

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Limbah Cair Hasil Industri Pengolahan Karet

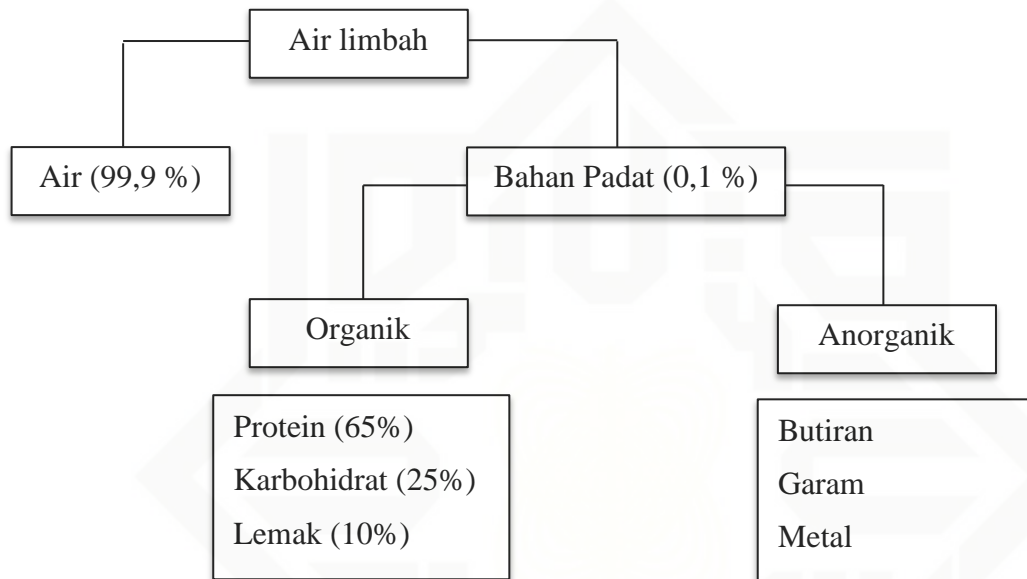
Air limbah hasil industri adalah air yang berasal dari rangkaian proses produksi suatu industri, dengan demikian maka air limbah tersebut dapat mengandung komponen yang berasal dari proses produksi dan apabila dibuang ke lingkungan tanpa pengelolaan yang benar tentunya akan dapat mengganggu badan air penerima. Dampak pencemaran air limbah industri terhadap mutu badan air penerima bervariasi tergantung kepada sifat dan jenis limbah, volume dan frekuensi air limbah yang dibuang oleh masing-masing industri.

Cara pengolahan air limbah industri yang sesuai agar tidak mencemari lingkungannya dipilih berdasarkan karakteristiknya. Karakteristik air limbah industri tersebut adalah karakteristik fisika, karakteristik kimia dan karakteristik biologi. Seperti yang telah disebutkan dimuka air limbah industri dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola secara tepat. Salah satu jenis air limbah industri yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan adalah air limbah dengan kandungan organik tinggi. Karakteristik air limbah organik tinggi ditunjukkan dengan tingginya parameter BOD dan COD dalam air limbah.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup>Sri Moertinah, *Kajian Proses Anaerobik sebagai alternatif teknologi Pengolahan Air Limbah Industri Organik Tinggi*, Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri Vol. 1 No. 2. (Semarang: Balai besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, 2010), hlm. 105.

Sesuai dengan sumber asalnya, maka air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Akan tetapi secara garis besar zat-zat yang terdapat dalam air limbah dapat dikelompokkan seperti pada skema berikut ini:<sup>12</sup>



**Gambar 2.1 Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam limbah**

Berdasarkan gambar 2.1 dapat disimpulkan bahwa bahan padat limbah cair terdiri atas bahan organik dan anorganik. Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah tersebut tergantung pada jenis dan karakteristik limbah.<sup>13</sup>

Limbah yang dibuang kelingkungan harus memenuhi standar baku yang telah ditetapkan oleh pemerintahan berdasarkan Kep-51/MENLH/10/1995 sebagai berikut:

<sup>12</sup>Nurhasanah, *Penentuan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit, Pabrik Karet dan Domestik*. Karya Ilmiah Program Studi Diploma 3 Kimia Analisis, (Medan: Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara, 2009), hlm. 16.

