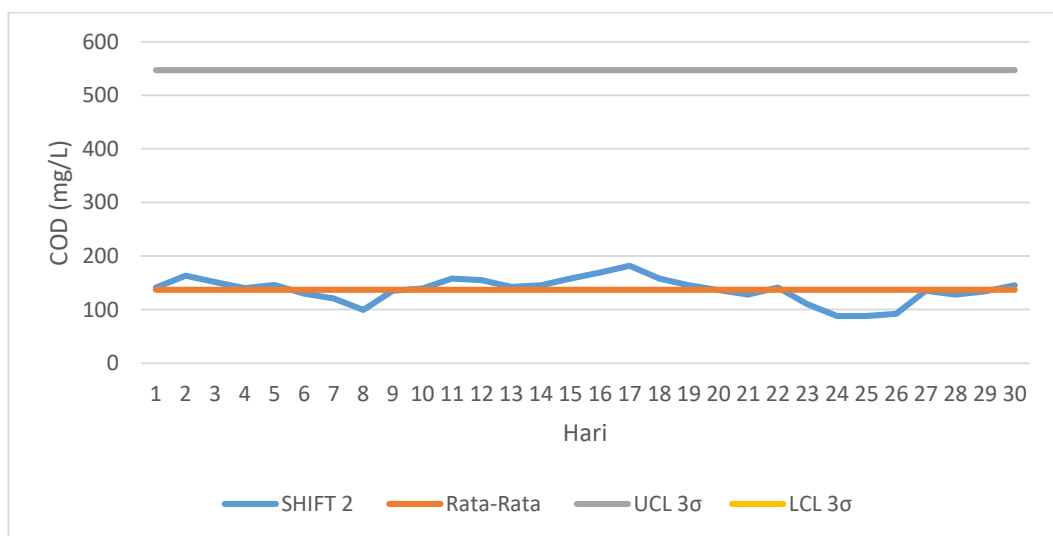
Tabel 4.3 Data hasil evaluasi air limbah shift 2 di PT ABC

TANGGAL	SHIFT 2	Rata-Rata	UCL 3σ	LCL 3σ
1	141	137	547	-273
2	163	137	547	-273
3	151	137	547	-273
4	140	137	547	-273
5	146	137	547	-273
6	130	137	547	-273
7	121	137	547	-273
8	99	137	547	-273
9	135	137	547	-273
10	139	137	547	-273
11	158	137	547	-273
12	155	137	547	-273
13	142	137	547	-273
14	145	137	547	-273
15	158	137	547	-273
16	169	137	547	-273

17	182	137	547	-273
18	158	137	547	-273
19	145	137	547	-273
20	136	137	547	-273
21	128	137	547	-273
22	141	137	547	-273
23	110	137	547	-273
24	88	137	547	-273
25	88	137	547	-273
26	92	137	547	-273
27	135	137	547	-273
28	128	137	547	-273
29	134	137	547	-273
30	145	137	547	-273

Sumber : Hasil data analisis *Control Chart*

Berdasarkan pada tabel 4.3, yaitu diperoleh data analisa *Chemical Oxygen Demind (COD)* yang paling tinggi dari shift 1 dan 3. Dikarenakan kiriman limbah dari departemen produksi terlalu banyak yaitu pada level kolam *Equalisasi* 175cm, jadi pada proses pengolahan limbah kurang optimal terutama pada proses flokulan dan koagulan yang selanjutnya masuk ke proses *clarifier* dan mendapatkan hasil *Chemical Oxygen Demind (COD)* di *effluent* yang cukup tinggi.



