

---

## PENGGUNAAN ELEKTROLISIS ANAEROB DENGAN VARIASI JUMLAH PLAT ELEKTRODA DAN WAKTU ELEKTROLISIS DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH IPAL DOMESTIK BANYUMANIK UNTUK PENURUNAN KONSENTRASI COD DAN TSS

Rapinsho Nuradi <sup>\*)</sup>, Wiharyanto Oktiawan <sup>\*\*)</sup>, Purwono <sup>\*\*)</sup>

Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

email: <sup>\*)</sup> [rapinshonpd@gmail.com](mailto:rapinshonpd@gmail.com)

### Abstrak

Instalasi Pengolahan Air Limbah domestik yang ada di Banyumanik atau IPAL Banyumanik merupakan salah satu IPAL pengolahan limbah domestik di daerah Banyumanik secara komunal. Namun sayangnya kualitas effluen air limbah dari IPAL Banyumanik untuk konsentrasi COD sebesar 165,4 mg/l dan konsentrasi TSS 103,67 mg/l masih belum memenuhi standar baku mutu Permen LHK No.68 Tahun 2016. Pemilihan proses elektrolisis anaerob sendiri didasarkan pada proses biokatalis elektrolis yaitu proses dimana proses elektrolisis yang berlangsung dengan bantuan mikroorganisme dalam kondisi anaerob yang ada sehingga mikroorganisme tersebut berperan sebagai katalis untuk mempercepat proses pendegradasian beban pencemar dalam air limbah (Rozendal, et al, 2006). Dalam penelitian ini variasi yang digunakan yaitu jumlah plat elektroda (2,4, dan 6 buah) dan waktu elektrolisis (75, 90, 105, 120, dan 135 menit). Elektroda yang digunakan yaitu elektroda berbahan karbon batang dengan luas permukaan 25cm<sup>2</sup> dengan dialiri arus listrik 6 volt selama waktu tertentu. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan penulis didapatkan hasil bahwa dengan semakin banyak elektroda yang digunakan dan semakin lama waktu elektrolisis maka akan semakin tinggi tingkat dekomposisi air limbah dengan tingkat removal TSS sebesar 39.9% dan COD sebesar 41.1%. Dengan semakin banyaknya elektroda yang digunakan maka akan semakin banyak pula gas hidrogen yang dihasilkan (Erlinawati dkk, 2014). Sedangkan pengaruh waktu elektrolisis yaitu semakin lama waktu reaksi yang dilakukan akan menyebabkan penurunan konsentrasi dari polutan dalam air limbah.

**Keywords:** elektrolisis, anaerob, gas hidrogen, metanogenesis, elektroda

### Abstact

**[The Use of Electrolysis Anaerobic With Variation Total Plate Electrodes and Electrolysis Time in Domestic Wastewater Treatment in Banyumanik Wastewater Treatment Plant to Decrease Concentration of COD and TSS].** Domestic Waste Water Treatment Plant in Banyumanik or Banyumanik WWTP is one of the WWTP domestic wastewater treatment in the area Banyumanik communally. But unfortunately the quality of the wastewater effluent from WWTP Banyumanik for COD concentration of 165.4 mg / l and TSS concentration of 103.67 mg / l still do not meet the quality standard Permen LHK No.68 Tahun 2016. The selection process itself is based on the anaerobic electrolysis biocatalyst elektrolis process is the process in which the electrolytic process takes place with the aid of microorganisms in anaerobic conditions exist so that these microorganisms play a role as a catalyst to accelerate the degradation of pollutants in waste water load

(Rozendal, et al, 2006). In this study the variation used is the number of plate electrodes (2,4, and 6 plates) and the electrolysis time (75, 90, 105, 120, and 135 minutes). Electrodes were used that electrodes made from carbon bar with a surface area of 25cm<sup>2</sup> with the current 6 volt energized for a certain time. Based on research that has been conducted by the authors showed that the more electrodes are used and longer time of electrolysis, the higher the level of decomposition of waste water with TSS removal rates up to 39.9% and COD by 41.1%. With the increasing number of electrodes is used it will be the more hydrogen gas produced (Erlinawati et al, 2014). While the effect of electrolysis time that the longer the reaction time is done will cause a decrease in the concentration of pollutants in the waste water.

**Keywords:** electrolysis, anaerobic, hydrogen gas, methanogenesis, electrodes

## PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Limbah domestik yang masuk ke perairan terbawa oleh air selokan atau air hujan. Bahan pencemar yang terbawa antara lain feses, urin, sampah dari dapur (plastik, kertas, lemak, minyak, sisa-sisa makanan), pencucian tanah dan mineral lainnya. Perairan yang telah tercemar berat oleh limbah domestik biasanya ditandai dengan jumlah bakteri yang tinggi dan adanya bau busuk, busa, air yang keruh dan BOD<sub>5</sub> yang tinggi (Mutiara, 1999). Instalasi Pengolahan Air Limbah domestik yang ada di Banyumanik atau IPAL Banyumanik merupakan salah satu IPAL yang melayani pengolahan limbah domestik rumah tangga di daerah banyumanik secara komunal. Namun sayangnya kualitas effluen air limbah dari IPAL Banyumanik untuk konsentrasi COD sebesar 165,4 mg/l dan konsentrasi TSS 103,67 mg/l yang keduanya masih belum memenuhi standar baku mutu menurut Permen LHK No.68 Tahun 2016 yaitu untuk TSS sebesar 30 mg/l dan untuk COD sebesar 100 mg/l. Untuk mengolah *effluent* diperlukan pengolahan tambahan agar diperoleh hasil yang memenuhi standar baku mutu. Pemilihan proses elektrolisis anaerob sendiri didasarkan pada proses biokatalis elektrolisis yaitu proses dimana proses elektrolisis yang berlangsung dengan bantuan mikroorganisme dalam kondisi anaerob yang ada sehingga mikroorganisme tersebut berperan sebagai katalis untuk mempercepat proses pendegradasian beban pencemar dalam air limbah. Biokatalis elektrolisis adalah proses