<sup>13</sup>Sugiharto, *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*, (Jakarta: UI-Press, 1987), hlm. 16.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Kep-51/MENLH/10/1995**

No	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Limbah Cair
1.	COD	mg/L	100 – 300
2.	TSS	mg/L	200 – 400
3.	pH	-	6 – 9

(Sumber: Yardiansah, 2015).<sup>14</sup>

Salah satu industri tersebut yaitu industri pengolahan karet alam yang banyak ditemukan pada berbagai wilayah di Indonesia. Industri pengolahan karet alam merupakan industri yang mengolah lateks (getah) karet menjadi karet setengah jadi, bentuk karet tersebut dapat berupa sit, krep dan karet remah. Dalam pengolahan karet, selain dihasilkan produk yang diinginkan juga dihasilkan limbah. Limbah yang sebagian besar komponennya terdiri dari air dan zat-zat sisa pengolahan karet.<sup>15</sup> Dalam pengolahannya, industri karet menggunakan bahan-bahan kimia sebagai bahan koagulan lateks dan air dalam jumlah yang cukup besar untuk pencucian tangki-tangki tempat lateks serta untuk proses penggilingan. Dengan begitu limbah yang dihasilkan dari kegiatan tersebut berupa cairan. Limbah cair tersebut ditampung dalam kolam penampungan yang akan dikeluarkan ke sungai setelah 3 hari. Limbah cair pabrik karet mengandung

<sup>14</sup>Yardiansah, *Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Pistia Stratiotes dengan Metode Ssf-Wetland*, Skripsi, (Pekanbaru: Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau, 2015), hlm. 43.

<sup>15</sup>Tim Penulis PS, *Panduan Lengkap Karet*, (Jakarta: Penebar Swadaya, 2008), hlm. 215.

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

komponen karet (protein, karotenoid, dan garam anorganik), dan lateks yang tidak terkoagulasi dan bahan kimia yang ditambahkan selama pengolahan.<sup>16</sup>

Air merupakan komponen yang sangat penting dalam industri pengolahan karet dan dibutuhkan dalam jumlah yang sangat banyak. Sekedar gambaran, untuk membuat 1 kg karet *crepe* memerlukan 60 liter air dan untuk membuat 1 kg *ribbed smoke sheet* membutuhkan 30 liter air. Selain untuk pengenceran lateks, air juga digunakan untuk pembuatan larutan kimia, mencuci hasil, mencuci alat dan mendinginkan mesin.<sup>17</sup>

Industri pengolahan karet pekat menghasilkan limbah atau hasil samping dalam jumlah besar yang sebanding dengan jumlah lateks yang diproduksi. Pada tahun 1997, limbah yang dihasilkan dari industri pengolahan lateks pekat di Indonesia sekitar 158.000 ton. Limbah industri karet mengandung komponen bukan karet dalam lateks, lateks yang tidak terkoagulasi dan bahan kimia yang ditambahkan selama proses pengolahan. Komponen bukan karet tersebut antara lain : protein, lipid, karotenoid dan garam anorganik. Limbah karet mempunyai pH rendah yang disebabkan penggunaan asam semut dalam proses koagulasi dan nilai BOD (Biological Oxygen Demand) yang tinggi karena kandungan bahan organik dalam limbah mudah terurai secara biologis. Saat ini pengolahan limbah lebih banyak dilakukan secara biologis yaitu dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa kompleks yang terkandung dalam limbah mejadi senyawa yang lebih sederhana melalui proses yang

<sup>16</sup> Dwi Yulianti, *Loc. Cit.*, hlm. 125.

<sup>17</sup> Ir. Didit Heru Setiawan, *Petunjuk Lengkap Budidaya Karet*, (Depok: PT. Agromedia Pustaka, 2005), hlm. 149.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

disebut biodegradasi. Proses yang terjadi di dalamnya sangat ditentukan oleh jenis dan laju pertumbuhan mikroorganisme dalam air limbah.<sup>18</sup>

Lateks merupakan polimer alam yang diperoleh dari getah tanaman terutama dari tanaman *Hevea brasiliensis*. Lateks berwarna putih kekuningan yang berisi partikel karet dan bahan bukan karet yang terdispersi dalam cairan (serum). Komponen komponen dalam lateks dapat dipisahkan dengan cara ultrasentrifugasi berkecepatan tinggi 18000 rpm selama 45 menit.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Putri Sri Komala, dkk., hasil pengukuran parameter limbah cair karet di bak pengumpul limbah dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 2.2. Kualitas Limbah Cair Industri Karet PT. Lembah Karet Padang**

Parameter	Kualitas Limbah Cair	
	Limbah Cair Karet (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)
BOD	150	60
COD	300	200
TSS	150	100
Amoniak Total	13	5
N Total	36	10
pH	5.6	6-9

(Sumber: Putri Sri Komala, 2012)<sup>19</sup>

Komponen bukan karet yang menyusun lateks antara lain protein, karbohidrat, karotenoid, dan garam garam mineral. Senyawa hidrokarbon dari

<sup>18</sup>Dyah Ayu Puspitasari, *Op.Cit.*, hlm. 60.

