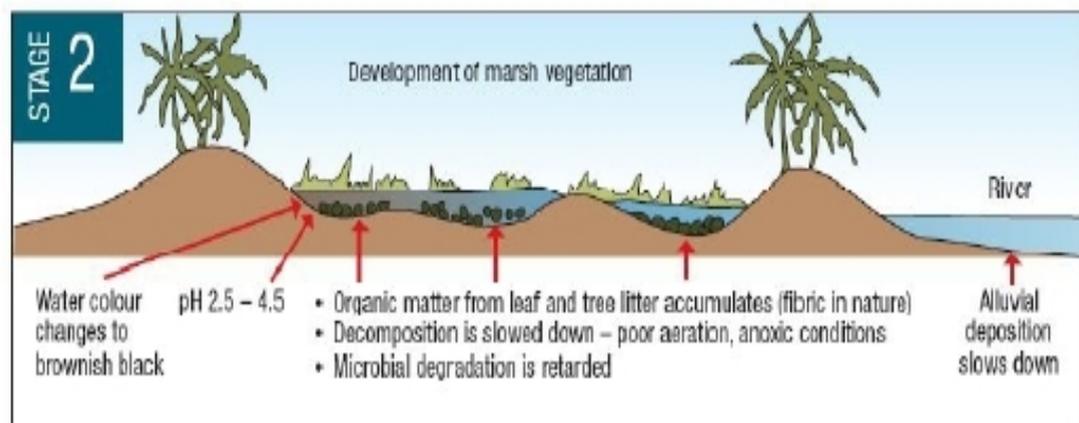


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Air di wilayah gambut merupakan sumber air baku yang potensial untuk diolah menjadi air bersih, terutama di daerah-daerah pedalaman Kalimantan, Sumatera maupun Papua. Secara umum proses/tahapan pengolahan air gambut tidak berbeda jauh dengan air baku tawar lainnya. Masalah utama dalam mengolah air gambut berhubungan dengan karakteristik spesifik yang dimilikinya (Nur, 2012).

Adapun ciri-ciri air gambut adalah memiliki kadar pH yang rendah (3-4) sehingga bersifat sangat asam, memiliki kadar organik yang tinggi, kadar besi dan mangan tinggi, serta berwarna kuning atau coklat tua (pekat).

Karakteristik tersebut sangat berkaitan dengan proses terbentuknya (formasi) air gambut seperti terlihat pada Gambar 1.



Sumber : Nur, 2012.

Gambar 1. Mekanisme Pembentukan Air Gambut

Warna coklat kemerahan pada air gambut merupakan akibat dari tingginya kandungan zat organik (bahan humus) terlarut terutama dalam bentuk asam humus dan turunannya. Asam humus tersebut berasal dari dekomposisi bahan organik seperti daun, pohon atau kayu dengan berbagai tingkat dekomposisi, namun secara umum telah mencapai dekomposisi yang stabil. Warna akan

semakin tinggi karena disebabkan oleh adanya logam besi yang terikat oleh asam-asam organik yang terlarut dalam air tersebut (Yusnimar *et al.*, 2010).

Sumatera Selatan merupakan wilayah yang terdiri dari daerah dataran rendah, berawa dan pasang surut merupakan sumber air gambut. Oleh pemerintah sebagian dari daerah-daerah tersebut di atas dijadikan daerah pemukiman transmigrasi, yang kemudian berkembang menjadi daerah perkebunan dan pedesaan bahkan perkotaan. Namun dalam pengembangannya daerah ini menghadapi kendala utama yaitu langkanya air bersih, sehingga untuk dapat memenuhi kebutuhan akan air sehari-hari masyarakat setempat memanfaatkan air gambut yang banyak terdapat di daerah tersebut tanpa melalui proses pengolahan. Air gambut tersebut cukup potensial bila dilihat dari kuantitasnya untuk dijadikan sebagai sumber air bersih melalui pengolahan terlebih dahulu (Departemen Kesehatan, 2010).

2.1 Air Gambut

2.1.1 Pengertian Air Gambut

Gambut adalah jenis tanah yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan yang setengah membusuk. Oleh sebab itu, kandungan bahan organiknya tinggi. Tanah yang terutama terbentuk di lahan-lahan basah ini disebut dalam bahasa Inggris sebagai *peat*; dan lahan-lahan bergambut di berbagai belahan dunia dikenal dengan aneka nama seperti *bog*, *moor*, *muskeg*, *pocosin*, *mire*, dan lain-lain. Istilah *gambut* sendiri diambil dari bahasa daerah Banjar (Nur, 2012).

Sebagai bahan organik, gambut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Volume gambut di seluruh dunia diperkirakan sejumlah 4 triliun m³, yang menutupi wilayah sebesar kurang-lebih 3 juta km² atau sekitar 2% luas daratan di dunia, dan mengandung potensi energi kira-kira 8 miliar terajoule (Naswir, 2009).

Beberapa jenis gambut di Indonesia:

1. *Gambut topogen* ialah lapisan tanah gambut yang terbentuk karena genangan air yang terhambat drainasenya pada tanah-tanah cekung di belakang pantai, di pedalaman atau di pegunungan. Gambut jenis ini umumnya tidak begitu dalam,

sekitar 4 m saja, tidak begitu asam airnya dan relatif subur, dengan zat hara yang berasal dari lapisan tanah mineral di dasar cekungan, air sungai, sisa-sisa tumbuhan, dan air hujan. Gambut topogen relatif tidak banyak dijumpai.

2. *Gambut ombrogen* lebih sering dijumpai, meski semua gambut ombrogen bermula sebagai gambut topogen. Gambut ombrogen lebih tua umurnya. Pada umumnya lapisan gambutnya lebih tebal, hingga kedalaman 20 m, dan permukaan tanah gambutnya lebih tinggi daripada permukaan sungai di dekatnya. Kandungan unsur hara tanah sangat terbatas, hanya bersumber dari lapisan gambut dan dari air hujan, sehingga tidak subur. Sungai-sungai atau drainase yang keluar dari wilayah gambut ombrogen mengalirkan air yang keasamannya tinggi (pH 3,0–4,5), mengandung banyak asam humus dan warnanya coklat kehitaman seperti warna air teh yang pekat.