baru tentang produksi hidrogen biologis dengan potensi untuk efisiensi konversi berbagai zat organik terlarut dalam air limbah menjadi bikarbonat, proton, dan elektron. Untuk kasus biokatalis elektrolisis, hidrogen diproduksi di katoda dengan mikroorganisme sebagai katalisnya. Dibutuhkan daya dari luar untuk menghasilkan hidrogen ini. Dianjurkan menggunakan hasil hidrogen ini untuk digunakan sebagai sel bahan bakar kimia (Rozendal, et al, 2006). Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah ada, faktor-faktor yang mempengaruhi proses elektrolisis yaitu kerapatan arus listrik, waktu, tegangan, kadar keasaman (pH), ketebalan plat dan jarak antar elektroda (Putero, 2008).

### 2. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh variasi jumlah plat elektroda terhadap perubahan konsentrasi TSS limbah domestik.
2. Menganalisis pengaruh variasi jumlah plat elektroda terhadap perubahan konsentrasi COD limbah domestik.
3. Menganalisis pengaruh variasi waktu elektrolisis terhadap perubahan konsentrasi TSS limbah domestik.  
Menganalisis pengaruh variasi waktu elektrolisis terhadap perubahan konsentrasi COD limbah domestik.

### 3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini adalah jenis penelitian eksperimental laboratorium. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan

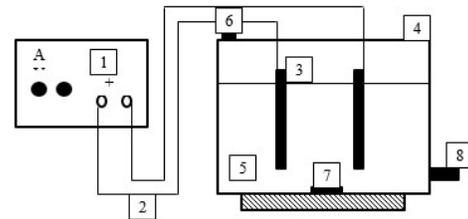
Universitas Diponegoro selama bulan April-Juli 2016. Sementara itu, variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. **Variabel Bebas**, Variable bebas pada penelitian ini adalah jumlah plat elektroda dan lama waktu elektrolisis

Nomor	Variasi Waktu (Menit)	Variasi Jumlah Plat	Sistem
1	75	2	Batch
2		4	Batch
3		6	Batch
4	90	2	Batch
5		4	Batch
6		6	Batch
7	105	2	Batch
8		4	Batch
9		6	Batch
10	120	2	Batch
11		4	Batch
12		6	Batch
13	135	2	Batch
14		4	Batch
15		6	Batch

b. **Variabel Terikat**, yaitu kandungan COD dan TSS

c. **Variabel Kontrol**, Variabel kontrol pada penelitian ini adalah pH, kelembaban, dan suhu.



Gambar 3.1 Rangkaian Elektrolisis

Keterangan :

1. Power Supply
2. Kabel penghantar listrik
3. Elektroda Karbon (Anoda dan Katoda)
4. Bak Reaktor Elektrolisis
5. Air Limbah Domestik
6. Inlet air limbah
7. Magnetic stirrer

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Kondisi Eksisting

IPAL Banyumanik memiliki desain yang terdiri dari unit *Settler*, *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter*. IPAL Banyumanik memiliki 2 Bak *Settler* dengan ukuran 2,5 m x 1,6 m x 2 m dan 2,5 m x 0,8 m x 2 m, 4 Bak *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR) dengan ukuran 2,5 m x 1 m x 2 m, 3 Bak *Anaerobic Filter* (AF) dengan ukuran 2,5 m x 2 m x 2,5 m. Sistem pengaliran yang digunakan pada IPAL Banyumanik yaitu sistem gravitasi.

##### 4.2 Hasil uji

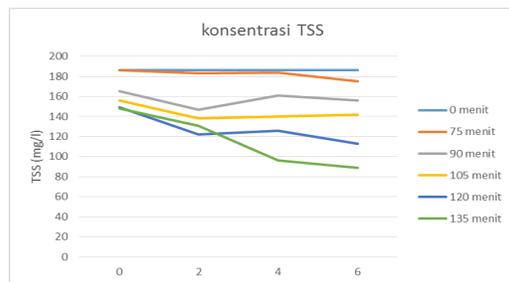
PARAMETER	Inlet	Outlet	Efisiensi
PH	7,88	7,69	-
SUHU	27,9 °C	28,2 °C	-
TSS	247 mg/l	139 mg/l	43.7 %
COD	273.2 mg/l	129 mg/l	52.7 %

Dengan karakteristik limbah seperti tertera pada tabel 4.2 maka air limbah di IPAL Banyumanik masih belum memenuhi baku mutu Perda Jateng No.5 Tahun 2012 yaitu untuk TSS sebesar 30 mg/l dan untuk COD sebesar 100 mg/l sehingga diperlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang

ke saluran sungai. Konsentrasi TSS yang tinggi pada outlet IPAL Banyumanik disebabkan oleh ketiadaan *screen* pada inlet IPAL sehingga semua zat padat akan ikut masuk ke dalam unit pengolahan IPAL yang pada akhirnya akan memberatkan beban pemrosesan pada IPAL Banyumanik. Selain itu, minimnya *maintenance* yang dilakukan oleh pengelola menyebabkan masih tingginya kualitas *effluent* yang dihasilkan. Pada saat peneliti melakukan pengambilan sampel pada bak pertama (*settler*) terdapat kandungan foam dan lumpur yang sangat tinggi.