<sup>19</sup>Putri Sri Komala, Denny Helard, Detia Delimas, *Identifikasi Mikoba Anaerob Dominan Pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Karet Dengan Sistem Multi Soil Layering (MSL)*, Jurnal Teknik Lingkungan UNAND 9 (1) : 74-88 ISSN 1829-6084, (Padang: Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas, 2012), hlm. 77.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

karet merupakan komponen nonpolar dan berada dalam bentuk molekul agregat dalam partikel karet.<sup>20</sup>



**Gambar 2.2 Kondisi Fisik Limbah Cair Hasil Industri Pengolahan Karet**  
(Sumber: Dokumentasi Penulis. 2016)

## B. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

*Chemical Oxygen Demand (COD)* menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi secara biologis menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Tes COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi secara kimia dengan menggunakan dikromat dalam media asam.<sup>21</sup>

Keberadaan bahan organik dapat berasal dari alam ataupun dari aktivitas rumah tangga dan industri. Perairan yang memiliki nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan petanian. Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 29 mg/liter. Sedangkan

<sup>20</sup>Reza Nuru Aziziah, *Deodorisasi Limbah Lateks Pekat Dan Dekolorisasi Zat Pewarna Tekstil Secara Enzimatis Dengan Formula Omphalina Sp*, Jurnal Biokimia (Bogor: FMIPA Institut Pertanian Bogor, 2008), hlm. 2.

<sup>21</sup>Paramita P., Maya Shovitri, Kuswytasari, *Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik*, Jurnal Sains dan Seni ITS ISSN: 2301-928X, (Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, 2012), hlm. 23.

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pada perairan yang tercemar dapat lebih dari 200 mg/liter pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/liter.<sup>22</sup>

Pengujian COD pada air limbah memiliki beberapa keunggulan dibandingkan pengujian BOD. Keunggulan itu antara lain :

- a. Sanggup menguji air limbah industri yang beracun yang tidak dapat diuji dengan BOD karena bakteri akan mati.
- b. Waktu pengujian yang lebih singkat, kurang lebih hanya 3 jam.

Metode pengukuran COD sedikit lebih kompleks, karena menggunakan peralatan khusus *reflux*, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi. Peralatan *reflux* diperlukan untuk menghindari berkurangnya air sampel karena pemanasan. Pada prinsipnya pengukuran COD adalah dengan penambahan sejumlah tertentu kalium bikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) sebagai oksidator pada sampel (dengan volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat ditera dengan cara titrasi. Dengan demikian kalium dikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD dapat ditentukan.

Pemeriksaan parameter COD ini menggunakan oksidator potasium dikromat yang berkadar asam tinggi dan dipertahankan pada temperatur tertentu. Penambahan oksidator ini menjadikan proses oksidasi bahan organik menjadi air dan  $CO_2$ , setelah pemanasan maka sisa dikromat diukur.

<sup>22</sup>Azwir, *Analisa Pencemaran Air Sungai tapung Kiri Oleh Limbah Industri Kelapa Sawit PT. Peputra Masterindo Di Kabupaten Kampar*, Tesis, (Semarang: Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, 2006), hlm.19.

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pengukuran ini dengan jalan titrasi, oksigen yang ekuivalen dengan dikromat inilah yang menyatakan COD dalam satuan ppm.<sup>23</sup>

Kelemahannya, senyawa kompleks anorganik yang ada di perairan yang dapat teroksidasi juga ikut dalam reaksi, sehingga dalam kasus-kasus tertentu nilai COD mungkin sedikit 'over estimate' untuk gambaran kandungan bahan organik. Bilamana nilai BOD baru dapat diketahui setelah waktu inkubasi lima hari, maka nilai COD dapat segera diketahui setelah satu atau dua jam.

Walaupun jumlah total bahan organik dapat diketahui melalui COD dengan waktu penentuan yang lebih cepat, nilai BOD masih tetap diperlukan. Dengan mengetahui nilai BOD, akan diketahui proporsi jumlah bahan organik yang mudah diurai (*biodegradable*), dan ini akan memberikan gambaran jumlah oksigen yang akan terpakai untuk dekomposisi di perairan dalam sepekan (lima hari) mendatang. Lalu dengan memperbandingkan nilai BOD terhadap COD juga akan diketahui seberapa besar jumlah bahan-bahan organik yang lebih persisten yang ada di perairan.<sup>24</sup>

### C. Total Suspended Solid (TSS)

*Total suspended solid* atau padatan tersuspensi total adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran besar maupun beratnya lebih kecil dari sedimen seperti bahan-bahan organik

<sup>23</sup> Agnes Anita R., R. Azizah, *Perbedaan kadar BOD, COD, TSS, dan MPN Caliform Pada Air Limbah, sebelum dan sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk*, Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol. 2 No. 1, (Surabaya: FKM UNAIR, 2005), hlm. 100.

<sup>24</sup> Lucky Purnamawati, *BOD dan COD*, diakses dari <http://lukypurnama.blogspot.com/2012/10/bod-dan-cod.html> pada tanggal 15 April 2016.



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tertentu, tanah liat dan lain-lain. Misalnya air permukaan mengandung tanah liat dalam bentuk tersuspensi.

