

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Sumur

4.1.1 Karakteristik Air Sumur di Sekitar Pabrik Gula Madukismo

Air sumur yang berada di sekitar Pabrik Gula Madukismo sudah tercemar oleh limbah yang dihasilkan oleh pabrik. Hal ini menyebabkan warga banyak yang mengeluh kepada pihak Pabrik Gula Madukismo. Umumnya, air sumur yang dijumpai di sekitar rumah warga berwarna kuning/coklat dan sedikit keruh. Sehingga tidak banyak yang bisa dimanfaatkan dari air sumur tersebut.

Sampel air sumur di dapatkan dari rumah warga yang berada di sekitar Pabrik Gula Madukismo. Setelah melalui survei, ada beberapa rumah warga yang sudah menggunakan air PAM (Perusahaan Air Minum). Hal ini di karenakan air sumur warga di sekitar Pabrik Gula Madukismo sudah banyak yang tercemar. Warga yang masih menggunakan air sumur belum mampu menggunakan air PAM sehingga terpaksa menggunakan air sumur untuk dikonsumsi. Air sumur yang keluar dari sumur warga berwarna kuning kekeruhan. Air sumur juga berbau, dan berasa.

Dampak dari pencemaran air sumur yang terjadi pada sumur warga di sekitar Pabrik Gula Madukismo ada berbagai macam. Salah satunya, air sumur meninggalkan noda putih saat digunakan untuk mencuci pakaian. Namun bagi petani – petani yang berada di sekitar Pabrik Gula Madukismo, limbah gula yang mengalir menuju irigasi persawahan dapat menyuburkan tanaman mereka.

4.1.2 Karakteristik Pencemar Air Tanah

Karakteristik pencemar pada air tanah dapat dikategorikan menjadi tiga, yaitu fisik, kimia, dan biologi.

- Parameter Fisik berupa berupa padatan (partikel padat) yang ada dalam air (padatan total, padatan tersuspensi dan padatan terlarut), warna, bau, dan temperature

- Parameter Kimia berupa selain berupa kadar BOD5 dan COD, juga senyawa yg terkait dengan anomia bebas, nitrogen organik, nitrit, nitrat, fosfor organik dan fosfor anorganik, sulfat, klorida, belerang, logam berat (Fe, Al, Mn dan Pb), dan gas (H₂O, CO₂, O₂, dan CH₄)
- Parameter biologis juga merupakan hal penting karena ada beribu-ribu bakteri per millimeter dalam air limbah yang belum diolah. (Achmad, 2010)

4.2. Hasil Perhitungan

4.2.1 Pemilihan Kurva Kalibrasi

Pemilihan kurva kalibrasi dilakukan agar dapat mencari konsentrasi COD yang ada pada air sumur. Kurva kalibrasi merupakan grafik yang membentuk garis lurus (*linear*) yang menyatakan hubungan antara kadar larutan kerja termasuk blanko dengan respon yang proporsional dari instrumen. Kurva kalibrasi biasa disebut juga kurva standar. Jenis kurva dibagi menjadi 2, yaitu kurva kalibrasi tinggi dan kurva kalibrasi rendah. Kurva kalibrasi tinggi menggunakan panjang gelombang 600nm, sedangkan untuk kurva kalibrasi rendah menggunakan panjang gelombang 420nm. Pada penelitian kali ini, peneliti menggunakan kurva kalibrasi rendah. Cara menghitung nilai Konsentrasi COD pada air sumur adalah sebagai berikut :

$$y = bx + a$$

Keterangan:

y = respon instrumen

x = kadar analit

a = intersep (*intercept*)

b = kemiringan (*slope*)

Sehingga setelah didapatkan nilai absorbansi dari spektrofotometri, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan konsentrasi dengan menggunakan rumus di atas (Hadi, 2014).

4.2.2 Analisis *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada Air Sumur

COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia (Metcalf and Eddy, 1991).