#### 4.3 Pengaruh Variasi Jumlah Plat

##### a. Pengaruh Jumlah Plat Terhadap Konsentrasi TSS



Gambar 4.1

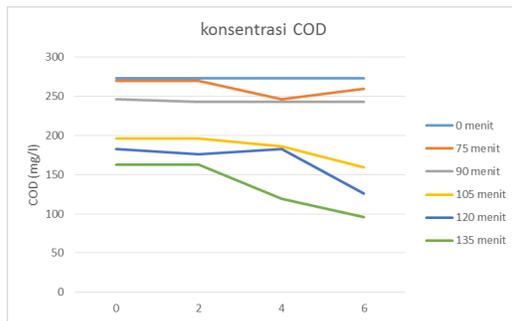
Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan dan gambar 4.1 Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan dan gambar 4.6 menunjukkan adanya pengaruh dari jumlah plat elektroda karbon dalam proses elektrolisis yang dilakukan pada air limbah domestik IPAL Banyumanik. Pada jumlah 2 plat elektroda penurunan konsentrasi TSS dan % removal TSS cenderung lebih rendah dan lebih stabil. Hal ini dapat disebabkan karena dalam elektrolisis pada kondisi sebenarnya dibutuhkan voltase yang lebih besar dibandingkan dengan yang ditunjukkan oleh potensial elektroda standar (Chang R, 2003 dalam Hudha, 2014). Selain itu pada penggunaan 2,4 dan 6 plat elektroda konsentrasi dari TSS masih belum memenuhi baku mutu Permen LHK No.68 Tahun 2016 yaitu 30 mg/l.

TSS dapat didegradasi dalam proses elektrolisis dikarenakan selama elektrolisis anaerob terjadi proses flotasi yang diakibatkan adanya gelembung-gelembung di sekitar plat

elektroda. Selama proses elektrolisis, hidrogen dan oksigen yang berada pada tingkatan lebih rendah akan berdifusi menuju ke elektroda karbon, kemudian akan mengisi tempat adsorpsi pada elektroda karbon sehingga akan terbentuk gelembung-gelembung udara di sekitar plat elektroda (Senftle, 2010). Proses dekomposisi secara flotasi dapat terjadi karena gelembung-gelembung yang muncul dalam zat cair ini mengakibatkan gaya Buoyant pada partikel dan mempengaruhi partikel sehingga suspended solid dapat naik ke permukaan (Tchobanoglous, 1991). Semakin banyak jumlah plat yang digunakan akan mengakibatkan semakin banyak pula gelembung-gelembung yang dihasilkan selama elektrolisis anaerob.

Hal ini sesuai dengan teori yang ada yaitu semakin banyak jumlah plat elektroda yang digunakan maka akan semakin tinggi kinerja sistem elektrolisis. Menurut Utami, dkk (2014) penambahan jumlah elektroda akan menambah efisiensi kerja dari sel elektrolisis. Penambahan elektroda juga dapat meningkatkan kinerja sistem elektrolisis dikarenakan nilai hambatan yang berkurang. Hal ini mengacu pada hukum hambatan listrik dimana semakin luas elektroda terhadap ketebalan maka hambatan akan semakin berkurang sehingga penambahan jumlah elektroda secara tidak langsung menambah luas permukaan kontak elektroda. Namun apabila diperhatikan secara seksama, perbedaan antara penggunaan 4 plat elektroda dengan 6 plat elektroda hanya berbanding sedikit saja, hal ini disebabkan karena elektroda yang digunakan sudah mencapai kinerja yang optimum sehingga apabila masih dilanjutkan proses penambahan jumlah plat elektroda maka proses elektrolisis akan menjadi tidak maksimal lagi dan tidak dapat mendegradasikan zat pencemar secara optimum. Selain itu, dalam penggunaan 6 elektroda maka jarak antar elektroda menjadi semakin dekat satu sama lain. Hal ini dapat mempengaruhi kinerja proses elektrolisis dalam menguraikan zat-zat pencemar dalam limbah cair. Sesuai dengan yang disampaikan oleh Utami dkk (2014) bahwa jarak maksimum antar elektroda pada sistem elektrolisis ialah 5 cm.