Air buangan selain mengandung padatan tersuspensi dalam jumlah yang bervariasi, juga sering mengandung bahan-bahan yang bersifat koloid, seperti protein. Padatan terendap dan padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar matahari ke dalam air, sehingga dapat mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis.

Pengukuran langsung padatan tersuspensi (TSS) sering memakan waktu cukup lama. TSS adalah jumlah bobot bahan yang tersuspensi dalam volume air tertentu, yang biasanya dinyatakan dalam mg/L atau ppm. Partikel tersuspensi akan menyebarkan cahaya yang datang, sehingga menurunkan intensitas cahaya yang disebarkan. Padatan tersuspensi dalam air umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, sisa tanaman dan limbah industri.<sup>25</sup>

Prinsip uji TSS ini adalah sampel uji yang telah homogen disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada saringan dikeringkan sampai mencapai berat konstan pada suhu 103°C sampai dengan 105°C. Kenaikan berat saringan mewakili padatan tersuspensi total (TSS). Jika padatan tersuspensi menghambat saringan dan memperlama penyaringan, diameter pori-pori saringan perlu diperbesar atau mengurangi

<sup>25</sup>Rusmey Togatorop, *Korelasi Antara Biological Oxygen Demand (BOD) Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Terhadap pH, Total suspended Solid (TSS), Alkalinitas dan minyak/lemak*, Tesis, (Medan: Universitas Sumatera Utara, 2009), hlm. 12.



volume sampel. Untuk memperoleh estimasi TSS, dihitung perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total.<sup>26</sup>

#### D. Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi merupakan metode elektrolisis untuk pengolahan air dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium atau besi) kedalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen.<sup>27</sup> Elektrolisis adalah suatu proses dimana reaksi kimia terjadi pada elektroda tercelup dalam elektrolit, ketika tegangan diterapkan terhadap elektroda itu. Elektroda yang bermuatan positif disebut anoda dan elektroda yang bermuatan negatif disebut katoda.<sup>28</sup> Elektrokoagulasi terdiri dari beberapa pasang lempeng logam yang disebut sebagai elektroda yang bertindak sebagai anoda dan katodanya. Sel galvani menghasilkan arus bila reaksi reduksi-oksidasi berlangsung spontan. Sel elektrolit, menggunakan energi untuk menghasilkan perubahan kimia. Proses elektrolisis meliputi pendorongan arus melalui sel untuk menghasilkan perubahan kimia dimana potensial sel adalah negatif.<sup>29</sup>

Elektrolisis merupakan penyebab terjadinya reaksi nonspontan. Sampai sekarang, penekanan kita hanya pada sel volta yakni sel elektrokimia yang perlu bahan kimianya digunakan untuk menghasilkan listrik. Jenis sel

<sup>26</sup>Standar Nasional Indonesia, *Air dan Air Limbah-Bagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid,TSS) Secara Gravimetri*, (Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2004), hlm. 1.

<sup>27</sup>Holt, *The Future for Electrocoagulation As A Localised Water Treatment Technology*, (Australia: University of Sydney, 2005), hlm. 355.

<sup>28</sup>SK Dogra, S Dogra, *Kimia Fisik dan Soal-Soal*, (Jakarta: UI Press, 2008), hlm. 492.

<sup>29</sup>Hardjono Sastrohamidjojo, *Kimia Dasar*, (Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2010), hlm. 230.

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

elektrokimia lainnya selektrolitik menggunakan listrik untuk menghasilkan reaksi nonsontan. Proses yang nonsontannya didorong oleh pemberian energi listrik.<sup>30</sup>

Prinsip dasar dari elektrokoagulasi ini merupakan reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). Dalam suatu sel elektrokoagulasi, peristiwa oksidasi terjadi di elektroda (+) yaitu anoda dan sekaligus berfungsi sebagai koagulan, sedangkan reduksi dan pengendapan terjadi di elektroda (-) yaitu katoda. Air yang diolah berfungsi sebagai larutan elektrolit.<sup>31</sup>

Proses elektrokoagulasi terbentuk melalui pelarutan logam dari anoda yang kemudian berinteraksi secara simultan dengan ion hidroksi dan gas hidrogen yang dihasilkan di katoda.<sup>32</sup>

Ketika elektroda pada katoda berinteraksi dengan air, logamnya dipancarkan kedalam alatnya. Ketika ini terjadi, partikel-partikel dinetralkan melalui pembentukan kompleks logam hidroksida sehingga terbentuk endapan. Endapan mulai terbentuk dibagian bawah wadah dan bisa dipisahkan melalui filtrasi. Kemudian gas hidrogen akan terbentuk di anoda.

33

Ketika digunakan elektroda Aluminium, Aluminiumnya melarut pada anoda dan gas hidrogen dilepaskan pada katoda. Agen koagulan

<sup>30</sup>Ralph H. Petrucci, *Kimia Dasar Prinsip-Prinsip dan Aplikasi Modern*, (Jakarta: Erlangga, 2008), hlm. 67.