Gambar 4.2 *Control Chart* analisa COD pada shift 2

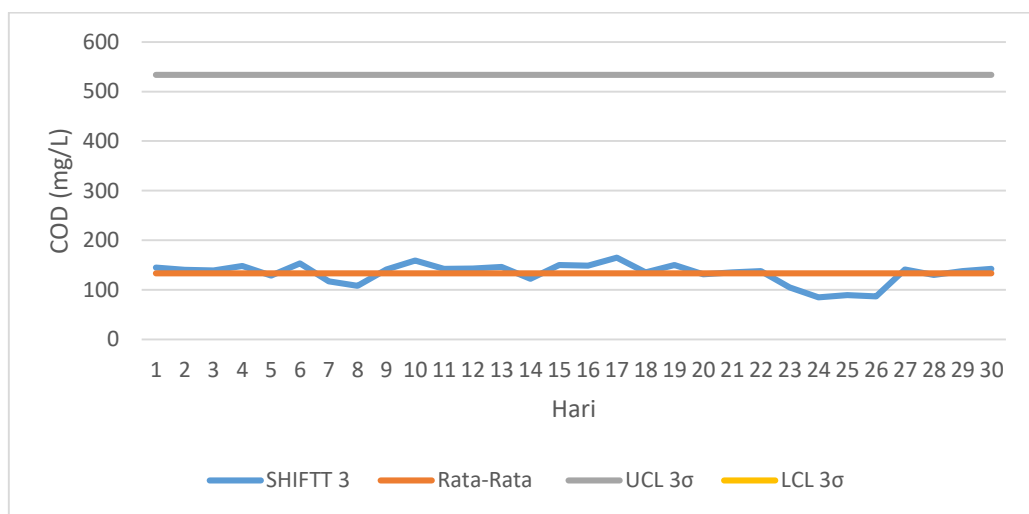
Berdasarkan grafik pada Gambar 4.2, yaitu dengan batas atas (UCL) sebesar 547 dan batas bawah (LCL) sebesar -273. *Control chart* memiliki garis pusat sebesar 137. Berdasarkan nilai batas bawah *Chemical Oxygen Demand* di konversikan menjadi 0.

Tabel 4.4 Data hasil evaluasi air limbah shift 3 di PT ABC

TANGGAL	SHIFT 3	Rata-Rata	UCL 3 σ	LCL 3 σ
1	145	133	534	-267
2	140	133	534	-267
3	139	133	534	-267
4	148	133	534	-267
5	129	133	534	-267
6	153	133	534	-267
7	117	133	534	-267
8	108	133	534	-267
9	141	133	534	-267
10	159	133	534	-267
11	142	133	534	-267
12	143	133	534	-267
13	146	133	534	-267
14	122	133	534	-267
15	150	133	534	-267
16	149	133	534	-267
17	165	133	534	-267
18	135	133	534	-267
19	150	133	534	-267
20	131	133	534	-267
21	135	133	534	-267
22	138	133	534	-267
23	105	133	534	-267
24	85	133	534	-267
25	89	133	534	-267
26	87	133	534	-267
27	141	133	534	-267
28	130	133	534	-267
29	138	133	534	-267
30	142	133	534	-267

Sumber : Hasil data analisis *Control Chart*

Berdasarkan pada tabel 4.4, yaitu diperoleh data analisa *Chemical Oxygen Demind (COD)* yang cukup tinggi dari shift. Dikarenakan kiriman limbah dari departemen produksi cukup banyak yaitu pada level kolam *Equalisasi* 150cm, jadi pada proses pengolahan limbah kurang optimal terutama pada proses flokulan dan koagulan yang selanjutnya masuk ke proses *clarifier* dan mendapatkan hasil *Chemical Oxygen Demind (COD)* di *effluent* yang cukup tinggi.



Gambar 4.3 *Control Chart* analisa COD pada shift 3

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.3, yaitu dengan batas atas (UCL) sebesar 534 dan batas bawah (LCL) sebesar -267. *Control chart* memiliki garis pusat sebesar 133. Berdasarkan nilai batas bawah *Chemical Oxygen Demind* di konversikan menjadi 0

Salah satu contoh perhitungan untuk analisis pengendalian kualitas dan pengamatan nilai *COD* shift 1, shift 2, shift 3 dari perhitungan *Xbar-chart*.