Air gambut adalah air yang mencakup daerah gambut. Karakteristik air gambut adalah intensitas warna yang lebih tinggi (merah kuning atau kecokelatan). Semakin rendah pH dalam kisaran 2-5, asam, dengan kandungan organik lebih tinggi dan konsentrasi rendah partikel dan kation. Kandungan Fe, Al, Na, S dan P lebih tinggi, sedangkan kandungan unsur mikro dalam lumut gambut adalah B, S, Zn, C, Ag, Au, Ca, Ba, Ti, V, Cu, Mn, dan Co. Metode elektrokoagulasi adalah proses metode air gambut menjadi air murni (Rustanti, 2009).

Tabel 1. Luas Daerah Gambut di Kalimantan dan Sumatera

No	Provinsi	Luas Hutan (Km ²)	Hutan Rawa Gambut	
			Luas (Km ²)	%-ase terhadap Luas Hutan
Kalimantan				
1	Kalimantan Tengah	116,144	28,489	24.5
2	Kalimantan Selatan	17,959	1,452	8.1
3	Kalimantan Barat	87,006	18,782	21.6
Sumatera				
4	Riau	59,365	35,128	59.2
5	Jambi	27,658	5,851	21.2
6	Sumatera Selatan	6,721	6,721	18.9

Sumber : <http://www.setneg.go.id/index.2011>.

2.1.2 Proses Pembentukan Air Gambut

Gambut terbentuk karena adanya tumpukan bahan organik dalam waktu yang lama. Di alam, bahan organik akan selalu mengalami perombakan, umumnya secara biologi oleh makro dan mikroorganisme. Adanya tumpukan menunjukkan bahwa perombakan bahan organik lebih kecil dibandingkan dengan penambahan bahan organik. Dekomposisi bahan organik ditentukan oleh aktivitas mikroorganisme, serta oleh komposisi kimianya. Kecepatan pembentukan gambut dipengaruhi oleh kemampuan tanaman menghasilkan biomassa, susunan biomassa yang terbentuk, kecepatan dekomposisi dan mineralisasi, keadaan anaerob, temperatur, keasaman dan aktivitas mikroorganisme (Nur, 2012).

Gambut terbentuk dari bagian-bagian tumbuhan yang terhambat pembusukannya, biasanya di lahan-lahan berawa, karena kadar keasaman yang tinggi atau kondisi anaerob di perairan setempat. Tanah gambut sebagian besar tersusun dari serpih dan kepingan sisa tumbuhan, daun, ranting, pepagan, bahkan kayu-kayu besar, yang belum sepenuhnya membusuk. Kadang-kadang ditemukan pula sisa-sisa bangkai binatang dan serangga yang turut terawetkan di dalam lapisan-lapisan gambut.

Lazimnya di dunia, disebut sebagai gambut apabila kandungan bahan organik dalam tanah melebihi 30%, akan tetapi hutan-hutan rawa gambut di Indonesia umumnya mempunyai kandungan melebihi 65% dan ke dalamannya melebihi dari 50 cm. Tanah dengan kandungan bahan organik antara 35–65% juga biasa disebut *muck*.

Pertambahan lapisan-lapisan gambut dan derajat pembusukan (*humifikasi*) terutama bergantung pada komposisi gambut dan intensitas penggenangan. Gambut yang terbentuk pada kondisi yang teramat basah akan kurang terdekomposisi, dan dengan demikian akumulasinya tergolong cepat, dibandingkan dengan gambut yang terbentuk di lahan-lahan yang lebih kering. Sifat-sifat ini memungkinkan para klimatolog menggunakan gambut sebagai indikator perubahan iklim pada masa lampau. Demikian pula, melalui analisis terhadap komposisi gambut, terutama tipe dan jumlah penyusun bahan

organiknya, para ahli arkeologi dapat merekonstruksi gambaran ekologi pada masa purba (Nur, 2012).

Air gambut adalah air permukaan yang menggenangi suatu daerah, dimana daerah tersebut terbentuk dari adanya tumpukan bahan organik dalam waktu yang lama. Berdasarkan penelitian, air gambut tersebut mengandung senyawa organik trihalometan yang bersifat karsinogenik (pemicu kanker). Selain itu, air gambut dapat menyebabkan iritasi kulit, gangguan metabolisme, dan menyebabkan kerusakan pada gigi (Departemen Kesehatan, 2010).

Tabel 2. Properti Fisik Tanah Gambut Sumatera, Kalimantan, Jawa, dan OKI

Parameter	Sumatera			Kalimantan		Jawa	OKI	
	Duri	Tampan	Palembang	Pontianak	Banjarmasin	Palangkaraya	Rawa Pening	Sampel 1*
Kadar Air	621.26	472.7 – 582.8	235.36	631.74	449.83	536.32 – 532.4	321.32 – 561.76	495.67383.
Batas Cair	440.53	309 – 466.5	274	259.66	182	227.8 – 355.4	-	23
Batas Plastis	377.35	235.9 – 307.9	194.21	196.37	147.6	134.4 – 198	-	217.67
Batas Susut	-	59.46	-	-	28.02	44.62	-	-
Specific Gravity	1.6	1.55 – 1.49	1.82	1.42	1.47	1.39 – 1.51	1.44 – 1.72	1.8
Berat Jenis (kN/m ³)	-	-	11.23	-	9.64	10	-	-
Kadar pH								
Dalam Air Suling	3.99	3.61	3.38	4.8	6.47	4.5 – 5.5	-	4.79
Dalam CaCl ₂	3.91	3.06	3.28	-	6.38	-	-	-
Kadar Abu	21.96	8.1 – 21.1	50.74	1.2	4.26	0.72 – 7	37.73	23.63
Kadar Serat	74.08	23 – 78.9	71.89	79.45	61.33	93.1 – 92.9	62.12	33.45
Kadar Organik	-	87.3 – 96.5	-	98.8	95.38	98.91	-	76.37
Angka Pori	-	8.12	-	-	6.89	8.17	-	-

Sumber : <http://www.setneg.go.id/index.2011>.

2.1.3 Parameter Fisika dan Kimia Air Gambut

2.1.3.1 Parameter Fisika

a. Suhu

Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Peningkatan suhu dapat mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga dapat menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, seperti O₂, CO₂, N₂ dan sebagainya.

b. Warna

Pada proses pengolahan air warna merupakan salah satu parameter fisika yang digunakan sebagai persyaratan kualitas air baik untuk air bersih maupun untuk air minum. Prinsip yang berlaku dalam penentuan parameter warna adalah memisahkan terlebih dahulu zat atau bahan-bahan yang terlarut yang menyebabkan kekeruhan.

c. Kekeruhan (*Turbidity*)

Kekeruhan di dalam air disebabkan oleh adanya zat tersuspensi, seperti lumpur, zat organik, plankton dan zat-zat halus lainnya. Kekeruhan merupakan sifat optis dari suatu larutan, yaitu hamburan dan absorpsi cahaya yang melaluinya. Kekeruhan dengan kadar semua jenis zat suspensi tidak dapat dihubungkan secara langsung, karena tergantung juga kepada ukuran dan bentuk butiran.

d. TSS (*Total Suspended Solid*)

Padatan Total Tersuspensi (TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter $>1\mu\text{m}$) yang tertahan pada saringan *millipore* dengan diameter pori $0,45\ \mu\text{m}$ (Effendi, 2003). TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air.