Tes COD hanya merupakan suatu analisa yang mengandung suatu reaksi kimia yang menurunkan oksidasi biologis (yang sebenarnya terjadi di alam), sehingga merupakan suatu pendekatan saja, karena itu tes COD tidak membedakan antara zat-zat yang sebenarnya tidak teroksidasi dan zat-zat teroksidasi secara biologis. Nilai COD ditentukan dari bahan organik yang *biodegradable* maupun *non-biodegradable*, sehingga hasil penetapan nilai COD biasanya lebih tinggi dari nilai BOD. Apabila nilai COD 3 kali lebih tinggi dari BOD, maka perlu diketahui apakah ada bahan-bahan bersifat toksik dan *non-biodegradable*.

Nilai COD juga memerlukan suatu bilangan yang dapat menyatakan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbon dioksida dalam air buangan perantara oksidasi kuat dalam suasana asam.

Parameter COD dalam suatu air limbah merupakan parameter utama, besar kecilnya COD akan mempengaruhi jumlah pencemar oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan kurangnya jumlah oksigen terlarut dalam air.

Pabrik Gula Madukismo beroperasi selama 24 jam dalam rentan waktu 6 bulan. Sehingga diperkirakan bahwa air limbah terus menerus dibuang selama proses produksi.

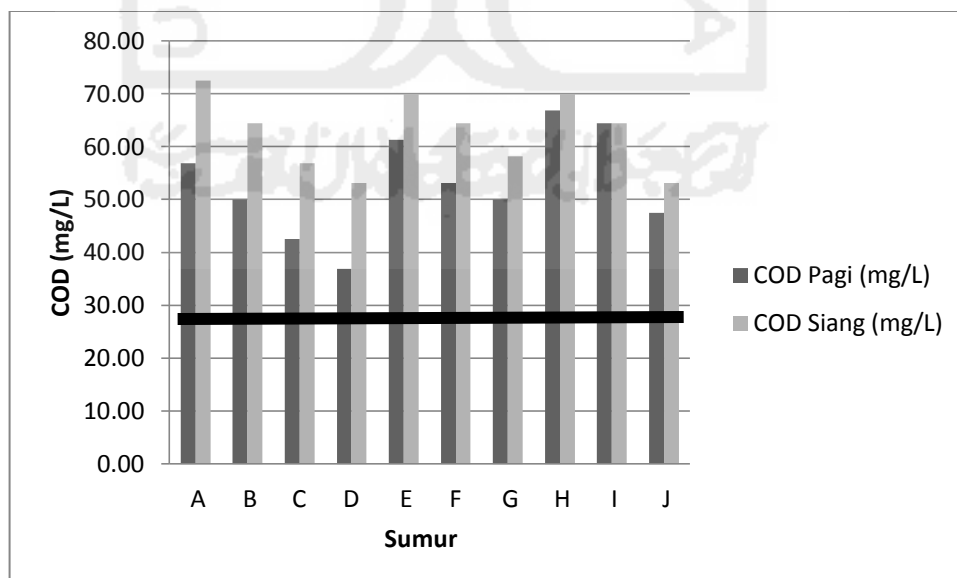
Pada penelitian kali ini, pengambilan sampel dilakukan di 2 waktu yang berbeda. Pengambilan sampel pertama dilakukan pada jam 09.00 – 11.00 pagi dan pengambilan sampel kedua dilakukan pada jam 15.00 – 17.00 sore. Hal ini dilakukan untuk mengukur perbandingan antara banyaknya pencemar COD pada pagi dan sore hari. Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 11 september

2015 pada pagi dan sore hari. Konsentrasi COD pada pagi hari dan sore hari dapat dilihat pada Tabel 4.1 :

Tabel 4.1 Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) Air Sumur Pagi dan Sore Hari

No	Sampel	Pagi (mg/l)	Sore(mg/l)
1	Sumur A	56.88	72.50
2	Sumur B	50.00	64.38
3	Sumur C	42.50	56.88
4	Sumur D	36.88	53.13
5	Sumur E	61.25	70.00
6	Sumur F	53.13	64.38
7	Sumur G	50.00	58.13
8	Sumur H	66.88	70.00
9	Sumur I	64.38	64.38
10	Sumur J	47.50	53.13