<sup>31</sup>Beagles, A. *Loc. Cit*

<sup>32</sup>Agung Prabowo, Gagah Hasan B., Purwanto, *Pengolahan Limbah Cair yang mengandung Minyak Dengan Proses Elektrokoagulasi Dengan Elektroda Besi*, Jurnal Teknologi Kimia dan Industri Vol. 1 No. 1 (Semarang: Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, 2012), hlm. 353.

<sup>33</sup>Erick Butler, *Eletrocoagulation in Wastewater Treatment*, (Cleaveland: Cleaveland State University, 2011), hlm. 495-496.

bergabung dengan polutan sehingga membentuk endapan yang sangat banyak. Ketika gelembung gas naik ke permukaan dan melekat pada partikel yang tersuspensi maka partikel tersebut pun ikut naik ke permukaan wadah.<sup>34</sup>

Elektrokoagulasi merupakan metode yang mampu menyisahkan berbagai jenis polutan dalam air, yaitu partikel tersuspensi, logam-logam berat, produk minyak bumi, warna pada zat pewarna, larutan humus dan deflouridasi air. Metode ini mempunyai kelebihan yaitu nilai efisiensinya cukup tinggi dan tidak diperlukan penambahan bahan kimia.<sup>35</sup>

Prinsip dasar dari elektrokoagulasi adalah reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). Dalam suatu sel elektrokoagulasi, peristiwa oksidasi terjadi di elektroda (+) yaitu anoda, sedangkan reduksi terjadi di elektroda (-) yaitu katoda. Yang terlibat reaksi dalam elektrokoagulasi selain elektroda adalah air yang diolah yang berfungsi sebagai larutan elektrolit.

Berikut adalah gambar yang dapat menunjukkan interaksi/mekanisme yang terjadi dalam reaktor elektrokoagulasi.<sup>36</sup>

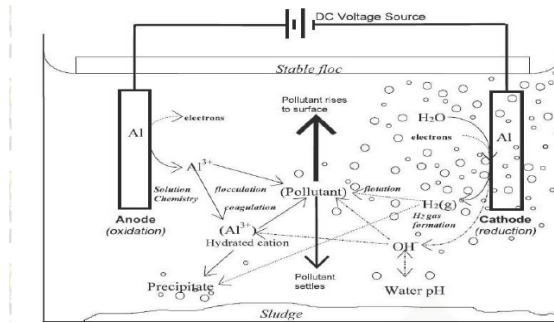
<sup>34</sup>Mohammad, *Review of Pollutan Removed by Electrocoagulation and Electrocoagulation/Floatation Processes*, Environment Health Engineering Group, Elsevier, (Australia: 2009), hlm. 1663.

<sup>35</sup>Karina Rindang Tripsilasiwi, Abdu Fadli A., *Aplikasi Elektrokoagulasi Menggunakan Pasangan Elektroda Aluminium untuk Pengolahan Air dengan Sistem Kontinyu*, Jurnal Teknik Lingkungan, (Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, ITS, 2010), hlm. 2.

<sup>36</sup>*Ibid.*, hlm. 4.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

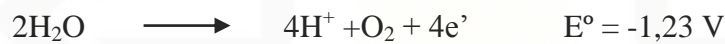
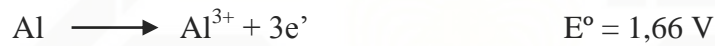
1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



**Gambar 2.3 Mekanisme di dalam reaktor elektrokoagulasi**  
(Sumber: Karina Rindang Trapsilasiwi, 2010)

Bila elektroda sel elektrokoagulasi dialiri listrik arus searah, akan terjadi kemungkinan reaksi kimia sebagai berikut:

Reaksi oksidasi di anoda :



Reaksi reduksi di katoda :



Reaksi reduksi dari ion  $\text{Al}^{3+}$  menjadi Al akan terjadi bila ke dalam sel elektrokoagulasi dialirkan listrik arus searah dengan tegangan minimal 1,66 V. Hal ini sesuai dengan nilai potensial elektroda standar ( $E^0$ ) aluminium. Dalam anoda selain terjadi oksidasi dari aluminium juga terjadi oksidasi air menjadi gas oksigen ( $\text{O}_2$ ). Sedangkan di katoda akan terjadi reduksi air menjadi gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ). Ion  $\text{Al}^{3+}$  yang berasal dari pelarutan anoda akan bereaksi dengan ion  $\text{OH}^{-}$  membentuk aluminium hidroksida ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) dengan reaksi:



## Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$Al(OH)_3$  yang terjadi akan membentuk flok dan menggumpalkan padatan tersuspensi sehingga air menjadi jernih.<sup>37</sup>