2.1.3.2 Parameter Kimia

a. pH

Nilai pH menunjukkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Kemampuan air untuk mengikat atau melepaskan sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah perairan tersebut bersifat asam atau basa. Nilai pH air gambut berkisar antara 2,7- 4 (LIPI, 2012).

b. DO (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) merupakan konsentrasi gas oksigen yang terlarut dalam air. Faktor yang mempengaruhi jumlah oksigen terlarut di dalam air adalah jumlah kehadiran bahan organik, suhu, aktivitas bakteri, kelarutan, fotosintesis dan kontak dengan udara.

c. BOD₅ (*Biochemical Oxygen Demand*)

Biochemical Oxygen Demand adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang terdapat dalam air pada keadaan aerobik yang diinkubasi pada suhu 20°C selama 5 hari, sehingga sering disebut BOD₅. Nilai BOD₅ ini juga digunakan untuk menduga jumlah bahan

organik di dalam air limbah yang dapat dioksidasi dan akan diuraikan oleh mikroorganisme melalui proses biologi.

d. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD menyatakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi semua bahan organik yang terdapat di perairan, menjadi CO_2 dan H_2O . Pada prosedur penentuan COD, oksigen yang dikonsumsi setara dengan jumlah dikromat yang diperlukan dalam mengoksidasi air sampel. Bila BOD memberikan gambaran jumlah bahan organik yang dapat terurai secara biologis (bahan organik mudah terurai, *biodegradable organic matter*), maka COD memberikan gambaran jumlah total bahan organik yang mudah terurai maupun yang sulit.

e. Besi (Fe)

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air.

Pada umumnya, besi yang ada di dalam air dapat bersifat:

1. terlarut sebagai Fe^{2+} (ferro) atau Fe^{3+} (ferri),
2. tersuspensi sebagai butiran koloidal (diameter $<1\mu\text{m}$) atau lebih besar, seperti Fe_2O_3 , FeO , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan sebagainya,
3. bergabung dengan zat organik atau zat padat yang anorganik.

f. Mangan (Mn)

Logam mangan adalah unsur kimia dalam Tabel periodik yang memiliki lambang Mn dan nomor atom 25, berwarna *silver metallic*, keras dan sangat rapuh. Logam mangan memiliki energi ionisasi $7,21 \text{ g/cm}^3$, titik leburnya sekitar (1) 1246 kJ/mol, (2) 717,3 kJ/mol, (3) 1509 kJ/mol, (3) 3248 kJ/mol. Logam Mangan memiliki jari-jari atom $1,35 \text{ \AA}$ dan jari-jari ionnya $0,8 \text{ \AA}$, logam ini bersifat paramagnetik.

Mangan mampu menimbulkan keracunan kronis pada manusia hingga berdampak menimbulkan lemah pada kaki dan otot, muka kusam dan dampak

lanjutan bagi manusia yang keracunan Mangan (Mn), bicaranya lambat dan hiperrefleksi (Pahlevi, 2009).

Mangan mempunyai warna putih-kelabu dan menyerupai besi. Mangan berkilap metalik sampai submetalik, kekerasan 2–6, berat jenis 4,8, *reniform*, *massif*, botriodal, stalaktit, dan kadang-kadang berstruktur radial dan berserat. Mangan adalah logam keras dan sangat rapuh, bisa dileburkan dan disatukan walaupun sulit, tetapi sangat mudah untuk mengoksid mangan. Logam mangan dan ion-ion biasanya mempunyai daya magnet yang kuat.

2.1.4 Karakteristik Air Gambut

Air gambut adalah air permukaan yang banyak terdapat di daerah berawa maupun dataran rendah terutama di Sumatera dan Kalimantan, yang mempunyai ciri-ciri sebagai berikut (Kusnaedi, 2010):

- intensitas warna yang tinggi (berwarna merah kecokelatan),
- pH yang rendah,
- kandungan zat organik yang tinggi,
- kekeruhan dan kandungan partikel tersuspensi yang rendah,
- kandungan kation yang rendah.

Warna coklat kemerahan pada air gambut merupakan akibat dari tingginya kandungan zat organik (bahan humus) terlarut terutama dalam bentuk asam humus dan turunannya. Asam humus tersebut berasal dari dekomposisi bahan organik seperti daun, pohon atau kayu dengan berbagai tingkat dekomposisi, namun secara umum telah mencapai dekomposisi yang stabil. Warna akan semakin tinggi karena disebabkan oleh adanya logam besi yang terikat oleh asam-asam organik yang terlarut dalam air tersebut (Nur, 2012).

Struktur gambut yang lembut dan mempunyai pori-pori menyebabkannya mudah untuk menahan air dan air pada lahan gambut tersebut dikenal dengan air gambut. Berdasarkan sumber airnya, lahan gambut dibedakan menjadi dua yaitu (Nurhasni *et al.*, 2012):

1. *Bog*

Merupakan jenis lahan gambut yang sumber airnya berasal dari air hujan dan air permukaan, karena air hujan mempunyai pH yang agak asam maka setelah bercampur dengan gambut akan bersifat asam dan warnanya coklat karena terdapat kandungan organik.

2. *Fen*

Merupakan lahan gambut yang sumber airnya berasal dari air tanah yang biasanya dikontaminasi oleh mineral sehingga pH air gambut tersebut memiliki pH netral dan basa.