Grafik perbandingan antara konsentrasi COD pagi dan sore hari dapat dilihat pada Gambar 4.1 Konsentrasi COD :



Gambar 4.1 Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) Air Sumur Pagi dan Sore Hari

Dilakukan pengambilan sampel pagi dan sore hari di sekitar Pabrik Gula Madukismo. Setelah dilakukan pengambilan sampel, sampel kemudian dibawa ke laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia untuk diteliti konsentrasi CODnya. Dari kedua sampel tersebut, diketahui bahwa sampel pertama yang diambil pada jam 09.00 – 11.00 lebih rendah daripada sampel kedua yang diambil pada jam 15.00 – 17.00. Hal ini disebabkan oleh resapan air limbah pada pagi hari terakumulasi dengan resapan air limbah pada sore hari sehingga menyebabkan kadar konsentrasi COD lebih besar. Selain itu juga faktor luar selain limbah Pabrik Gula Madukismo seperti industri kecil yang baru beroperasi pada siang hari sehingga menambah beban pencemar pada air sumur. Dilihat dari tabel konsentrasi COD pada pagi hari, sampel Sumur D memiliki konsentrasi paling rendah di antara sampel sumur lainnya dengan konsentrasi COD 36.88 mg/l. Sampel Sumur H memiliki konsentrasi COD paling tinggi di antara sampel sumur lainnya dengan konsentrasi sebesar 66,88 mg/l.

Jika dilihat pada tabel konsentrasi COD sore hari, sampel sumur D dan J memiliki konsentrasi paling rendah dibandingkan dengan sampel sumur lainnya yaitu 53.13 mg/l . Untuk konsentrasi COD terbesar, terdapat pada sampel sumur A dengan 72,50 mg/l. Dapat disimpulkan juga bahwa semakin dekat air sumur dengan Pabrik Gula Madukismo, maka semakin besar konsentrasi COD yang ada pada air sumur. Sumur A memiliki konsentrasi COD yang lebih besar dari sumur B di karenakan jarak sumur A lebih dekat dengan Pabrik Gula Madukismo.

4.3 Pemetaan Titik Sampling

Untuk lebih memperjelas lokasi titik sampling yang telah ditentukan, maka perlu dilakukan pemetaan GIS (Geographic Information System) agar dapat diketahui secara rinci tempat apa saja yang terdapat di sekitar titik sampling. Hal ini perlu dilakukan agar dapat mengetahui sumber – sumber pendukung selain Pabrik Gula Madukismo yang dapat menjadi penyebab tercemarnya air sumur. Pada pemetaan kali ini, peneliti menggunakan aplikasi Arcgis. Untuk sumber peta, digunakan Google Earth sebagai sumbernya. Pemetaan GIS juga dapat

ditambahkan legenda pada gambar agar memperjelas simbol yang ada di GIS. Untuk gambar legenda dapat dilihat pada Gambar 4.2 :



Gambar 4.2 Legenda pada ArcGis

Seperti yang terlihat pada gambar, baik pemukiman, titik sampling, maupun sawah dibedakan dengan memberi simbol tertentu. Pemukiman diberi arsiran agar membedakan gambar sawah, pemukiman, dan titik sampling. Letak titik sampling dilakukan di bawah, di belakang, dan di depan Pabrik Gula Madukismo.

4.4 Dampak Pencemaran Terhadap Kesehatan

Air merupakan komponen lingkungan yang penting bagi kehidupan. Makhluk hidup di muka bumi ini tak dapat terlepas dari kebutuhan akan air. Air merupakan kebutuhan utama bagi proses kehidupan di bumi, sehingga tidak ada kehidupan seandainya di bumi tidak ada air. Namun demikian, air dapat menjadi malapetaka bilamana tidak tersedia dalam kondisi yang benar, baik kualitas maupun kuantitasnya. Air yang relatif bersih sangat didambakan oleh manusia, baik untuk keperluan hidup sehari-hari, untuk keperluan industri, untuk kebersihan sanitasi kota, maupun untuk keperluan pertanian dan lain sebagainya.