1. Shift 1 diperoleh nilai $X = 132$ dan $\sigma = 4,24$ sehingga batas-batas kendalinya sebagai berikut :
 - a. Batas kendali X untuk garis CL (Control Limit) $= X = 132$

- b. Batas kendali atas UCL (Upper Control Limit) = $X + 3\sigma = 132 + (3 \times 4,24)$
= 529
- c. Batas kendali bawah LCL (Lower Control Limit) = $X + 3\sigma = 132 - (3 \times 4,24) = -265$
2. Shift 2 diperoleh nilai $X = 137$ dan $\sigma = 2,83$ sehingga batas-batas kendalinya sebagai berikut :
- a. Batas kendali X untuk garis CL (Control Limit) = $X = 137$
- b. Batas kendali atas UCL (Upper Control Limit) = $X + 3\sigma = 137 + (3 \times 2,83)$
= 547
- c. Batas kendali bawah LCL (Lower Control Limit) = $X + 3\sigma = 137 - (3 \times 2,83) = -273$
3. Shift 2 diperoleh nilai $X = 133$ dan $\sigma = 20,5$ sehingga batas-batas kendalinya sebagai berikut :
- a. Batas kendali X untuk garis CL (Control Limit) = $X = 133$
- b. Batas kendali atas UCL (Upper Control Limit) = $X + 3\sigma = 133 + (3 \times 20,5)$
= 534
- c. Batas kendali bawah LCL (Lower Control Limit) = $X + 3\sigma = 133 - (3 \times 20,5) = -267$

4.2.1 Analisa Jartest

Berdasarkan hasil analisis Control Chart pada shift 1 , shift 2, dan shift 3 pada bulan mei bahwa masih berada di dalam batas kendali. Namun perlu adanya perbaikan karena ada data yang tidak stabil atau hasil analisa *Chemical Oxygen Demind (COD)* yang tinggi maka peneliti melakukan perbaikan dengan menggunakan analisis jartest untuk mendapatkan dosis optimum bahan kimia untuk proses flokulan dan koagulan.

Pengujian jartest ini yaitu, menggunakan sampel dengan hasil analisa yang cukup tinggi dengan level Equalisasi 170 cm. Teknik pengambilan sampel yang dibuat analisis jartes yaitu menghidupkan aerator yang gunanya untuk menghomogenkan air limbah agar waktu pengambilan sampel lebih merata.

Tabel 4.5 Hasil analisa COD yang dibuat analisis jartest

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Bakumutu	Metode Pengujian
1	COD	mg/L	185	150	Spektrofotometer

Sumber : Hasil analisa laboratorium PT ABC

1. Pengujian jartest

Pengujian jertest dilakukan untuk menentukan dosis optimum koagulan dan flokulan. Pada prinsipnya merupakan untuk proses pengolahan pada air skala kecil. Pada penelitian ini jenis koagulan yang digunakan yaitu *Poly Aluminium Chloride (PAC)* dan flokulan yang digunakan yaitu polimer anionik.

a. Pembuatan larutan koagulan dan flokulan

Pada penelitian ini dibutuhkan koagulan dan flokulan dengan konsentrasi yang besar. Hal ini karena disebabkan kadar polutan yang tinggi pada parameter *Chemichal Oxsigen Demind (COD)*. Larutan koagulan PAC dibuat dengan konsentrasi 10% dan flokulan polymer anionic dibuat dengan konsentrasi 1% dikarenakan untuk proses memudahkan penanganan dan untuk memastikan pencampuran dengan baik. Pada pembuatan larutan koagulan PAC 10% dibutuhkan 10 gr bubuk PAC yang dilarutkan ke dalam 100ml aquades. Pada pencampuran ini larutan flokulan 1% dibutuhkan 1 gr bubuk polymer yang dilarutkan kedalam 100 ml aquades.