Reaksi yang terjadi pada katoda dan anoda bergantung dari beberapa faktor yaitu sebagai berikut:

1. Jenis kation dan anion dalam wadah.
2. Keadaan ion apakah dalam cairan (lelehan) atau dalam larutan.
3. Elektrodanya apakah tidak bereaksi (inert) atau ikut bereaksi dalam larutan.
4. Potensial listriknya harus mencukupi untuk proses elektrolisis.<sup>38</sup>

Pada dasarnya, elektrokoagulasi adalah proses destabilisasi kontaminan tersuspensi dan teremulsi dalam media larutan dengan menggunakan arus listrik ke dalam medium. Arus listrik mendorong sejumlah reaksi kimia tergantung pada jenis dan sifat elektrode dan media larutan. Ketika arus melewati media, ion dari elektrode reaktif dapat medestabilisasi partikel koloid. Dengan demikian, bentuk kontaminan akan terendapkan dan dapat dengan mudah dihilangkan dengan banyak cara pemisahan. Proses pengendapan terjadi sebagaimana proses koagulasi, dengan koagulan terbentuk dari elektrode reaktif, yang dipicu oleh arus listrik searah.

Pada Elektrokoagulasi, arus listrik akan menimbulkan reaksi kimia yang membuat kontaminan yang bersuspensi dan teremulsi dalam limbah

<sup>37</sup>Anis Roihatin, Arina Kartika R., *Pengolahan Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan (RPH) dengan Cara Elektrokoagulasi Aliran Kontinyu*, Jurnal Teknik Kimia, (Semarang: Teknik Kimia Universitas Diponegoro, 2010), hlm. 1-2.

<sup>38</sup>Syukri, *Kimia Dasar 3*, (Bandung: ITB, 1999), hlm. 549.

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

menjadi tidak stabil. Reaksi kimia yang terjadi tergantung pada jenis elektrode dan limbah yang diolah. Selama proses, ion logam yang berperan sebagai koagulan akan terus – menerus diproduksi di anoda. Kation ini akan mendorong terjadinya koagulasi dari polutan yang ter-*disperse* pada larutan.<sup>39</sup>

Untuk proses elektrokoagulasi digunakan elektroda yang dibuat dari Aluminium (Al), karena logam ini mempunyai sifat sebagai koagulan yang baik, memiliki nilai konduktivitas yang tinggi dan tahan terhadap limbah.<sup>40</sup> Pada proses elektrokoagulasi ini, di anoda terjadi reaksi oksidasi aluminium menghasilkan ion  $Al^{3+}$ . Rapat arus anoda merupakan laju reaksi oksidasi Al menjadi  $Al^{3+}$  yang terjadi pada permukaan anoda dengan luas tertentu. Sementara itu pada katoda reaksi yang terjadi adalah  $2H_2O + 2 e \rightarrow H_2 + 2OH^-$ . Secara fisik rapat arus katoda diartikan laju pembentukan gas  $H_2$  yang terjadi pada permukaan katoda dengan luas tertentu.<sup>41</sup>

Menurut Mollah, Elektrokoagulasi memiliki begitu banyak keuntungan dalam pengolahan limbah cair, diantaranya:

1. Elektrokoagulasi membutuhkan peralatan yang sederhana dan mudah dioperasikan.

<sup>39</sup>Sastisasti, *Mengolah Limbah Cair Tekstil Sulfur dengan Metode Elektrokoagulasi*, 2009, diakses dari <http://www.sastisasti.wordpress.com/Mengolah-Limbah-Cair-Tekstil-Sulfur-dengan-Metode-Elektrokoagulasi/> pada tanggal 15 Januari 2016

<sup>40</sup>Monik Kasman, Siti Umi K., Asep Surna, *Reduksi pH, BOD dan COD dalam Grey Water dengan Proses Elektrokoagulasi-Sedimentasi*, Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi Vol. 12 No. 3 (Jambi: Universitas Batanghari, 2012), hlm. 1-2.

<sup>41</sup>Yusbarina, *Optimasi Kerapatan Arus dan Waktu Elektrolisis Dalam Pengolahan Limbah Surfaktan Secara Elektrokoagulasi*. Jurnal Photon Natural Science, Technology, Environmental & Health Journal. ISSN: 2087-393X Vol. 4 No. 2, (Pekanbaru: UIN SUSKA Riau, 2014), hlm. 76.

## Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Air limbah yang diolah dengan elektrokoagulasi menjadi air yang jernih, tidak berwarna dan tidak berbau.
3. Lumpur yang dihasilkan elektrokoagulasi relatif stabil dan mudah untuk dipisahkan, karena terutama berasal dari oksida logam. Selain itu lumpur yang dihasilkan sedikit.
4. 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.
5. Elektrokoagulasi menghasilkan effluen dengan nilai TDS yang lebih kecil jika dibandingkan dengan pengolahan kimiawi. Jika air ini digunakan kembali, kandungan TDS yang rendah akan mengurangi biaya *recovery*.
6. Proses elektrokoagulasi memiliki keuntungan dalam mengolah pertikel koloid yang berukuran sangat kecil karena dengan pemakaian arus listrik menyebabkan proses koagulasi lebih mudah terjadi dan lebih cepat.
7. Proses elektrokoagulasi mencegah penggunaan bahan kimia sehingga tidak bermasalah dengan netralisasi kelebihan bahan kimia dan tidak membutuhkan kemungkinan pengolahan berikutnya jika terjadi penambahan konsentrasi bahan kimia yang terlalu tinggi seperti pada penggunaan bahan kimia.



## Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

8. Gelembung gas yang dihasilkan selama elektrolisis dapat membawa polutan keatas permukaan sehingga flok tersebut dapat dengan mudah terkonsentrasi, dikumpulkan dan dipisahkan.
9. Proses elektrolisis pada sel elektrokoagulasi dikontrol dengan pemakaian listrik tanpa perlu memindahkan bagian didalamnya, sehingga membutuhkan perawatan yang sedikit.
10. Teknik elektrokoagulasi dapat dengan mudah diaplikasikan didaerah yang tidak terjangkau layanan listrik yakni dengan menggunakan panel matahari yang cukup untuk terjadinya proses pengolahan.<sup>42</sup>

## E. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

### 1. Prinsip Dasar Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Metode spektroskopi serapan atom (SSA) mendasarkan pada prinsip absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Dengan menyerap suatu energi, maka atom akan memperoleh energi sehingga suatu atom pada keadaan dasar dapat ditingkatkan energinya ke tingkat tingkat eksitasi.<sup>43</sup>

### 2. Prinsip Kerja Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Atom akan menyerap sinar UV/VIS pada panjang gelombang tertentu dan karakteristik tergantung pada sifat unsurnya. Banyaknya sinar yang diserap sebanding dengan konsentrasi atom dalam sampel. Contoh: unsur Na mempunyai konfigurasi elektron  $1s^2, 2s^2, 2p^6$  dan  $3s^1$ .

<sup>42</sup>*Ibid.*, hlm. 77.

<sup>43</sup>Ibnu Gholib, *Kimia Farmasi Analisis*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2007), hlm. 299.

## Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Jika atom Na menyerap foton maka tingkat dasar untuk elektron valensi  $3s^1$  ini dapat mengalami eksitasi ke tingkat energi elektron yang lebih tinggi (3p, 3d, 4p, dst). Maka secara eksperimental dapat diperoleh puncak-puncak serapan sinar oleh atom-atom natrium dengan panjang gelombang:

589 nm : sesuai dengan eksitasi 3s ke 3p

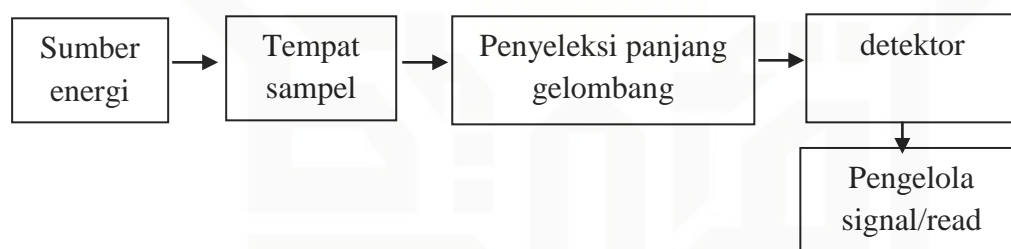
589,6 nm : sesuai dengan eksitasi 3s ke 3p

330,2 nm : sesuai dengan eksitasi 3s ke 4p

330,4 nm : sesuai dengan eksitasi 3s ke 4p.<sup>44</sup>

### 3. Instrumentasi Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

SSA terdiri dari 5 komponen utama. Komponen-komponen ini dikontrol oleh perangkat lunak komputer



**Gambar 2.4 Bagan Instrumentasi SSA**

(Sumber: Yusbarina, 2014).

Lima komponen utama tersebut itu adalah sumber energi, tempat sampel, penyeleksi panjang gelombang, detektor, dan pengelola signal.

<sup>44</sup>Yusbarina, *Analisis Instrumen Kimia, Metode Spektroskopi*, (Pekanbaru: Kreasi Edukasi, 2014), hlm. 91-92.

## Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## 1) Sumber Energi

Sumber energi pada SSA adalah lampu katoda berongga. Lampu katoda berongga berupa tabung kaca tertutup yang terdiri dari katoda dan anoda. Tabung lampu diisi dengan gas mulia (neon atau argon) dengan tekanan rendah (10-15 torr).