Indikasi pencemaran air dapat kita ketahui baik secara visual maupun pengujian. Secara visual kita dapat mengetahui kualitas air dari warna, bau dan rasanya. Sedangkan dari pengujian kita dapat mengetahui tingkat zat organik yang terdapat dalam air. Air tanah yang tercemar oleh pencemar seperti zat organik dapat menyebabkan ekosistem air baik biota maupun kualitas air menjadi terganggu dan berkurang.

Untuk mengetahui apakah parameter zat organik pada air dapat menimbulkan penyakit kepada warga, peneliti membandingkan penyakit yang diderita oleh masyarakat di Kabupaten Bantul dengan penyakit yang diderita oleh masyarakat di Kabupaten Sleman. Menurut Dinas Kesehatan Kabupaten Bantul, lebih tepatnya Puskesmas Kasihan II, penyakit – penyakit yang diderita masyarakat dari tahun 2009-2011 dapat dilihat pada Tabel 4.2 :

Tabel 4.2 Penyakit Masyarakat Kabupaten Bantul

2009			2010		2011		
NO	Diagnosis	Jumlah	Diagnosis	Jumlah	ICD X	Diagnosis	Jumlah
1	Nasofaringitis akut	4513	Nasofaringitis akut	2327	J00	Nasofaringitis akut (common cold)	1777
2	Penyakit gusi dan periodontal	1217	Hipertensi Primer	1022	I10	Hipertensi esensial (primer)	1249
3	Faringitis akut	1206	Penyakit gusi dan periodontal	921	E11	Diabetes mellitus non-dependen insulin	1086
4	Myalgia	1025	Faringitis akut	709	F20	Skizofrenia	768
5	Penyakit pulpa dan jaringan periapikal	1011	Diabetes Mellitus tak tergantung Insulin	698	J02	Faringitis akut	612
6	Hipertensi Primer	766	Myalgia	669	K05	Gingivitis dan penyakit periodontal	503
7	Dispepsia	712	Penyakit pulpa dan jaringan periapikal	626	M79.1	Myalgia	496
8	Dematiitis tidak spesifik	675	Observasi Febris	598	K30	Dispepsia	436
9	Cefalgia	601	Dispepsia	502	A09	Diare dan gastroenteritis yang diduga berasal dari infeksi	395
10	Observasi Febris	598	Skizofrenia	430	K04	Penyakit pulpa dan jaringan periapikal	381

Menurut data di atas ada beberapa penyakit yang kemungkinan di sebabkan oleh pengkonsumsian air sumur yang tercemar. Diare kemungkinan adalah salah satu penyakit umum yang diderita masyarakat jika meminum air sumur yang memiliki parameter zat organik tinggi dan bahan pencemar lainnya.

Hal ini perlu diperhatikan karena cukup mengganggu kesehatan masyarakat. Namun untuk membuktikan bahwa parameter organik adalah salah satu faktor yang dapat menyebabkan penyakit diare pada warga, maka dilakukan perbandingan antara data Penyakit Masyarakat daerah Sleman tahun 2010 menurut Dinas Kesehatan Sleman yang dapat dilihat pada Tabel 4.3 :

Tabel 4.3 Penyakit Masyarakat Kabupaten Sleman

No	Penyakit	Jumlah
1	Nasofaringitis	973
2	Hipertensi Esensial	746
3	Diabetes Melitus	402
4	Skizofrenia	-
5	Faringitis	84
6	Gingivitis dan Penyakit periodontal	-
7	Mialgia	-
8	Dispepsia	395
9	Diare dan Gastronritis	1794
10	Penyakit pulpa dan Jaringan peripical	644

Ketika dibandingkan dengan data Dinas Kesehatan Sleman tahun 2010, jumlah penyakit diare yang diderita oleh masyarakat jauh lebih tinggi dibandingkan dengan yang diderita oleh masyarakat sekita Madukismo. Sehingga kemungkinan besar zat organik pada air tidak menimbulkan dampak secara langsung bagi kesehatan masyarakat. Zat organik mungkin hanya berpengaruh terhadap biota air dan kualitas air saja, sehingga dapat disimpulkan bahwa zat organik pada air tidak memberikan dampak secara langsung terhadap kesehatan masyarakat.