b. Penentuan dosis koagulan dan flokulan

Pada pengujian jartest ini air limbah yang akan diuji yaitu sebanyak 1000ml dipindahkan kedalam 3 gelas ukur bervolume 1000 ml dengan penambahan variasi konsentrasi koagulan dan flokulan yang berbeda. Kemudian dilakukan pengadukan cepat (*rapid mixing*) dengan kecepatan 100 rpm selama 1 menit dan selanjutnya pengadukan lambat (*slow mixing*) dengan kecepatan 60 rpm selama 10 menit pada sampel limbah. Setelah itu limbah dibiarkan mengendap selama 15 menit. Fase cairan yang terbentuk pada proses pengendapan akan dianalisis untuk mengetahui parameter COD yang akan digunakan untuk menentukan dosis optimum koagulan dan flokulan air limbah. Pada penelitian ini variasi dosis yang digunakan jartest yaitu 25 mg/L, 30 mg/L, dan 35 mg/L untuk PAC dan 1 mg/L, 2 mg/L untuk *polymer anionik*.

2. Pengaruh dosis koagulan dan flokulan untuk efisiensi penurunan COD
- Berdasarkan pengujian awal limbah cair yang mempunyai nilai COD yang melebihi baku mutu yaitu sebesar 185 mg/L. Penggunaan koagulan PAC dari dosis 25 mg/L hingga 35 mg/L dengan ditambahkan flokulan *polymer anionik* 2 mg/L mampu menurunkan konsentrasi COD menjadi 142 mg/L

Tabel 4.6 Hasil perbandingan analisa COD yang sudah analisis jartest

No	Perbandingan PAC & Polymer	Parameter	Hasil Analisa	Bakumutu	Metode Analisa
1	25 & 1 mg/L	COD	183	150	Spektrofotometer
2	30 & 2 mg/L	COD	166	150	Spektrofotometer
3	35 & 2 mg/L	COD	142	150	Spektrofotometer

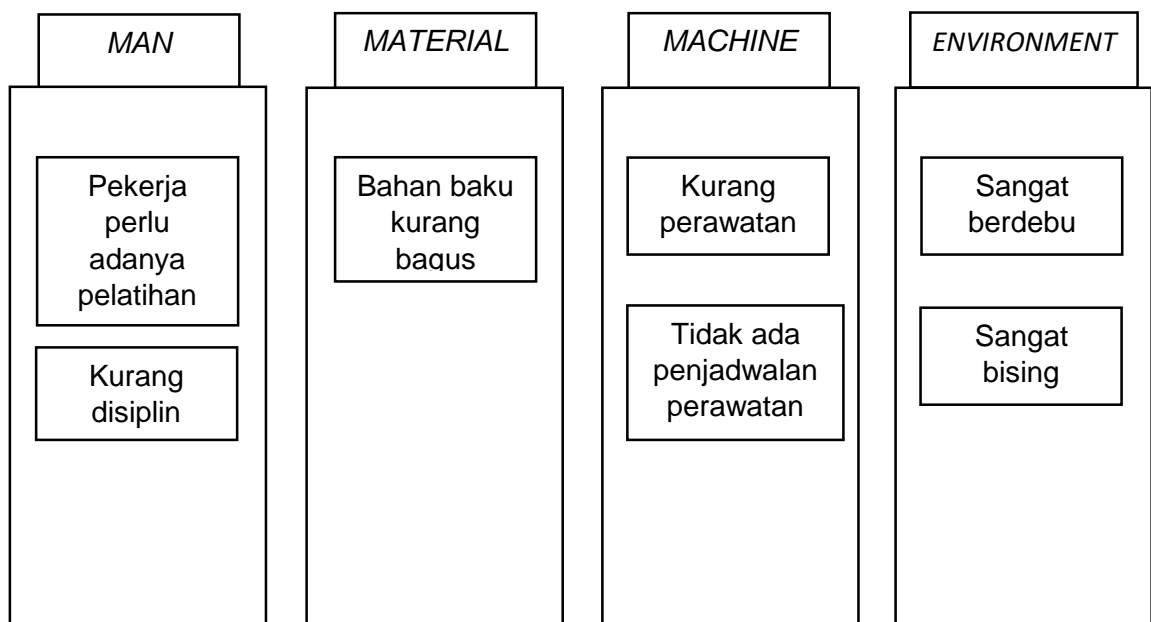
Sumber : Hasil analisa laboratorium PT ABC