## b. Pengaruh Jumlah Plat Terhadap Konsentrasi COD



Gambar 4.2

Dari nilai konsentrasi pada grafik 4.2, dapat kita ketahui bahwa penggunaan 2 plat elektroda masih belum dapat menurunkan konsentrasi COD secara efektif. Hal ini dikarenakan masih besarnya hambatan listrik apabila jumlah plat yang digunakan dan juga masih kecilnya luas permukaan yang berkontak dengan air sehingga proses elektrolisis tidak berjalan sempurna dan jumlah gas hidrogen yang dihasilkan tidak signifikan. Namun setelah jumlah plat ditambah menjadi 4 plat, efisiensi removal menjadi naik dan jumlah gelembung-gelembung di sekitar plat elektroda pun bertambah banyak, begitu juga dengan penggunaan 6 plat elektroda. Dengan menggunakan 6 plat elektroda dapat dihasilkan efisiensi removal tertinggi hingga konsentrasi COD yang ada dapat memenuhi baku mutu. Sehingga dapat dikatakan bahwa dengan menambah jumlah plat elektroda pada proses elektrolisis akan menambah luas permukaan elektroda sehingga dapat mengurangi hambatan yang terjadi dan akhirnya meningkatkan efisiensi proses elektrolisis yang terjadi (Utami dkk, 2014).

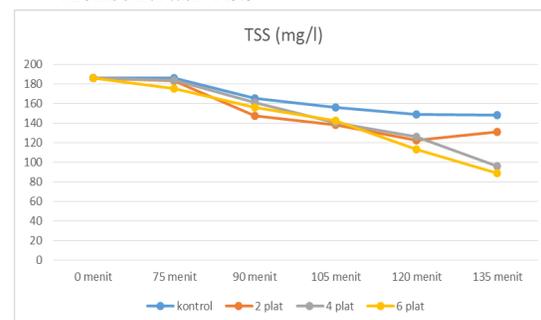
Bila dilihat secara keseluruhan, semakin banyak jumlah elektroda yang digunakan akan semakin tinggi tingkat penurunan konsentrasi COD yang ada dalam air limbah. Pada gambar 4.8 reaktor elektrolisis anaerob, menunjukkan bahwa semakin banyak elektroda yang digunakan sebanding dengan banyaknya uap pada reaktor dan gelembung di sekitar plat elektroda karbon. Uap ini mengindikasikan bahwa terjadi reaksi pembentukan gas karbon dioksida dan Hidrogen selama proses

elektrolisis anaerob. Gas hidrogen inilah yang dikonsumsi oleh mikroorganisme untuk mempercepat proses penyisihan konsentrasi COD dengan cara merubah senyawa asetat hasil fermentasi anaerob menjadi metana (methanogenesis).

Wang dkk (2009) menyampaikan bahwa pada proses anaerobik, metana umumnya dihasilkan dari asetat (70%) dan hidrogen (30%). Menurut Rozendal dkk (2006), menurut teori untuk menghasilkan gas hidrogen pada elektrolisis air dibutuhkan minimal voltase 1.6 V, namun dikarenakan adanya hambatan yang terjadi pada reaksi elektrolisis maka diperlukan voltase yang lebih besar untuk menghasilkan gas hidrogen ( $H_2$ ). Banyaknya elektroda mempengaruhi proses elektrolisis dikarenakan semakin banyak jumlah plat yang digunakan akan semakin luas permukaan yang berkontak sehingga akan mengurangi hambatan yang terjadi. Apabila hambatan ohm dapat dikurangi maka arus yang ada selama elektrolisis menjadi lebih besar yang akhirnya dapat memaksimalkan proses produksi gas hidrogen itu sendiri. Hal ini didukung oleh pernyataan Utami, dkk (2014) yaitu penambahan jumlah plat elektroda dapat meningkatkan kinerja sistem elektrolisis Namun perlu diperhatikan dalam penggunaan jumlah plat elektroda yang banyak jarak perlu diatur agar tidak terlalu dekat antara anoda dengan katoda. Apabila jarak yang terlalu dekat atau bahkan saling bersentuhan dikhawatirkan akan terjadi korsleting arus pendek yang berbahaya (Utami dkk, 2014).

## 4.4 Pengaruh Variasi Waktu

### a. Pengaruh Waktu Elektrolisis Terhadap Konsentrasi TSS

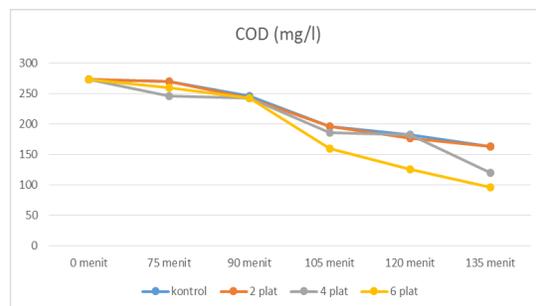


Gambar 4.3

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan, dapat dilihat pengaruh dari variasi

waktu elektrolisis terhadap konsentrasi TSS sesuai dengan gambar 4.3. Dari gambar 4.3 dapat kita lihat bahwa secara keseluruhan terjadi penurunan pada konsentrasi TSS dalam air limbah domestik yang diuji. Secara teoritis semakin lama waktu elektrolisis maka persentasi removal TSS akan semakin tinggi (Soemargono, 2006). Semakin lama waktu proses elektrolisis akan memberikan waktu kepada *suspended solid* yang ada pada air limbah untuk mengendap pada reaktor. Semakin lama proses elektrolisis, maka akan semakin banyak jumlah gas hidrogen dan gelembung yang akan terbentuk yang nantinya akan mengakibatkan proses flotasi pada partikel dan akhirnya dapat menyisihkan kandungan TSS pada air limbah. *Suspended solid* yang tersisihkan dengan proses flotasi akan terangkat naik seiring berjalannya waktu sedangkan sebagian lagi akan mulai mengendap berkenaan dengan pengaruh waktu elektrolisis sehingga semakin lama proses elektrolisis maka semakin banyak partikel *suspended solid* yang tersisihkan baik itu pengaruh langsung dari elektrolisis yang menyebabkan munculnya gelembung-gelembung flotasi ataupun pengaruh tidak langsungnya yaitu proses pengendapan partikel-partikel akibat adanya waktu pengendapan dalam reaktor.