4.5 Pengolahan limbah

Untuk mengurangi parameter COD yang melebihi baku mutu, perlu dilakukan pengolahan limbah. Salah satu pengolahan sederhana yang dapat menurunkan COD dengan baik adalah *Constructed Wetland*. Pengolahan air limbah yang mengandung bahan organik, secara biologis dapat dilakukan dengan beberapa jenis pengolahan, yaitu aerobik, anaerobik atau gabungan beberapa proses tersebut. Proses pengolahan air limbah secara biologis tersebut, mempunyai kelebihan dan kekurangannya. Untuk itu di perlukan upaya dengan teknologi yang sederhana, murah, mudah, tepat guna, ekonomis serta operasional dan pemeliharannya yang tidak memerlukan tenaga khusus. Penggunaan tumbuhan air dalam sistem *Constructed Wetland* sebagai alternatif sarana pengolahan air limbah, pada beberapa negara telah banyak digunakan.

Namun di Indonesia, belum begitu populer perkembangannya, karena kajian dan publikasi mengenai kemampuan tumbuhan air tersebut masih kurang. Berdasarkan morfologi dari tumbuhan Cattail (*Typha Angustifolia*) sangat cocok untuk pengolahan dengan sistem *Constructed Wetland*. Tumbuhan Cattail memiliki sistem perakaran yang banyak yang dapat menyerap zat organik di bagan air (Hidayah,Wahyu, 2011). Contoh tanaman Cattail dalam aplikasi *Constructed Wetland* dapat dilihat pada Gambar 4.3 :



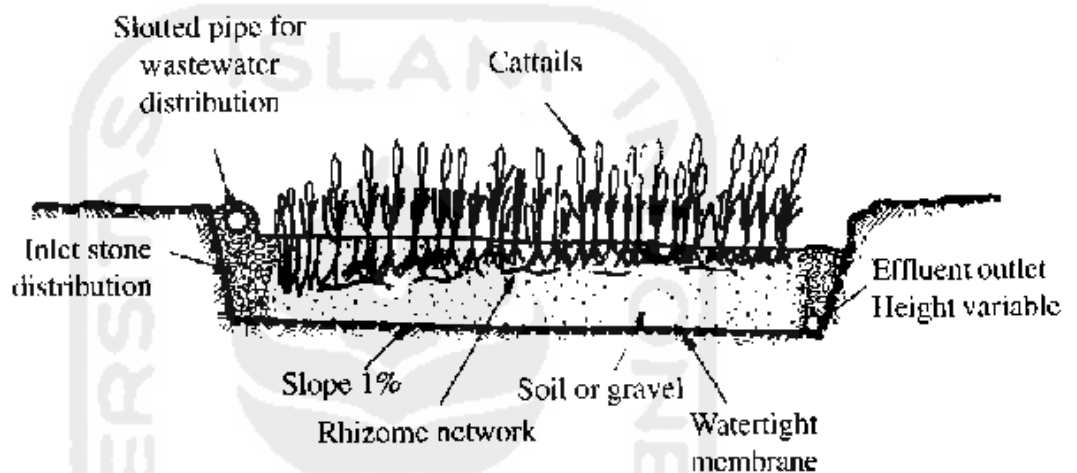
Gambar 4.3 Tumbuhan Cattail
(www.jualtanamanhias.net/cat-tail)

Air limbah adalah cairan atau buangan dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lain yang mengandung bahan – bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia maupun makhluk hidup lain serta mengganggu kelestarian lingkungan.