Berdasarkan pada Tabel 4.6 di peroleh hasil analisis PAC 35 mg/L dan Polymer Anionik 1 mg/L untuk dosis optimum jika terjadi kenaikan pada kolam Equalisasi 150cm keatas ataupun kiriman air limbah dari departemen produksi yang cukup tinggi. Namun jika level kolam Equalisasi 100cm kebawah bisa menggunakan dosis optimum PAC 25 mg/L dan Polymer Anionik 1 mg/L.

4.3 New Seven Tools

4.1.1 Affinity Diagram

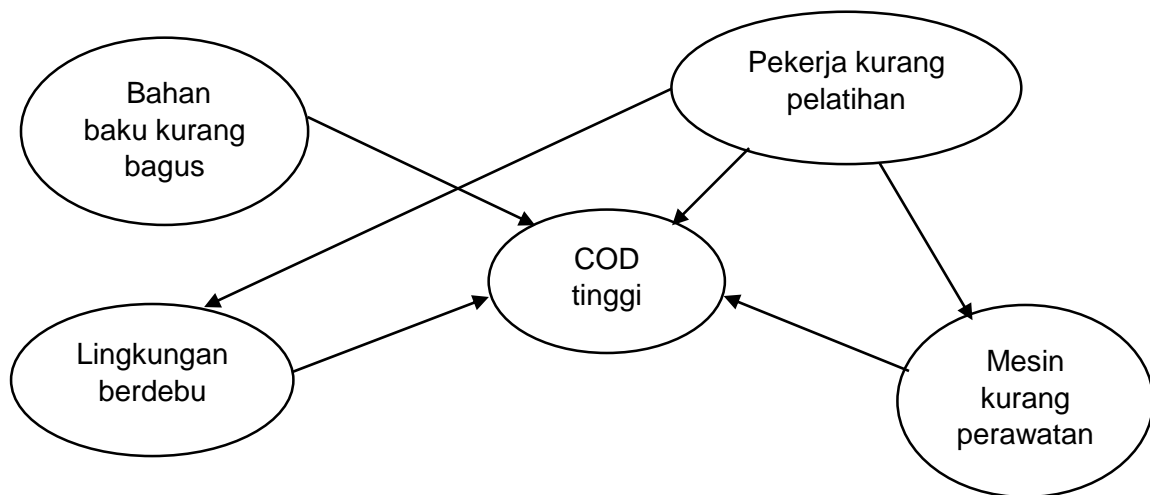
Affinity diagram adalah alat yang digunakan untuk mengumpulkan sejumlah besar gagasan, masalah, solusi, dan sebagainya yang bersifat data verbal melalui sesi curah pendapat (*brainstorming*). Dalam proses produksi telah dilakukan *brainstorming* terhadap karyawan dan mengumulkan data-data dan tersusun sebagai berikut.



Gambar 4.4 Affinity Diagram

4.1.2 *Interrelationship Diagram*

Interrelationship diagram (diagram keterkaitan masalah) adalah alat untuk menganalisis hubungan sebab dan akibat dari berbagai masalah yang kompleks sehingga kita dapat dengan mudah membedakan persoalan apa yang merupakan driver (pemicu terjadinya masalah) dan persoalan apa yang merupakan outcome (akibat dari masalah).