#### b. Pengaruh Waktu Terhadap Konsentrasi COD



Gambar 4.4

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan, dapat dilihat pengaruh dari variasi waktu elektrolisis terhadap konsentrasi COD sesuai dengan gambar 4.16. Dari gambar 4.16 dapat kita lihat bahwa secara keseluruhan terjadi penurunan pada konsentrasi COD dalam air limbah domestik yang diuji. Pada awal waktu elektrolisis belum begitu terlihat hasil penyisihan COD, namun seiring dengan

lamanya waktu elektrolisis mulai meningkat maka semakin tinggi penyisihan COD yang terjadi dalam reaktor. Hal ini sejalan dengan teori yang dikemukakan oleh Wang dkk (2009) yaitu senyawa metana ( $\text{CH}_4$ ) tidak akan dihasilkan pada reaktor elektrolisis hingga mencapai waktu 1,5 jam (90 menit). Menurut Faraday dalam Putero (2008), jumlah muatan yang mengalir selama proses elektrolisis sebanding dengan waktu kontak yang digunakan, maka secara teoritis semakin lama waktu elektrolisis maka persentasi removal COD akan semakin tinggi. Semakin lama waktu reaksi yang dilakukan akan menyebabkan penurunan konsentrasi dari polutan dalam air limbah. Penurunan ini dapat terjadi disebabkan adanya kemampuan elektroda untuk menarik ion-ion yang ada dalam air limbah. Namun yang perlu di ingat adalah elektroda memiliki batas kemampuan, artinya semakin lama proses berlangsung maka kemampuan elektroda dalam menarik ion-ion yang ada akan semakin melemah hingga akhirnya elektroda menjadi jenuh. Apabila proses ini berlangsung terus menerus maka kadar zat pencemar dalam air limbah tidak akan berkurang lagi. Hal inilah yang disebut proses sudah mencapai titik terendah sesuai dengan yang dikemukakan oleh Siring-Ringo (2012).

#### 4.5 Pengolahan Elektrolisis Optimum

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan, didapatkan pengolahan optimum penyisihan COD dan TSS dengan elektrolisis anaerob yaitu dengan menggunakan jumlah elektroda 6 buah dan waktu elektrolisis 135 menit. Nilai konsentrasi COD dan TSS pada tiap-tiap variasi serta besarnya efisiensi removal akan dijelaskan pada tabel 4.2 dan 4.3

Tabel 4.2 Konsentrasi dan Efisiensi Removal TSS Elektrolisis Anaerob

Waktu Elektrolisis	Konsentrasi (mg/l)			% Removal		
	2 plat	4 plat	6 plat	2 plat	4 plat	6 plat
0 menit	186	186	186	0.0	0.0	0.0
75 Menit	183	184	175	1.6	1.1	5.9
90 Menit	147	161	156	10.9	2.4	5.5

<b>105 Menit</b>	138	140	142	11.5	10.3	9.0
<b>120 Menit</b>	122	126	113	18.1	15.4	24.2
<b>135 Menit</b>	131	96	89	11.5	35.1	39.9

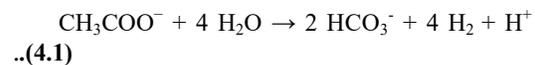
Tabel 4.2 Konsentrasi dan Efisiensi Removal COD Elektrolisis Anaerob

Waktu Elektrolisis	Konsentrasi (mg/l)			% Removal		
	2 plat	4 plat	6 plat	2 plat	4 plat	6 plat
<b>0 menit</b>	273	273	273	0.0	0.0	0.0
<b>75 Menit</b>	270	246	260	0.0	8.7	3.7
<b>90 Menit</b>	243	243	243	1.4	1.4	1.4
<b>105 Menit</b>	196	186	160	0.0	5.1	18.7
<b>120 Menit</b>	176	183	126	3.7	0.0	31.1
<b>135 Menit</b>	163	119	96	0.0	26.	41.1