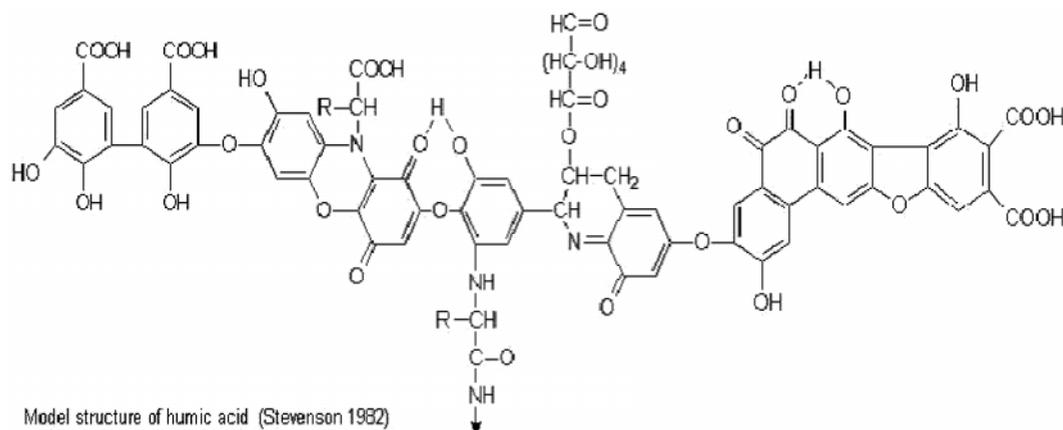
Berdasarkan kelarutannya dalam alkali dan asam, asam humus dibagi dalam tiga fraksi utama yaitu (Kusnaedi, 2010):

1. Asam Humat

Asam humat atau humus dapat didefinisikan sebagai hasil akhir dekomposisi bahan organik oleh organisme secara aerobik. Ciri-ciri dari asam humus ini antara lain:

- Asam ini mempunyai berat molekul 10.000 hingga 100.000 g/mol
- Merupakan makromolekul aromatik kompleks dengan asam amino, gula amino, peptide, serta komponen alifatik yang posisinya berada antara kelompok aromatik.
- Merupakan bagian dari humus yang bersifat tidak larut dalam air pada kondisi $\text{pH} < 2$ tetapi larut pada pH yang lebih tinggi.
- Bisa diekstraksi dari tanah dengan bermacam reagen dan tidak larut dalam larutan asam.
- Asam humat adalah bagian yang paling mudah diekstrak di antara komponen humus lainnya.
- Mempunyai warna yang bervariasi mulai dari coklat pekat sampai abu-abu pekat.
- Humus tanah gambut mengandung lebih banyak asam humat.
- Asam humus merupakan senyawa organik yang sangat kompleks, yang secara umum memiliki ikatan aromatik yang panjang dan *nonbiodegradable*

yang merupakan hasil oksidasi dari senyawa lignin (gugus fenolik). Struktur asam humat dapat dilihat pada Gambar 2.

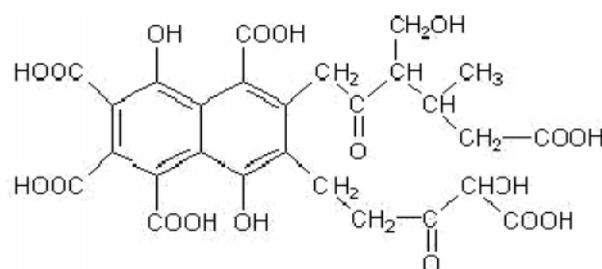


Sumber : Samosir, 2009.

Gambar 2. Model Struktur Asam Humat

2. Asam Fulvat

- Asam fulvat berasal dari kata *fulvus* yang berarti kuning, warna dari asam fulvat adalah kuning terang hingga mendekati cokelat. Asam fulvat merupakan senyawa asam organik alami yang berasal dari humus, larut dalam air, sering ditemukan dalam air permukaan dengan berat molekular yang rendah yaitu antara rentang 1000 hingga 10.000.
- Asam ini larut dalam air pada berbagai kondisi pH dan sangat rentan terhadap serangan mikroba. Asam-asam fulvat mengandung atom oksigen dua kali lebih banyak dari pada asam humat, karena banyaknya gugus karboksil (-COOH) dan hidroksil (COH) sehingga secara kimia asam fulvat lebih reaktif dibandingkan senyawa-senyawa humus lainnya. Struktur asam humat dapat dilihat pada Gambar 3.



Sumber : Samosir, 2009.

Gambar 3. Model Struktur Asam Fulvat

3. Humin

Kompleks humin dianggap sebagai molekul paling besar dari senyawa humus karena rentang berat molekulnya mencapai 100.000 hingga 10.000.000, sedangkan sifat kimia dan fisika humin belum banyak diketahui (Fitria, 2008).

Karakteristik humin adalah berwarna coklat gelap, tidak larut dalam asam dan basa, dan sangat resisten akan serangan mikroba, tidak dapat diekstrak oleh asam maupun basa. Perbedaan antara asam humat, asam fulvat dan humin bisa dijelaskan melalui variasi berat molekul, keberadaan grup fungsional seperti karboksil dan fenolik dengan tingkat polimerisasi.

Bahan organik tanah dan tanaman berada dalam bentuk koloid. Berdasarkan kemudahan berikatan dengan air, maka bahan organik dapat dibedakan atas hidrofobik (tidak suka air) dan hidrofilik (suka air). Koloid hidrofobik dapat diflokulasi, sedangkan koloid hidrofilik biasanya tidak. Koloid tanaman kebanyakan bersifat hidrofilik sehingga sulit untuk dikoagulasi secara konvensional (Fitria, 2008). Kandungan unsur yang terdapat pada tanah gambut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan unsur mikro tanah gambut di Sumatera

Unsur – unsur	Kandungan unsur (kg/ha) Pada kedalaman 0-25 cm	Kandungan unsur (kg/ha) Pada kedalaman 80-100 cm
- Kobalt (Co)	0,1 – 0,2	0,05 – 1,0
- Tembaga (Cu)	0,8 – 8,0	0,2 – 0,8
- Besi (Fe)	143 – 175	67 – 122
- Mangan (Mn)	4,1 – 25	1,1 – 1,7
- Molibdenum (Mo)	0,6 – 1,0	0,3 – 0,6
- Seng (Zn)	2,8 – 4,4	1,8 – 4,8

Sumber : Nurhasni et al., 2012.