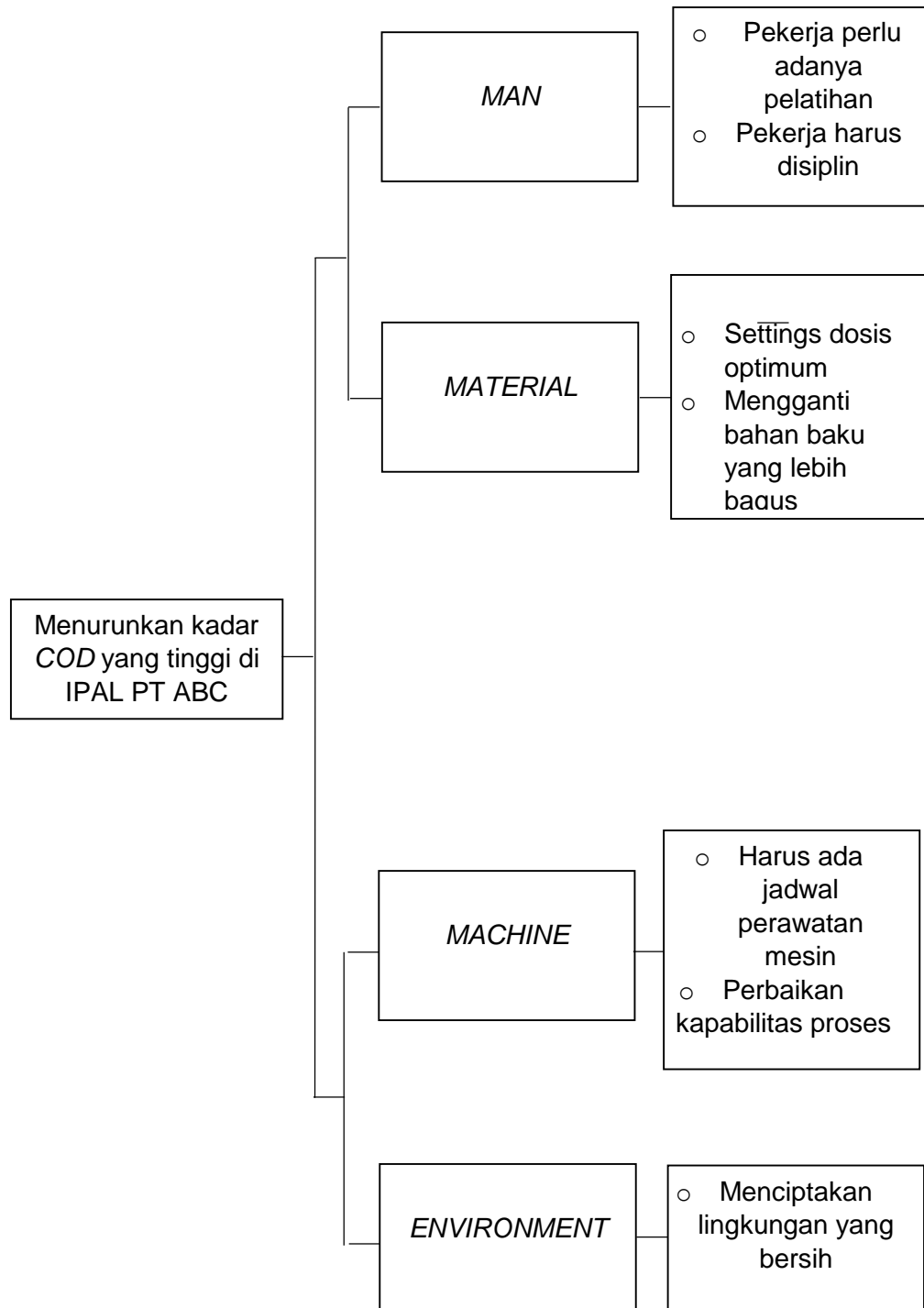


Gambar 4.2 *Interrelationship Diagram*

4.1.3 *Tree Diagram*

Tree diagram adalah teknik yang digunakan untuk memecahkan konsep apa saja, seperti kebijakan, target, tujuan, sasaran, gagasan, persoalan, tugas-tugas, atau aktivitas-aktivitas secara lebih rinci ke dalam sub-subkomponen, atau tingkat yang lebih rendah dan rinci. *Tree Diagram* dimulai dengan satu item yang bercabang menjadi dua atau lebih. Pada departemen IPAL terdapat beberapa hasil *Chemical Oxygen Demand (COD)* yang melebihi standar baku mutu yang di pengaruhi beberapa macam faktor sehingga menyebabkan penurunan

kualitas air limbah. Berikut langkah-langkah perbaikan kualitas air limbah yang dapat dijelaskan dalam tree diagram :