Dari tabel 4.4 dan 4.5 dapat diketahui bahwa nilai optimum penyisihan TSS dan COD adalah 84,46 % pada TSS dan 80,14 % pada penyisihan COD ketika penggunaan 6 buah elektroda karbon serta durasi waktu elektrolisis 135 menit. Data ini sejalan dengan pernyataan yang dikemukakan oleh Wang dkk (2009) yaitu senyawa metana (CH<sub>4</sub>) tidak akan dihasilkan pada reaktor elektrolisis hingga mencapai waktu 1,5 jam (90 menit) dan juga pernyataan Utami, dkk (2014) yaitu penambahan jumlah plat elektroda dapat meningkatkan kinerja sistem elektrolisis. Tingginya efisiensi penyisihan TSS dan COD pada elektrolisis anaerob disebabkan karena air limbah yang digunakan yaitu merupakan air limbah yang berasal dari outlet IPAL. Bila dibandingkan dengan dengan kualitas inlet IPAL, air limbah yang berasal dari outlet IPAL memiliki beban pencemar yang lebih rendah. Dengan kualitas beban pencemar yang lebih rendah ini maka proses dekomposisi secara elektrolisis anaerob dapat berjalan secara maksimal karena tidak terbebani oleh zat pencemar yang sangat tinggi. Air limbah outlet IPAL Banyumanik sendiri masih belum memenuhi baku mutu (TSS 139 mg/l dan COD 129 mg/l).

#### 4.6 Pengaruh Elektrolisis terhadap Dekomposisi Air Limbah

Pengolahan menggunakan elektrolisis anaerob dalam menurunkan COD yaitu bertujuan untuk mengubah susunan ion ion CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> menjadi CO<sub>2</sub>. Wall dalam Cheng (2009), Pada umumnya, metana terbarukan dapat diproduksi dari metanogenesis dari beberapa substrat seperti asetat, format, dan gas biohidrogen dalam kondisi anaerob. Pada unit anaerob sederhana selama fermentasi akan menghasilkan senyawa asam, yaitu asam asetat atau CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>. Untuk mengurangi konsentrasi COD dapat dilakukan dengan cara merubah CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> yang merupakan komponen pembentuk COD menjadi metana atau karbon dioksida. Untuk memfermentasi ion ion CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> menjadi CO<sub>2</sub> dibutuhkan energi dari luar, sesuai dengan persamaan sebagai berikut (Tchobanoglous, 1991):



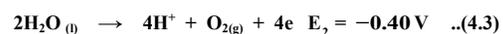
Pada reaksi gelap, asetat tidak dapat dibuah secara langsung menjadi gas hidrogen (Rozendal dkk, 2006) Dari reaksi diatas apabila reaksi dibalik maka dibutuhkan energi yang cukup untuk merubah senyawa asetat yang dihasilkan dalam air limbah menjadi karbon dioksida dan dan senyawa karbonat.

Dengan menambah jumlah plat elektroda pada proses elektrolisis akan menambah luas permukaan elektroda sehingga dapat mengurangi hambatan yang terjadi dan akhirnya meningkatkan efisiensi proses elektrolisis yang terjadi (Utami dkk, 2014). Dikarenakan pada penelitian ini baik anoda maupun katoda yang digunakan memiliki bahan yang sama yaitu karbon dan dialiri listrik yang sama kuat maka reaksi yang terjadi di katoda maupun anoda menjadi terbagi dua. Dan karena karbon itu sendiri merupakan elektroda inert atau tidak ikut bereaksi, maka reaksi yang terjadi yaitu :

Pada **katoda** :



Pada **anoda** :



Dengan demikian maka untuk menghitung total sel yang dibutuhkan ialah :

$$= E_1 + E_2 = -0.83 \text{ V to } 0.40 \text{ V} = -1.23 \text{ V} \quad \dots(4.4)$$

(Senftle, 2010)

Menurut Bagotsky dalam Senftle (2010) secara teoritis kebutuhan energi yang dibutuhkan untuk elektrolisis ialah 1,23 volt, namun kenyataannya elektrolisis umumnya berlangsung secara tiba-tiba dengan overpotensial dan hambatan yang rendah untuk menghasilkan hidrogen. Overpotensial itu sendiri ialah beda potensial antara potensial yang dihitung pada sell dengan potensial yang terjadi pada proses dekomposisi.

Selain merubah asetat karbon dioksida dengan bantuan gas hidrogen, proses penyisihan COD juga dapat dilakukan dengan merubah senyawa asetat dalam air limbah menjadi metana. Menurut Wang dkk (2009) pada proses anaerobik, metana umumnya berasal dari asetat (70%) dan hidrogen (30%). Produksi metana sendiri dapat terjadi dalam 2 cara dengan syarat yaitu keberadaan senyawa asetat, karbon dioksida dan gas hidrogen. Cara pertama yaitu dengan *acetoclastic methanogenesis* sedangkan yang kedua yaitu *hydrogenotropic methanogenesis* dengan persamaan sebagai berikut :

*acetoclastic methanogenesis*



*hydrogenotropic methanogenesis*



Selain berpengaruh terhadap penurunan COD, elektrolisis juga dapat berpengaruh terhadap dekomposisi TSS. Selama proses elektrolisis, hidrogen dan oksigen yang berada pada tingkatan lebih rendah akan berdifusi menuju ke elektroda karbon, kemudian akan mengisi tempat adsorpsi pada elektroda karbon sehingga akan terbentuk gelembung-gelembung udara di sekitar plat elektroda (Senftle, 2010). Gelembung-gelembung inilah

yang nantinya akan mengangkat *suspended solid* pada air limbah atau biasa disebut dengan proses flotasi. *Suspended solid* yang ringan akan terbawa oleh gelembung ke atas permukaan, sedangkan yang berat akan mulai mengendap seiring berjalannya waktu dan mengalami proses sedimentasi. Dengan semakin banyaknya plat elektroda yang digunakan, maka jumlah gelembung yang dihasilkan akan semakin banyak pula sehingga akan meningkatkan proses flotasi yang terjadi pada air limbah yang berakibat pada meningkatnya proses dekomposisi air limbah.

