

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Tabel berikut merupakan daftar penelitian sebelumnya mengenai air limbah industri penyamakan kulit dan evaluasi instalasi pengolahan air limbah (IPAL).

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Tahun	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1	2016	Nastiti Sri Fatmawati, Joni Hermana, Agus Slamet	Optimasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Magetan	Pengumpulan data primer, sekunder, dan hasil sampling lalu dilakukan pengolahan data data tersebut.	Evaluasi dimensi perhitungan dengan dimensi aktual tidak sesuai dan pengolahan lumpur aktif saat ini tidak sesuai dengan kapasitas. Pada tahun 2022 perlu penambahan blower pada bak aerasi guna mengurangi kadar
2	2017	Ratnasari Hidayati	Studi Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Pada UPT Lingkungan Industri Kulit Kabupaten Magetan	Data primer seperti debit limbah sedangkan data sekunder seperti kualitas air limbah	amonia. Perlu adanya pergantian pola produksi penyamakan kulit yaitu 10 penyamak/hari. Selain itu perlu penambahan dimensi bak

No	Tahun	Peneliti	Judul	Metode	Hasil	
					sedimentasi akhir agar mendapat waktu tinggal yang sesuai kriteria. Dosis optimum koagulan dan flokulan untuk sampel 500 ml yaitu 10 ml koagulan PAC dan 4 ml flokulan polimer. Kecepatan putaran optimum koagulasi sebesar 100 rpm dan kecepatan putaran optimum 60 rpm pada proses flokulasi.	
3	2017	Aulia Nurkomala, Dini Nurdiani, Latifa Dawa Padmadinata, Mega Nurjannah Ahmad, Herawati Budiastuti	Evaluasi Kinerja Unit Koagulasi Flokulasi Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Penyamakan Kulit di Garut	Analisa awal kualitas air limbah berdasarkan baku mutu. Menentukan dosis optimum koagulan skala laboratorium.	Melakukan pengukuran debit air limbah, pengambilan sampel pada <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> pada tiap unit pengolahan dan keseluruhan IPAL, analisis data <i>inlet</i> air	Efisiensi removal bak pengendap pertama untuk TSS 62,56%, COD 44,4% dan BOD 41,89%. Efisiensi removal TSS di <i>grit chamber</i> 25%. <i>Secondary settling tank</i> memiliki efisiensi removal TSS 14,36%, COD 14,79%, dan BOD
4	2016	Fahmi Alpha Yanitra, Alexander Tunggul Sutan Haji, Bambang Suharto	Pengolahan Air Limbah PT Surabaya Industrial Estate Rungkut-Management of Pasuruan Industrial			

No	Tahun	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
			Estate Rembang	limbah, analisis proses pengolahan, analisis <i>outlet</i> air limbah	18,86%. Oxidation ditch pertama efisiensi removal TSS 73,01%, COD 88,28% dan BOD 89,44%. Oxidation ditch kedua memiliki efisiensi removal TSS 81,28%, COD 83,81% dan BOD 85,08%. <i>Final settling tank</i> pertama memiliki efisien removal TSS 86,38%, COD 30,49% dan BOD 34,43%. <i>Final settling tank</i> kedua memiliki efisien removal TSS 90,88%, COD 35,09% dan BOD 35,99%.
5	2017	Aldita Rizky Desyana	Evaluasi Kinerja IPAL Industri Penyamakan Kulit Kabupaten Magetan	Melakukan pengukuran langsung dilapangan dan dianalisis sesuai kriteria desain	Debit air limbah terkadang melebihi kapasitas IPAL. Perlu penambahan unit tambahan berupa bak kontrol.

2.2 Air Limbah Industri

Air limbah berasal dari berbagai industri tentunya memiliki karakteristik yang berbeda-beda tergantung jenis industrinya. Jumlah serta beban polutan yang ada di dalam air limbah industri dapat diketahui dengan cara pengukuran langsung dilapangan. Sekarang, industri-industri sudah sangat berkembang, mulai dari industri kecil hingga industri berbentuk PT. Tentunya semakin banyak industri yang muncul berbanding lurus dengan bertambahnya air limbah berbahaya dan beracun yang dibuang. Meski terdapat industri yang sudah mengolah air limbah tersebut namun masih banyak industri yang enggan mengolahnya. Seperti industri penyamakan kulit yang membuang kadar logam berat krom dengan kadar yang tinggi. Tentunya hal ini dapat membahayakan lingkungan. Masalah limbah logam berat tentunya harus menjadi perhatian banyak pihak pengelola industri dan pemangku kebijakan.

Menurut (Said, 2017), karakteristik air limbah industri secara umum dibagi menjadi beberapa kelompok, seperti:

- Air limbah dengan konsentrasi organik yang tinggi yaitu industri makanan, industri minyak nabati, industri obat-obatan, industri pulp & kertas, dll.
- Air limbah dengan konsentrasi organik relatif rendah yaitu industri pengemasan makanan, industri serat, industri laundry, dll.
- Air limbah dengan konsentrasi organik berbahaya beracun yaitu industri penyamakan kulit, industri besi baja, industri kimia insektisida, herbisida, dll.
- Air limbah dengan konsentrasi anorganik umum yaitu industri pupuk anorganik, industri keramik, industri kimia anorganik, dll.
- Air limbah dengan konsentrasi anorganik berbahaya beracun yaitu industri pelapisan logam (elektroplating), industri baterai, dll.