Gambar 4.3 Tree diagram

4.3.1 *Improve*

Pada tahap ini akan memberikan rekomendasi perbaikan yang menyebabkan pemborosan biaya *cost* pada bahan kimia yang telah di ketahui dari analisis jartest. Dengan melihat hasil analisis peneliti mengusulkan bahwa adanya perbaikan pada proses pengolahan air limbah dan peneliti mengusulkan adanya proses aerob di IPAL PT ABC untuk mengoptimalkan penurunan kadar organik dan mengurangi biaya *cost* bahan kimia.

4.3.1 Pengolahan biologi secara aerobik

1. Proses lumpur aktif konvensional adalah Pengolahan air limbah dengan lumpur aktif konvensional (standar) secara umum terdiri dari bak pengendap awal, bak aerasi, dan bak pengendap akhir. Secara umum proses pengolahannya adalah sebagai berikut :
 - a. Air limbah yang berasal dari *inlet* pit ditampung ke dalam bak penampung air limbah. Bak penampung ini berfungsi sebagai bak pengatur debit air limbah serta dilengkapi dengan saringan kasar untuk memisahkan kotoran yang besar. Kemudian, air limbah dalam bak penampung di pompa ke bak pengendap awal. Bak pengendap awal berfungsi untuk menurunkan padatan tersuspensi Total Suspended Solis (TSS) sekitar 30-40%, Serta COD sekitar 25%.
 - b. Air limpasan yang dari bak pengendap awal dialirkan ke bak aerasi secara gravitasi. Di dalam bak aerasi tersebut air limbah dihembus dengan udara sehingga mikroorganisme yang ada akan mengurai zat organik yang ada dalam air limbah. Energi yang didapatkan dari hasil penguraian zat organik ini digunakan oleh mikroorganisme untuk proses pertumbuhannya. Dengan demikian

didalam bak aerasi tersebut akan tumbuh dan berkembang biomasa dalam jumlah yang besar. Biomasa atau mikroorganisme tersebut yang akan menguraikan senyawa polutan yang ada di dalam air limbah.

- c. Dari bak aerasi, dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak inilah lumpur aktif yang mengandung massa mikroorganisme diendapkan dan dipompa kembali ke bagian bak inlet aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur. Dan air limbah yang telah melalui proses aerasi yang berpisah di bak pengendap akhir dengan mikroorganisme dialirkan ke *effluent* lalu di buang ke sungai.

2. Prinsip pengolahan secara biologi-aerobik

- a. Memanfaatkan Kemampuan mikroorganisme di alam, mikroorganisme memiliki kemampuan untuk menguraikan pencemar
- b. Rekayasa dilakukan untuk mempercepat dan mengoptimalkan penguraian
- c. Senyawa organik diubah menjadi karbondioksida, air
- d. Mikroorganisme memiliki kemampuan adaptasi tinggi pengolahan biologi dapat dipergunakan untuk mengolah limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun).

3. Lumpur aktif

- a. Kumpulan/flok mikroorganisme sering bercampur dengan koloid atau partikel organik dan anorganik
- b. Berdiameter sekitar 50-300 mikron cukup mudah untuk diendapkan
- c. Terdiri dari sekitar 70% organik dan sekitar 30% anorganik