Salah satu contoh kualitas air gambut lainnya yang diambil di daerah Sumatera Selatan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Contoh kualitas air gambut daerah Sumatera Selatan

No	Parameter	Unit	Air Baku
1	<i>Colour</i>	<i>pt. Cobalt</i>	125
2	<i>Odour</i>		
3	<i>Taste</i>		
4	<i>pH</i>		5.0
5	<i>Turbidity</i>	FTU	37
6	<i>Amonium</i>	mg/L	<i>below</i> 0.04
7	<i>Calcium</i>	mg/L	5,22
8	<i>Copper</i>	mg/L	<i>below</i> 0.03
9	<i>Iron dissolve</i>	mg/L	1.20
10	<i>Manganese</i>	mg/L	0.21
11	<i>Magnesium</i>	mg/L	7.39
12	<i>Zinc</i>	mg/L	1.46
13	<i>Bicarbonate</i>	mg/L	88.99
14	<i>Chloride</i>	mg/L	1.51
15	<i>Nitrate</i>	mg/L	<i>below</i> 0.11
16	<i>Nitrite</i>	mg/L	0.03
17	<i>Sulphate</i>	mg/L	56.88
18	<i>Lead</i>	mg/L	<i>below</i> 0.01
19	<i>Organic Matter by KMnO4</i>	mg/L	14.54
20	<i>Arsenic</i>	mg/L	<i>below</i> 0.001
21	<i>Cadmium</i>	mg/L	<i>below</i> 0.01
22	<i>Cyanide</i>	mg/l	<i>below</i> 0.01
23	<i>Chrom hexavalent</i>	mg/L	<i>below</i> 0.006
24	<i>Mercury</i>	mg/L	<i>below</i> 0.001
25	<i>E coli</i>	/100 mL	-
26	<i>Coliform</i>	/100 mL	-
27	<i>Salmonella sp</i>	/100 mL	-

Sumber : Nurhasni et al., 2012.

Contoh kualitas air gambut lainnya yang terdapat di Kabupaten Muaro Jambi seperti di daerah Tangkit, Bungur dan Sungai Gelam, semuanya mempunyai spesifikasi yang hampir sama, antara lain (Naswir, 2009):

1. pH berkisar 3,34–5,20
2. Kekeruhan berkisar 4 NTU-12 NTU
3. Warna berkisar 18,9-137 mg/L Pt-Co

4. Kesadahan berkisar 6,1-8,1 mg/L CaCO
5. Angka KMnO₄ berkisar 50,85-104,77 mg/L
6. *Phospat* total berkisar 0,07-0,02 mg/L
7. Kadar besi berkisar 2,44-2,88 mg/L
8. Kadar mangan berkisar tt-0,138 mg/L

2.2 Pengolahan Air Gambut

Karakteristik air gambut seperti yang telah disebutkan di atas menunjukkan bahwa air gambut kurang menguntungkan untuk dijadikan air minum bagi masyarakat di daerah berawa. Namun karena jumlah air gambut tersebut sangat banyak dan dominan berada di daerah tersebut maka harus bisa menjadi alternatif sumber air minum masyarakat. Kondisi yang kurang menguntungkan dari segi kesehatan adalah sebagai berikut (Cahyana, 2009):

- Kadar keasaman pH yang rendah dapat menyebabkan kerusakan gigi dan sakit perut.
- Kandungan organik yang tinggi dapat menjadi sumber makanan bagi mikroorganisme dalam air, sehingga dapat menimbulkan bau apabila bahan organik tersebut terurai secara biologi.
- Apabila dalam pengolahan air gambut tersebut digunakan klor sebagai desinfektan, akan terbentuk trihalometan seperti senyawa argonoklor yang dapat bersifat karsinogenik (kelarutan logam dalam air semakin tinggi bila pH semakin rendah).
- Ikatannya yang kuat dengan logam (Besi dan Mangan) menyebabkan kandungan logam dalam air tinggi dan dapat menimbulkan kematian jika dikonsumsi secara terus-menerus.

Berdasarkan pada pengetahuan tentang penyebab dan kandungan warna pada air gambut dan sifat-sifatnya, maka proses dan metode pengolahan yang dapat diterapkan untuk mengolah jenis air berwarna alami adalah proses oksidasi, proses adsorpsi, proses koagulasi-flokulasi dan elektrokoagulasi.

1. Proses Oksidasi

Proses oksidasi untuk pengolahan air berwarna (yang mengandung senyawa organik) yang dapat dianjurkan adalah dengan ozon atau peroksida, karena tidak menghasilkan suatu ikatan atau senyawa yang berbahaya (dapat menguraikannya sehingga mudah terurai dan menguap). Ozon atau peroksida dikenal sebagai oksidator yang kuat yang dapat digunakan dalam pengolahan air sehingga ikatan polimer dan monomernya akan terputus dan akan membentuk CO_2 dan H_2O apabila oksidasinya sempurna. Namun dalam aplikasinya biaya operasi relatif mahal, dan perlu digunakan unit penghasil ozon.

2. Proses Adsorpsi

Adsorpsi merupakan fenomena fisika dimana molekul-molekul bahan yang diadsorpsi tertarik pada permukaan bidang padat yang bertindak sebagai adsorban. Adsorpsi merupakan fenomena bidang batas, yang efisiensinya makin tinggi apabila luas bidang permukaan adsorban makin besar. Ditinjau dari segi derajat adsorpsi pada suatu jenis adsorban secara umum mengikuti aturan sebagai berikut (Cahyana, 2009):

- Adsorpsi berlangsung sedikit terhadap semua senyawa organik, kecuali senyawa berhalogen (F, Br dan Cl).
- Adsorpsi berlangsung baik pada semua senyawa berhalogen dan senyawa alifatik.
- Adsorpsi berlangsung sangat baik terhadap semua senyawa aromatik, semakin banyak kandungan inti benzennya semakin baik adsorpsinya.

Berdasarkan kriteria di atas, maka pengolahan air berwarna (air gambut) dapat dilakukan dengan cara adsorpsi karena asam humus mempunyai gugus senyawa aromatik. Namun secara umum proses ini masih mahal.

Dalam pengolahan air gambut dengan proses adsorpsi pada prinsipnya adalah menarik molekul asam-asam humus ke permukaan suatu adsorben. Contoh adsorben yang biasa digunakan adalah karbon aktif (*charcoal*), zeolit, resin, dan tanah liat dari lokasi sumber air gambut.

3. Proses Koagulasi - Flokulasi

Proses koagulasi yang diiringi dengan proses flokulasi merupakan salah satu proses pengolahan air yang sudah lama digunakan. Proses ini penting untuk penyisihan warna dan organik. Definisi koagulasi sebagai proses cukup banyak tapi dari laporan Nurhasni *et al.*, (2012) dapat disimpulkan menjadi tiga:

- a. Proses untuk menggabungkan partikel kecil menjadi agregat yang lebih besar.
- b. Proses penambahan bahan kimia ke dalam air untuk menghasilkan *spesies* kimia yang berperan dalam destabilisasi kontaminan dan meningkatkan kemungkinan penyisihan.
- c. Proses untuk menggabungkan partikel koloid dan partikel kecil menjadi agregat yang lebih besar dan dapat mengadsorb material organik terlarut ke permukaan agregat sehingga dapat mengendap.