Proses pengolahan air limbah dengan teknologi *Constructed wetland* dapat terjadi melalui proses kimia, fisika, dan biologis yang merupakan interaksi antara mikroorganisme . *Constructed wetland* terbagi menjadi dua tipe yaitu *constructed wetland - emergent plants* dan *floating plants*. Karakteristik *constructed wetland - emergent plants* yaitu memiliki kedalaman yang sangat dangkal, berada pada range 0,1 – 0,6 meter. Sedangkan *constructed wetland floating plants* dapat mencapai kedalaman 0,5 – 1,8 meter (Hidayah, Wahyu, 2011).

Crites and Tchobanoglous (1998) mengatakan secara principal tipe *wetland* di bedakan menjadi *Free Water Surface (FWS) Constructed wetland*, *Subsurface Flow (SF) Constructed wetland*, *Floating Aquatic Plant System* dan Sistem kombinasi.

Free water surface (FWS) system biasanya berupa kolam atau saluran-saluran yang di lapiasi lapisan impermeable di bawah saluran atau kolam yang berfungsi untuk mencegah merembesnya air keluar kolam atau saluran. Kemudian kolam tersebut terisi tanah sebagai tempat hidup tanaman yang hidup pada air tergenang (Novotny dan Olem, 1993). Untuk contoh pengaplikasian *Free Water Surface* (FWS) dapat dilihat pada Gambar 4.4 :



Gambar 4.4 Free Water Surface Wetland

(www.fao.org/docrep/x5624e/x5624e07.htm)

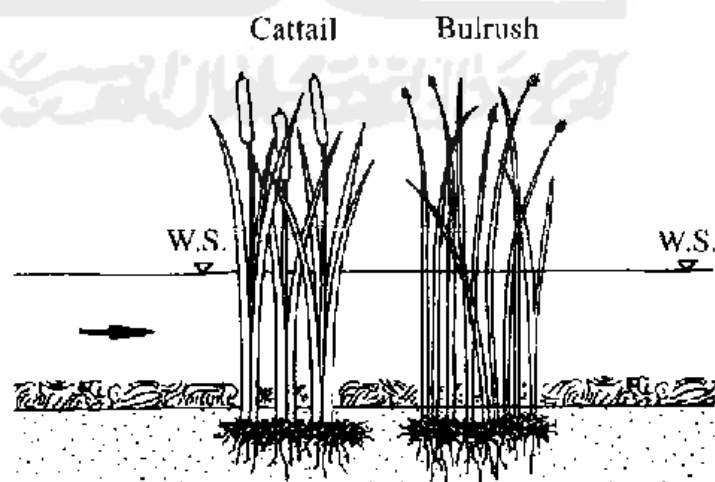
Pada *Subsurface Flow System* (SFS), pengolahan terjadi ketika air limbah mengalir secara perlahan melalui tanaman yang ditanam pada media berpori, misalnya batu pecah, kerikil dan tanah yang berbeda. Proses pengolahan yang terjadi pada sistem ini adalah filtrasi, adsorbs oleh mikroorganismenya dan adsorbs terhadap tanah dan bahan organik oleh akar-akar (Novotny dan Olem, 1993). Contoh pengaplikasian *Subsurface Flow System* (SFS) dapat dilihat pada Gambar 4.5 :



Gambar 4.5 *SubSurface Flow System (SFS)*

(<http://blumberg-engineers.com/en/17/industrielle-abwasserEN>)

Floating Aquatic Plant System atau tanaman air terapung memanfaatkan jenis tanaman air yang hidup terapung di permukaan air dengan posisi terjerat, sehingga memungkinkan tanaman tersebut untuk menyerap zat-zat yang di perlukan terutama bahan terlarut yang terjadi di bawah perakaran tanaman dapat meningkatkan kapasitas pengolahan dan memelihara kondisi aerobik yang di perlukan untuk proses biologis, di bawah permukaan air. Contoh *Floating Aquatic Plant System* dapat dilihat pada Gambar 4.6 :