Tahapan pertama adalah ionisasi gas mulia. Elektron-elektron dikatoda bergerak dengan kecepatan tinggi ke anoda. Dalam perjalanannya, elektron tersebut menabrak gas mulia sehingga menyebabkan gas mulia terionisasi. Tahapan kedua adalah sputtering, ion gas mulia yang berelektron positif bergerak menuju ke katoda dengan kecepatan tinggi dan menabrak pada unsur yang ada pada katoda sehingga terlempar keluar. Tahapan ketiga adalah eksitasi atom-atom unsur bahan katoda. Tahapan keempat adalah emisi. Keadaan tidak stabil dan akan kembali ke keadaan dasar dengan memancarkan sinar dengan panjang gelombangnya tepat sama dengan garis serapan atom yang dianalisis sehingga terjadi serapan optimum.<sup>45</sup>

## 2) Tempat Sampel

Sampel yang akan dianalisis harus diuraikan menjadi atom-atom netral yang masih dalam keadaan dasar (atomisasi). Atomisasi dapat dilakukan dengan nyala dan tanpa nyala.

<sup>45</sup>*Ibid.*, hlm. 96.

## Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## a) Nyala

Nyala digunakan untuk mengubah sampel yang berupa padatan atau cairan menjadi uap atomnya, dan juga berfungsi untuk atomisasi.

## b) Tanpa Nyala

SSA nyala memberikan kemudahan dalam pengoperasian alat dengan ketelitian dan kepekaan yang cukup tinggi tetapi mempunyai kelemahan dalam penggunaan nyala yaitu efisiensi pengatoman rendah, penggunaan gas mempertinggi biaya operasional, kemungkinan biaya ledakan dan memerlukan cuplikan dalam jumlah cukup banyak.<sup>46</sup>

## 3) Penyeleksi Panjang Gelombang

Spektrum emisi dari lampu katoda berongga, selain dari garis emisi untuk analit juga mengandung garis emisi dari pengotor yang ada pada logam katoda dan gas pengisi. Oleh karena itu, dibutuhkan untuk pembacaan suatu transmisi atau absorpsi. Hasil pembacaan berupa kurva dari suatu recorder yang menggambarkan absorpsi atau intensitas emisi monokromator untuk mengeliminasi sinar yang tidak diharapkan dan meneruskan hanya sinar yang dibutuhkan untuk analisis.

<sup>46</sup> *Ibid.*, hlm. 98.



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## 4) Detektor

Detektor digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang melalui tempat pengamatan.

## 5) Read Out

Pencatatan hasil dilakukan dengan suatu alat yang terkalibrasi.<sup>47</sup>

## F. Penelitian Relevan

1. Eka Wardhani, Mila Dirgawati dan Karina Putri pada tahun 2012 dalam Jurnal Ilmiah Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Itenas Bandung. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penurunan kadar logam dan pencemaran air limbah industri penyamakan kulit menggunakan metode elektrokoagulasi pada tegangan 2; 2,5; dan 3 Volt dengan variasi waktu pada masing-masing tegangan adalah 2; 2,5 dan 3 jam mampu menurunkan konsentrasi logam Cr dengan efisiensi sebesar 99,19% dari 86,08 mg/L menjadi 0,7 mg/L, COD sebesar 96,06% dari 811,19 mg/L menjadi 32 mg/L, BOD<sub>5</sub> sebesar 88,20% dari 475 mg/L menjadi 56,07 mg/L dan TSS sebesar 19,55% dari 6528 mg/L menjadi 5252 mg/L. Sehingga parameter logam Cr, COD dan BOD<sub>5</sub> sudah memenuhi baku mutu SK Gubernur TK 1 Jawa Barat No. 6 Tahun 1999.
2. Bambang Hari P dan Mining Harsanti tahun 2010 dalam jurnal ilmiah Jurusan Teknik Kimia, Universitas Jenderal Achmad Yani, hasil

<sup>47</sup>Ibnu Gholib, *Op.Cit.*, hlm. 312.



## Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

penelitiannya menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair tekstil menggunakan metode elektrokoagulasi dengan sel Al-Al pada tegangan 24 Volt dengan variasi waktu 10; 15; 20; 25 dan 30 menit mampu menurunkan TSS sebesar 76,27%, kekeruhan sebesar 90,18%, COD sebesar 83,60% dan BOD sebesar 87,35%. Efisiensi penurunan kadar pencemaran terbaik menggunakan metode elektrokoagulasi yaitu pada waktu operasi 25 menit.

3. Agung Prabowo, Gagah Hasan Basrori dan Purwanto dalam jurnal ilmiah Teknologi Kimia dan Industri Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang menunjukkan bahwa terjadi penurunan COD pada limbah Cair yang mengandung minyak dengan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda besi. Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan variasi rapat arus, waktu dan jarak lempeng elektroda dengan efisiensi penurunan kadar COD tertinggi mencapai 29,83% terjadi pada menit ke 120, rapat arus 32 A/dm<sup>3</sup>, dengan jarak elektroda 2 cm.