Partikel koloid yang terkandung dalam air alam umumnya mempunyai muatan negatif, sehingga koagulan yang diperlukan adalah yang bermuatan positif. Koagulan yang umum digunakan dalam pengolahan air adalah garam aluminium seperti alum.

Flok-flok yang terbentuk pada umumnya juga mempunyai kemampuan adsorpsi yang cukup besar, sehingga pada saat yang bersamaan dengan pembentukan dan penggabungan mikroflor akan terjadi proses adsorpsi dan pemerangkapan bahan-bahan terlarut dalam air, dan akan ikut tersisih dalam proses pengendapan dan penyaringan, sedangkan pada air berwarna alami atau air gambut konsentrasi bahan koloid atau partikel tersuspensi lainnya umumnya sangat rendah, sehingga ada pendapat mengatakan bahwa sesungguhnya proses koagulasi dan flokulasi yang dilaksanakan pada air berwarna tidak lain adalah melaksanakan proses adsorpsi dengan bantuan penambahan bahan kimia (Pahlevi, 2009).

Penelitian yang telah dilakukan untuk mengolah air gambut di antaranya:

1. Proses pengolahan air gambut dengan cara koagulasi yang lain yaitu, *two staged coagulation*. *Two staged coagulation* adalah proses koagulasi yang dilakukan dalam dua tahap, dimana pada setiap proses dilakukan pembubuhan

dosis dan pengkondisian pH yang kemudian diikuti oleh satu kali proses flokulasi (Fitria, 2008).

2. Pengolahan air gambut menggunakan proses *hibrid* adsorpsi–*crossflow* ultrafiltrasi dengan tanah lempung gambut (TLG) sebagai adsorben. Tanah TLG memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi bahan organik dengan berat molekul kecil yang terdapat dalam air gambut. Oleh karena itu dapat mencegah atau mengurangi masuknya molekul-molekul tersebut ke dalam pori membran. Kualitas air yang dihasilkan 14,81 PtCo warna (penyisihan 97,05 %) dan organik 9,58 mg/L KMnO_4 (penyisihan 98,09 %) dengan nilai fluks 45,08 $\text{L/m}^2\text{jam}$ (Mahmud *et al.*, 2008).
3. Pengolahan air secara adsorpsi lainnya yaitu dengan bentonit. Bentonit adalah istilah yang digunakan dalam dunia perdagangan untuk sejenis lempung yang mengandung mineral monmorilonit lebih dari 85 % dan *fragmen* sisanya terdiri dari campuran mineral kuarsa kristobanit, *feldspar*, kalsit, gipsum, kaolit, ilit dan sebagainya. Hasil yang optimal diperoleh yaitu air tidak berwarna atau jernih, tidak berbau dan berasa dengan pH 7,03. Kadar ion Fe^{3+} dan Cu^{2+} menurun dari 1,6268 dan 0,6772 mg/L menjadi 0,0036 dan 0,0006 mg/L (Yusnimar *et al.*, 2010).

2.3 Syarat-syarat Air Bersih

Air yang akan dipergunakan harus memenuhi persyaratan, persyaratan air bersih tidak sama satu dengan yang lainnya, persyaratan air bersih sesuai untuk peruntukannya masing masing, dan untuk apa air itu digunakan, misalnya air golongan A, air minum, dan AMDK (air minum dalam kemasan), persyaratannya berbeda dengan air golongan B, air untuk pertanian dan perikanan, berbeda juga dengan air golongan C, air untuk perindustrian dan lain-lain (Naswir, 2009).

Di Indonesia persyaratan air bersih dan air baku sudah diatur dalam peraturan pemerintah baik dalam peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/Per/IV/2010 atau Surat Keputusan Gubernur setiap daerah.

Standar air baku atau air bersih tersebut disesuaikan dengan Standar Internasional yang dikeluarkan oleh *World Health Organization (WHO)*. Standarisasi kualitas air tersebut bertujuan untuk memelihara, melindungi, dan mempertinggi derajat kesehatan mengolah dan mendistribusikan air bersih untuk masyarakat umum. Kualitas air yang digunakan sebagai air bersih sebaiknya memenuhi persyaratan secara fisik, kimia, dan mikrobiologi.

Dari segi kualitas air minum harus memenuhi (Kusnaedi, 2010):

a. Syarat fisik:

1. Air tidak berwarna

Air untuk keperluan rumah tangga harus jernih. Air yang berwarna berarti mengandung bahan-bahan lain yang berbahaya bagi kesehatan.

2. Air rasanya tawar

Air bisa dirasakan oleh lidah. Air yang terasa asam, manis, pahit, atau asin menunjukkan bahwa kualitas air tersebut tidak baik. Rasa asin disebabkan oleh adanya garam tertentu yang larut dalam air, sedangkan rasa asam diakibatkan adanya asam organik maupun asam anorganik.

3. Air tak boleh berbau

Air yang memiliki ciri tidak berbau bila dicium dari jauh maupun dari dekat. Air yang berbau busuk mengandung bahan organik yang sedang mengalami dekomposisi (penguraian) oleh mikroorganisme air.

4. Air harus jernih tidak keruh

Air yang keruh disebabkan adanya butiran-butiran koloid dari bahan tanah. Semakin banyak kandungan koloid maka air semakin keruh. Derajat kekeruhan dinyatakan dengan satuan unit.

5. Tidak mengandung zat padatan

Air minum yang baik tidak boleh mengandung zat padatan, walaupun jernih, air yang mengandung padatan yang terapung tidak baik digunakan sebagai air minum. Apabila air dididihkan, zat padat tersebut dapat larut sehingga menurunkan kualitas air minum.

Syarat-syarat kekeruhan dan warna harus dipenuhi oleh setiap jenis air minum dimana dilakukan penyaringan dalam pengolahannya. Kadar bilangan yang disyaratkan dan tidak boleh dilampaui dapat dilihat pada Tabel 5:

Tabel 5. Parameter fisik air bersih

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
Warna	Pt-Co	15	
Bau dan rasa	-	-	Tidak berbau dan berasa
Temperatur	°C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	
Kekeruhan	NTU	5	

Sumber : Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 492/MENKES/Per/IV/2010.

b. Syarat kimia

Air minum tidak boleh mengandung racun, zat-zat mineral atau zat-zat kimia tertentu dalam jumlah melampaui batas yang ditentukan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Parameter kimia air bersih

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
Alumunium	mg/L	0,2	
Besi	mg/L	0,3	
Klorida	mg/L	250	
Kesadahan	mg/L	500	
Mangan	mg/L	0,4	
pH	mg/L	6,5-8,5	
Seng	mg/L	3	
Sulfat	mg/L	250	
Tembaga	mg/L	2	
Total padatan terlarut	mg/L	500	
Ammonia	mg/L	1,5	

Sumber : Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 492/MENKES/Per/IV/2010.