Gambar 4.6 *Floating Plant Wasteland*

(<http://blumberg-engineers.com/en/17/industrielle-abwasserEN>)

Tanaman yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan oleh Nurul Hidayah dan Wahyu Aditya (2011) adalah jenis tanaman Cattail (*Thypha Angustifolia*), Tanaman ini banyak dijumpai di sekitar lahan basah alami di Indonesia. Tanaman Cattail (*Thypha Angustifolia*) mempunyai daya tahan yang cukup kuat dan tidak mudah mati serta mempunyai akar serabut yang sangat lebat sehingga penyerapan terhadap bahan pencemar terhadap unsur hara yang dibutuhkan relatif besar.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Nurul Hidayah dan Wahyu Aditya (2011), Tanaman air jenis Cattail (*Typha Angustifolia*) memiliki kinerja yang cukup baik dalam pengolahan air limbah domestik dengan sistem lahan basah buatan (*Constructed Wetland*) dengan didapat penyisihan COD terbaik sebesar 91.8% dengan konsentrasi COD awal sebesar 196 mg/l dengan waktu detensi selama 15 hari.

Beberapa alasan digunakannya sistem *Constructed Wetland* untuk pengolahan limbah Pabrik Gula Madukismo adalah sebagai berikut :

A. Sederhana, Mudah, dan Murah

Pengaplikasian sistem *Constructed Wetland* dapat dilakukan dengan mudah, yaitu dengan membuat kolam kecil yang berisi tanaman cattail dan diletakkan setelah unit pengolahan limbah di Pabrik Gula Madukismo. Penggunaan sistem wetland juga dapat menghemat biaya karena pengoperasiannya yang murah. Sehingga menjadi alternatif pengolahan yang baik untuk mengurangi limbah yang masuk ke sungai. Lokasi sistem *Constructed Wetland* dapat dilihat pada Gambar 4.7 :



Gambar 4.7 Lokasi sistem *Constructed Wetland*

Beberapa alternatif pengolahan lainnya untuk menurunkan parameter COD adalah *Biofilter Aerob* dan Sintesis *Montmorillonit-TiO₂*. Menurut penelitian Pohan (2008), penerapan *Biofilter Aerob* memiliki kelemahan yaitu *packing* berupa kerikil, plastik, dan bahan padat lainnya yang dipasang membentuk sarang tawon yang digunakan sebagai filter cukup mahal. Sedangkan untuk Sintesis *Montmorillonit-TiO₂* menurut Saraswati (2014), pengaplikasian dengan metode sonokimia cukup sulit dilakukan, karena menggunakan alat *Ultrasonik*.

B. Efektifitas Pengolahan COD

Menurut penelitian Hidayah dan Wahyu (2011), penggunaan sistem *Constructed Wetland* dengan tanaman *Cattail* dapat mengurangi COD terbaik sebesar 91,8% dengan konsentrasi awal sebesar 196 mg/l dengan waktu detensi selama 15 hari. Sehingga dengan menggunakan sistem *Constructed Wetland* ini, parameter COD dalam air limbah dapat dikurangi sehingga tidak mencemari badan air. Pengolahan alternatif lainnya yang dapat digunakan untuk menurunkan parameter COD dalam limbah Pabrik

Gula Madukismo adalah menggunakan *Biofilter Aerob* dan sintesis Montmorillonit-TiO₂. Menurut penelitian Pohan (2008), *Biofilter Aerob* dapat menurunkan parameter COD sebesar 90% dengan konsentrasi awal sebesar 7050 mg/L dengan waktu detensi 9 jam. Menurut penelitian Saraswati (2014), kinerja *Montmorillonit-TiO₂* dalam mengolah limbah pabrik gula dapat menurunkan parameter COD sebesar 50,81% dengan waktu detensi 90 menit. Sehingga dapat disimpulkan pengolahan menggunakan *Constructed Wetland* memiliki efisiensi yang paling baik dalam mengurangi parameter COD.