4. Pembentukan lumpur aktif
 - a. Tahap transfer
 - Organik terlarut ditransfer dalam sel
 - b. Tahap konversi
 - Di dalam sel organik dicerna
 - Meliputi proses sintesis (pembentukan sel baru) dan proses oksidasi (menghasilkan karbondioksida, air, energi)
 - c. Tahap flokulasi
 - Mikroorganisme mengelompok satu sama lain untuk membentuk lumpur aktif
5. Karakteristik bakteri aerobik dalam lumpur aktif
 - a. Mampu membentuk lumpur yang mudah mengendap bakteri lumpur aktif terdiri dari :
 - Bakteri pengumpul (floc-foaming bacteria atau zoogled)
 - Bakteri filemen
 - b. Keberadaan bakteri filemen menentukan karakteristik pengendapan :
 - Terlalu banyak = gejala lumpur gembur (bulking sludge) gumpalan lumpur tampak rengang dan ringan
 - Terlalu sedikit = gejala lumpur butiran (pin-point) lumpur berukuran kecil dan tidak ada ikatan
 - c. SVI adalah volume yang ditempati oleh lumpur yang setelah 30 menit diendapkan
 - d. SVI dapat juga dipresentasikan dalam persenan
 - e. Nilai ideal SVI = 50-100 ml/g
 - f. Penilaian karakteristik pengendapan digunakan indeks volume lumpur/sludge volume indeks (SVI)

- g. $SVI = 1000 \times SV_{30} / MLSS \text{ mL/g}$
 - h. SV_{30} adalah nilai vol lumpur yang dapat mengendap
6. Faktor-faktor yang mempengaruhi operasi
- a. Beban organik
 - o Variasi beban organik di influent akan mempengaruhi proses
 - b. Nutrisi
 - o Mikroorganisme membutuhkan N dan P
 - o Rasio COD: N : P = 200-250 : 5 : 1
 - c. Oksigen
 - o DO dijaga sekitar 1-2 mg/liter
 - d. pH dijaga berkisar pada 6,5-8,5
 - e. Rasio F/M menunjukkan rasio antara jumlah mikroorganisme dalam lumpur aktif terhadap besarnya organik yang diolah, nilai ideal F/M berkisar 0,3-0,6 kg BOD/kg hari.
 - f. Efek nilai F/M
 - o Terlalu besar = pertumbuhan bakteri filamen
 - o Terlalu kecil = pertumbuhan bakteri pembentukan busa
 - g. Jumlah mikroorganisme, dihitung dalam mlvss. Dikendalikan dengan mengatur besarnya pembuangan aliran lumpur buangan (waste sludge) dan aliran lumpur resirkulasi
 - h. Pengendalian ini juga akan berpengaruh pada usia lumpur yang lebih lama dari waktu keberadaan limbah dalam tangki
 - i. Pengadukan
 - o Tangki aerasi harus teraduk sempurna tidak ada dead end
 - o Tangki aerasi harus memiliki konsentrasi DO dan SS yang sama pada setiap titik
 - j. Beban hidrolis atau beban permukaan

- Variasi debit influent akan mempengaruhi proses
 - Nilai beban permukaan 15-30 M^3 /hari
7. Pengendalian karakteristik pengendapan lumpur
- a. Perbaiki komposisi senyawa nutrisi: kurangnya senyawa N dan P menghambat pertumbuhan bakteri penggumpal
 - b. Penurunan suplai oksigen: bakteri filamen tidak bisa hidup dalam DO rendah
 - c. Jika lumpur terlalu lama dalam tangki pengendap terjadi reaksi penguraian gas CO_2 dan N_2 yang dapat mengangkat lumpur (*Rising Sludge*)
8. Indikator analisa pada operasi lumpur aktif
- a. Penurunan *DO* secara tiba-tiba menunjukkan adanya shock loading organik
 - b. Peningkatan *DO* secara tiba-tiba menunjukkan adanya toksitas akut
 - c. *SS* dan *VSS* : menunjukkan konsentrasi mikroorganisme
 - d. *Sludge volume index* : menunjukkan kualitas pengendapan flok mikroorganisme
 - e. Nutrisi : kekurangan nitrogen akan menyebabkan timbulnya mikroorganisme filamentous dan dispersed mikroorganisme