#### 4.7 Biaya Operasional

Dalam hal ini, biaya operasional diperhitungkan berdasarkan tegangan yang digunakan dan lama waktu elektrolisis.

Dari proses penelitian yang sudah dilakukan oleh penulis maka didapat proses yang berjalan pada tegangan 6 Volt dan lama waktu elektrolisisnya yaitu selama 135 menit sehingga perhitungan biaya operasionalnya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

- Tegangan yang digunakan (V) = 6 V
- Kuat arus yang digunakan (I) = 5 A
- Waktu kontak (t) = 135 menit

$$\begin{aligned} \text{➤ Daya (P)} &= V \times I \\ &= 6 \text{ Volt} \times 5 \text{ Ampere} \\ &= 30 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Energi listrik yang dibutuhkan (Kwh)} \\ \text{W} &= P \times t \end{aligned}$$

$$= 30 \text{ watt} \times 135 \text{ menit} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}} \times$$

$$\frac{1 \text{ Kwatt}}{1000 \text{ watt}}$$

$$= 0,0675 \text{ Kwh}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Tarif listrik} &= \text{Rp } 1.410,12/\text{Kwh} \\ &(\text{Peraturan Menteri ESDM No. 31} \\ &\text{tahun 2014}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Biaya Listrik} \\ &= W \times \text{Tarif listrik}/\text{Kwh} \end{aligned}$$

$$= 0,0675 \text{ Kwh} \times \text{Rp } 1.410,12 / \text{Kwh}$$

$$= \text{Rp. } 95,18$$

Biaya Investasi Plat Elektroda :

- Luas Permukaan :  $25\text{cm}^2$
- Harga Plat Elektroda : Rp.  $1.230/\text{cm}^2$   
(PT Rimi Perdana Teknik)
- Biaya  
:  $25\text{cm}^2 \times 6 \text{ buah} \times \text{Rp. } 1.230/\text{cm}^2$   
: Rp.184.500,00
  
- Total Biaya yang dibutuhkan  
= Biaya Penggunaan Listrik + Biaya  
Investasi Elektroda  
= Rp. 95,18 + Rp.184.500,00  
= Rp. 184.595,18

Jadi biaya yang harus dikeluarkan mulai dari pembelian elektroda karbon sebanyak 6 buah hingga penggunaan listrik untuk mendegradasi limbah yaitu sebesar Rp. 184.595,18.

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian hasil dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengaruh dari penggunaan variasi jumlah plat elektroda terhadap perubahan konsentrasi TSS yaitu semakin banyak jumlah plat elektroda maka konsentrasi TSS pada air limbah akan semakin turun akibat semakin besarnya luas permukaan yang mengalami kontak serta adanya proses flotasi dari elektrolisis.
2. Pengaruh dari penggunaan variasi jumlah plat elektroda terhadap perubahan konsentrasi COD yaitu semakin banyak jumlah plat elektroda maka konsentrasi TSS pada air limbah akan semakin turun. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah elektroda maka akan semakin banyak gas hidrogen yang dihasilkan yang kemudian akan digunakan untuk proses metanogenesis.
3. Semakin lama waktu elektrolisis maka konsentrasi TSS akan semakin berkurang. Semakin lama waktu proses elektrolisis akan memberikan waktu kepada

*suspended solid* yang ada pada air limbah untuk mengendap pada reaktor.

4. Semakin lama waktu elektrolisis maka konsentrasi COD akan semakin berkurang. Waktu efektif untuk menurunkan kandungan COD dalam air limbah dengan elektrolisis yaitu lebih dari 90 menit.
5. Pengolahan optimum pada air limbah domestik IPAL Banyumanik dengan proses elektrolisis anaerob yaitu dengan menggunakan 6 plat elektroda karbon serta lama waktu elektrolisis 135 menit.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu penelitian lanjutan mengenai hasil hidrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis.
2. Perlu penelitian lanjutan mengenai jarak optimum dari penggunaan plat elektroda untuk dekomposisi air limbah domestik.
3. Perlu diperhatikan penggunaan listrik dan kabel selama proses agar tidak terjadi korsleting arus pendek.

## DAFTAR PUSTAKA

- Artadi, A., 2007. *Penggunaan Grafit Batu Baterai Sebagai Alternatif Elektroda Spektrografi Emisi, JFN*, 1, 2.
- Asmi, Nur. 2014. *Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Korosi Logam Fe, Ni, Dan Cr Pada Korosi Baja SS 304 Dalam Medium Asam Sulfat ( H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ) 1M*. USU : Medan.
- Daryoko, M., Sutoto, Heriyanto, K., dan Suwardiyono. 2009. *Optimasi Proses Reaksi Pembangkitan Ag<sup>2+</sup> pada Sel Elektrolisis Berkapasitas Satu Liter*, Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, 5 November 2009 ISSN 1978 – 0176
- Davis, Mackenzie L. 2010. *Wastewater Engineering Design Principle and Practice*. McGraw-Hill
- Degremont. 1991. *Water Treatment Handbook*. Lavosier Publishing : Paris
- Eawag. 2008. *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*.