2.4 Elektrokoagulasi

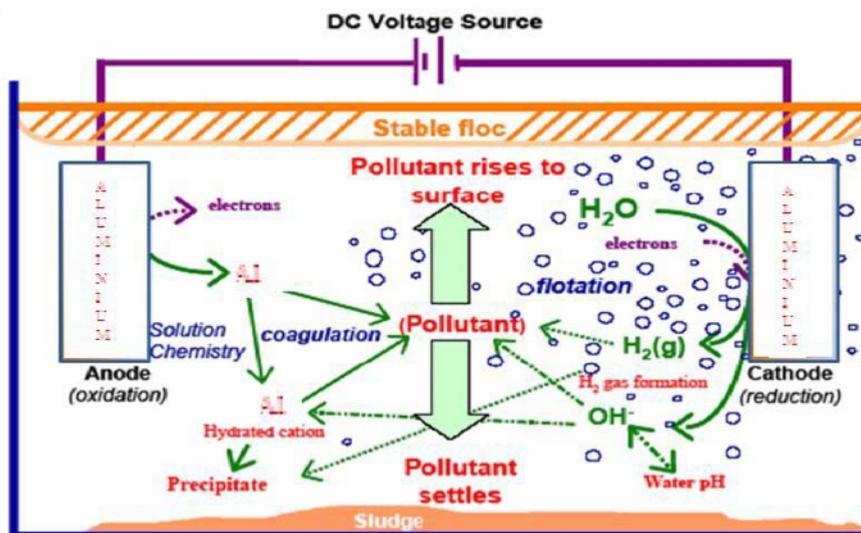
Elektrokoagulasi dikenal juga sebagai “*Elektrolisis Gelombang Pendek*”. Elektrokoagulasi merupakan suatu proses yang melewatkan arus listrik ke dalam air. Hal tersebut dapat dijadikan sebuah uji nyata dengan proses yang sangat efektif untuk pemindahan bahan pengkontaminasi di dalam air. Proses ini dapat mengurangi lebih dari 99 % kation logam berat.

Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium atau besi) ke dalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen (Fitria, 2008). Elektrokoagulasi adalah proses kompleks yang melibatkan fenomena kimia dan fisika dengan menggunakan elektroda untuk menghasilkan ion yang digunakan untuk mengolah air limbah (Pahlevi, 2009).

Saat ini penggunaan teknologi elektrokoagulasi dikembangkan untuk meningkatkan kualitas efluen air limbah. Elektrokoagulasi digunakan untuk mengolah efluen dari beberapa air limbah yang berasal dari industri makanan, limbah tekstil, limbah rumah tangga, limbah yang mengandung senyawa arsenik, air yang mengandung fluorida, dan air yang mengandung partikel yang sangat halus, bentonit dan kaolit.

Elektrokoagulasi mampu mengolah berbagai polutan termasuk padatan tersuspensi, logam berat, tinta, bahan organik (seperti limbah domestik), minyak dan lemak, ion dan radionuklida. Karakteristik polutan mempengaruhi mekanisme pengolahan, misalnya polutan berbentuk ion akan diturunkan melalui proses presipitasi sedangkan padatan tersuspensi yang bermuatan akan diabsorpsi ke koagulan yang bermuatan.

Gambar 4 menunjukkan proses elektrokoagulasi yang sangat kompleks. Koagulan dan produk hidrolisis saling berinteraksi dengan polutan atau dengan ion lain atau dengan gas hidrogen. Mekanisme penyisihan yang umum terjadi dalam elektrokoagulasi terbagi dalam tiga faktor utama, yaitu (a) terbentuknya koagulan akibat proses oksidasi elektrolisis pada elektroda, (b) destabilisasi kontaminan, partikel tersuspensi dan pemecahan emulsi, dan (c) agregatisasi dari hasil destabilisasi untuk membentuk flok (Pahlevi, 2009).



Sumber: Fitria, 2008

Gambar 4. Interaksi dalam Proses Elektrokoagulasi

Proses destabilisasi kontaminan, partikel tersuspensi dan pemecahan emulsi terjadi melalui tahapan berikut:

- Kompresi lapisan ganda (*double layer*) yang terjadi di sekeliling spesi bermuatan yang disebabkan interaksi dengan ion yang terbentuk dari oksidasi di elektroda.
- Netralisasi ion bermuatan dalam air limbah dengan menggunakan ion berlawanan yang dihasilkan dari elektroda. Adanya ion tersebut menyebabkan berkurangnya gaya tolak-menolak antar partikel dalam air limbah, sehingga gaya *van der waals* menonjol dalam proses koagulasi dapat berlangsung.
- Pembentukan flok akibat proses koagulasi sehingga terbentuk *sludge blanket* yang mampu menjebak dan menjembatani partikel koloid yang masih ada di air limbah.

Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi reduksi oksidasi, sebagai akibat adanya arus listrik (DC). Pada reaksi ini terjadi pergerakan dari ion-ion yaitu ion positif (disebut kation) yang bergerak pada katoda yang bermuatan negatif, sedangkan ion-ion negatif bergerak menuju anoda yang bermuatan positif yang kemudian ion-ion tersebut dinamakan sebagai anion (bermuatan negatif).

Elektroda dalam proses elektrokoagulasi merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik ke dalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia). Elektroda tempat terjadi reaksi reduksi disebut katoda, sedangkan tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut anoda.

Menurut Johannes reaksi yang terjadi pada elektroda tersebut sebagai berikut:

a) Reaksi pada Katoda

Pada katoda akan terjadi reaksi-reaksi reduksi terhadap kation, yang termasuk dalam kation ini adalah ion H^+ dan ion ion logam.

1. Ion H^+ dari suatu asam akan direduksi menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas.



2. Jika larutan mengandung ion-ion logam alkali, alkali tanah, maka ion-ion ini tidak dapat direduksi dari larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air) dan terbentuk gas hidrogen (H_2) pada katoda.