- Eckenfelder, W. Wesley. 2000. *Industrial Water Pollution Control, Third Edition* McGraw-Hill : Singapore.
- Escapa, A., Gomez, X., Tartakovsky, B., Moran, A. 2012. *Estimating Microbial Electrolysis Cell (MEC) Investment Costs in Wastewater Treatment Plants : Case Study*. Elsevier Ltd.
- Guo, Xuesong, Junxin Liu, Benyi Xiao. 2013. *Bioelectrochemical enhancement of hydrogen and methane production from the anaerobic digestion of sewage sludge in single-chamber membrane-free microbial electrolysis cells*. Elsevier Ltd. 1342-1347
- Hardjosuprpto, Moh. Masduki (MODUTO). 2000. *Penyaluran Air Buangan (PAB) Volume II*. ITB. Bandung.
- Hu et al. 2001. *Electrolytic Wastewater Treatment Method and Apparatus*. Patent No US 6,274,028 BI
- Hudha, M.I., Jimmy, Muyassaroh. 2014. *Studi Penurunan COD dan TSS Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Proses Elektrokimia*. Malang : UNS
- Idham F, Halimi S, dan Latifah S. 2009. *Alternatif Baru Sumber Pembangkit Listrik dengan Menggunakan Sedimen Laut Tropika Melalui Teknologi Microbial Fuel Cell*. Teknologi Hasil Perairan Institut Pertanian Bogor.
- Lee, James M. 1992. *Biochemical Engineering*. New Jersey: Prentice Hall Englewood Cliffs.
- Liu, H dan Logan BE. 2004. *Electricity Generation Using an Air Cathode Single-Chamber Microbial Fuel Cell in the presence and absence of proton exchange membrane*. J. Environment Science Technology 38:4040.
- Liu, H., Gort S, Logan BE. 2005. *Electrochemically assisted microbial production of hydrogen from acetate*. Environ Sci Technol 39:4317-20
- Logan, B. E. 2008. *Microbial Fuel Cells*. New Jersey : Willey
- Mutiara. 1999. *Perubahan Suhu Pada Air*. (Online), ([http://eprints.undip.ac.id/40486/6/BAB\\_II\\_III.pdf](http://eprints.undip.ac.id/40486/6/BAB_II_III.pdf))
- Nave, Carl Rod (2006). *HyperPhysics - Electric Currents*. Department of Physics and Astronomy, Georgia State University.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 31 Tahun 2014 Tentang Tarif Tenaga Listrik Yang Disediakan oleh PT PLN (Persero)
- Putero, S.H., Kusnanto dan Yusriyani .2008. *Pengaruh Tegangan dan Waktu pada Pengolahan Limbah Radioaktif yang Mengandung Sr-90 Menggunakan Metode Elektrokoagulasi*, Bandung, 5 November 2008
- Rabaey, K., Rozendal, R.A., 2010. *Microbial electrosynthesis – revisiting the electrical route for microbial production*. Nat. Rev. Microbiol. Rozendal RA. Buisman CJN: *process for producing hydrogen* (patent WO2005005981) : 2005.
- Rozendal, R. A., Hamelers, H. V. M., Euverink, G. J. W., Metz, S. J. & Buisman, C. J. N. 2006. *Principle and perspectives of hydrogen production through biocatalyzed electrolysis*. Int. J. Hydrogen Energy 31(12), 1632–1640.
- Salim, E. 2011. *Dari Limbah Menjadi Rupiah Mengolah Limbah Industri Skala Rumah Tangga*. Lily Publisher : Yogyakarta
- Siring-Ringo, Elfrida. 2012. *Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Pada Pengolahan Limbah Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Aluminium Sebagai Sacrificial Elektrode*. Universitas Pendidikan Indonesia
- Skoog, D., A West, D.,M and Holler, F., J. 1993. *Principle of Instrumental Analysis, 6th ed*, Saunders Collage Pub: Philadelphia.
- Soemargono, Ismiati, E. , Lazuardi. 2006. *Pengolahan Limbah Rumah Tangga*



- Dengan Proses Elektroflokulator Secara Batch.* UPV : Jawa Timur
- Sugiharto. 1987. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah.* Jakarta : UI
- Suriawiria, U. 1996. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Air Buangan Secara Biologis.* Jakarta : Rineka Cipta
- Tchobanoglous, G. and Burton, F.L.. 1991. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse.* Mc-Graw Hill
- Utami, T. S. ST, Beurabo, T.B.S., Kusuma, A.S. 2014. *Uji Pengaruh Kuat Arus, Jarak Elektroda, dan Jumlah Elektroda Terhadap Kinerja Elektrokoagulasi Dalam Menurunkan Warna dan Chemical Oxygen Demand Backwash Pada Limbah Ion Exchange Resin di Pabrik Gula Rafinasi PT. Angels Product.* Jakarta : UI
- Wang, Aijie., Liu, Wenzong., Cheng, Shaoan., dkk. 2009. *Source of Methane and Methods to Control its Formation in Single Chamber Microbial Electrolusis Cells.* Int. J. Hydrogen Energy 34 (2009), 3653–3658.