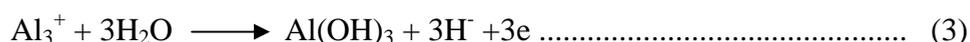
Dari daftar E^0 (deret potensial logam/deret volta), maka akan diketahui bahwa reduksi terhadap air limbah lebih mudah berlangsung dari pada reduksi terhadap pelarutnya (air).

K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

3. Jika larutan mengandung ion-ion logam lain, maka ion-ion logam akan direduksi menjadi logamnya dan terdapat pada batang katoda.

b) Reaksi pada Anoda

1. Anoda yang digunakan adalah logam Aluminium akan teroksidasi:



2. Ion OH^- dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen (O_2):



3. Anion-anion lain (SO_4^{-2} , SO_3^{-2}) tidak dapat dioksidasi dari larutan, yang akan mengalami oksidasi adalah pelarutnya (H_2O) membentuk gas oksigen (O_2) pada anoda:



Dari reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses elektrokoagulasi, maka pada katoda akan dihasilkan gas hidrogen dan reaksi ion logamnya, sedang pada anoda akan dihasilkan gas halogen dan pengendapan flok-flok yang terbentuk.

Proses elektrokoagulasi dilakukan pada bejana elektrolisis yang di dalamnya terdapat katoda dan anoda sebagai penghantar arus listrik searah yang disebut elektroda, yang tercelup dalam larutan limbah sebagai elektrolit, karena dalam proses elektrokoagulasi ini menghasilkan gas yang berupa gelembung-gelembung gas, maka kotoran-kotoran yang terbentuk yang ada dalam air akan terangkat ke atas permukaan air. Flok-flok terbentuk ternyata mempunyai ukuran yang relatif kecil, sehingga flok-flok yang terbentuk tadi lama-kelamaan akan bertambah besar ukurannya. Setelah air mengalami elektrokoagulasi, kemudian dilakukan proses pengendapan, yaitu berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel atau flok yang terbentuk tadi, kemudian efluen yang dihasilkan akan dianalisis di laboratorium.

Proses ini dapat mengambil lebih dari 99 % kation beberapa logam berat dan dapat juga membunuh mikroorganisme dalam air. Proses ini juga dapat mengendapkan koloid-koloid yang bermuatan dan menghilangkan ion-ion lain, koloid-koloid, dan emulsi-emulsi dalam jumlah yang signifikan.

Elektrokoagulasi seringkali dapat menetralsir muatan-muatan partikel dan ion, sehingga bisa mengendapkan kontaminan-kontaminan, menurunkan konsentrasi lebih rendah dari yang bisa dicapai dengan pengendapan kimiawi, dan dapat menggantikan dan/atau mengurangi penggunaan bahan-bahan kimia yang mahal (garam, logam, dan polimer).

Elektrokoagulasi mampu menyisihkan berbagai jenis polutan dalam air, yaitu partikel tersuspensi, logam-logam berat, produk minyak bumi, warna pada zat pewarna, larutan humus, dan deflouridasi air. Selain itu, elektrokoagulasi

dapat digunakan untuk pengolahan awal teknologi membran seperti reverse osmosis. Pada penelitian ini akan dilihat bagaimana metode elektrokoagulasi dapat mengurangi kadar TDS, BOD₅, COD, logam besi, logam mangan dan menaikkan pH dalam air gambut dengan berbagai variasi rapat arus dan waktu proses serta bagaimana keefektivitasan penggunaan metode elektrokoagulasi untuk mengurangi kadar pencemar tersebut (Rustanti, 2009).

Elektrokoagulasi merupakan metode elektrokimia untuk mengolah air tercemar yang telah berhasil diterapkan tidak hanya untuk pengolahan larut atau koloid polutan, limbah cair industri susu, kilang minyak sayur, air limbah nitrat, air limbah yang mengandung logam berat, dan senyawa fenolik dan pestisida, tapi juga air fluoride dan pengolahan asam humat (Naswir, 2009).

Gambaran tentang keuntungan dan kerugian dari penggunaan elektrokoagulasi. Beberapa keuntungan dari proses elektrokoagulasi adalah sebagai berikut (Yusnimar *et al.*, 2010):

- a. Peralatan yang dibutuhkan sederhana dan mudah dioperasikan.
- b. Air limbah yang diolah dengan elektrokoagulasi menghasilkan efluen yang jernih, tidak berwarna dan tidak berbau.
- c. Lumpur yang dihasilkan elektrokoagulasi relatif stabil dan mudah dipisahkan karena berasal dari oksida logam. Selain itu, jumlah lumpur yang dihasilkan sedikit.
- d. Flok yang terbentuk pada elektrokoagulasi memiliki kesamaan dengan flok yang berasal dari koagulasi kimia. Perbedaannya adalah flok dari elektrokoagulasi berukuran lebih besar dengan kandungan air yang sedikit, lebih stabil dan mudah dipisahkan secara cepat dengan filtrasi.
- e. Elektrokoagulasi menghasilkan efluen dengan kandungan TSS lebih sedikit, sehingga mengurangi biaya *recovery* bila air hasil pengolahan digunakan kembali.
- f. Elektrokoagulasi dapat mengolah partikel koloid yang sangat kecil karena penggunaan arus listrik menyebabkan proses koagulasi lebih mudah terjadi dan lebih cepat.

- g. Gelembung gas yang dihasilkan selama proses elektrolisis dan membawa polutan yang diolah untuk naik ke permukaan tersebut mudah dikumpulkan dan dipisahkan.
- h. Perawatan reaktor elektrokoagulasi lebih mudah karena proses elektrolisis yang terjadi cukup dikendalikan dari penggunaan listrik tanpa perlu memindahkan bagian dalamnya.

Kerugian dari penggunaan elektrokoagulasi adalah:

- a. Elektroda yang digunakan dalam metode ini harus diganti secara teratur.
- b. Penggunaan listrik terkadang lebih mahal dari pada beberapa daerah.
- c. Terbentuknya lapisan pada elektroda dapat mengurangi efisiensi pengolahan.
- d. Proses elektrokoagulasi membutuhkan konduktivitas yang tinggi pada air limbah yang diolah.
- e. Hidrolisis seperti gelatin cenderung solubiliti pada beberapa kasus.

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi antara lain (Naswir, 2009):

- a. Kerapatan arus listrik
- b. Waktu
- c. Tegangan
- d. Kadar keasaman (pH)
- e. Ketebalan plat
- f. Jarak antar elektroda