Bahan pencemar yang paling berperan terhadap gangguan lingkungan muncul karena digunakannya bahan kimia Krom (Cr) dan sulfida dalam proses penyamakan kulit (Disperindag Kab Garut, 1998). Limbah industri penyamakan kulit mengandung Cr^{6+} . Cr^{6+} dapat menyebabkan kerusakan sel jaringan pada tubuh manusia seperti jantung, ginjal dan jaringan lendir pada hidung. Industri penyamakan kulit menghasilkan limbah cair seperti: patogen, organik terurai, organik sulit terurai, sedimen, koloid, senyawa terapung, logam berat, anorganik terlarut dan asam-basa. Tabel 2.2 berikut mengenai

konsentrasi air limbah influen dan efluen dari industri penyamakan kulit (Eckenfelder, 2000).

Tabel 2. 2 Karakteristik Air Limbah Industri Penyamakan Kulit

Air Limbah	Influen		Efluen		BOD ₅ /COD
	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	
Penyamakan kulit	1160	4360	54	561	0,28
Penyamakan kulit (sayuran)	2396	11663	92	1578	0,22

Secara umum limbah cair dari industri penyamakan kulit mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

1. Debit dari limbah buangan tidak teratur.
2. Warna biru kehijauan dan bahan pengawet krom.
3. Kadang-kadang airnya berbusa.
4. Kandungan sulfida yang tinggi.
5. Kandungan padatan tersuspensi yang tinggi.
6. Kandungan bahan organik yang tinggi.
7. pH sangat bervariasi (3-12)
8. Mudah busuk atau septik (Disperindag Kab Garut, 1998).

2.3 Standar Kualitas Limbah Cair Industri Kulit

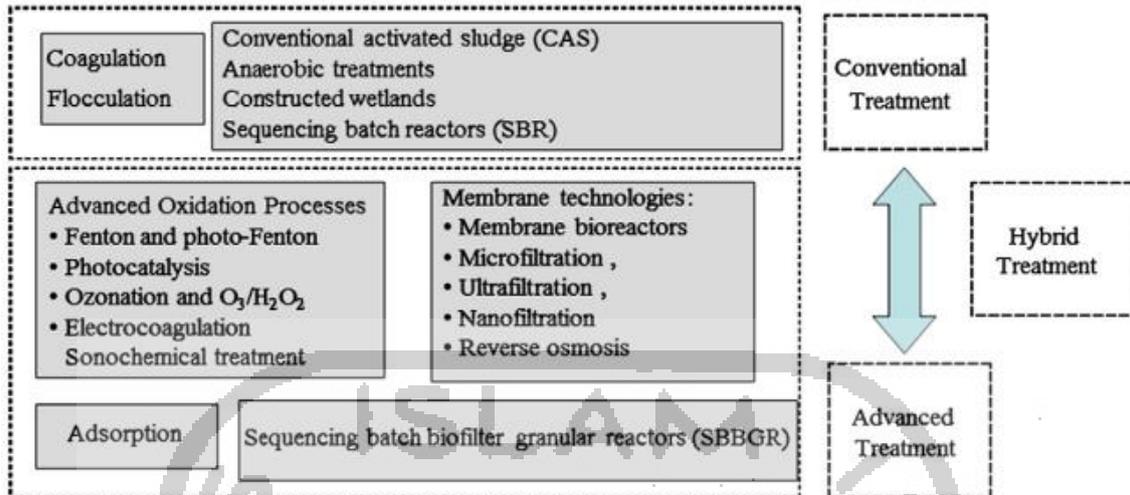
Baku mutu yang digunakan untuk pengelolaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) industri kulit ini adalah baku mutu melalui Keputusan Gubernur DIY yaitu Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 mengenai Baku Mutu Air Limbah. Parameter-parameter yang diukur sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Limbah untuk Industri Penyamakan Kulit

Parameter	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (kg/ton)
BOD ₅	50	2,0
COD	110	4,4
TSS	50	2,0
TDS	2000	80
Sulfida (S)	0,5	0,02
Krom Total (Cr)	0,5	0,02
Nitrogen Total (N)	10	0,4
Amonia Total (NH ₃)	0,5	0,02
Minyak dan Lemak Total	5,0	0,2
Suhu	± 3°C terhadap suhu udara	
pH	6,0 – 9,0	
Debit Limbah Paling Banyak (m ³ /ton bahan baku)	40	

2.4 Proses Pengolahan Limbah Industri Kulit

Secara umum teknologi pengolahan air limbah industri penyamakan kulit menurut (Setiyono and Yudo, 2014) menggunakan proses fisika, kimia dan biologi. Tahap pertama menggunakan proses fisika yang bertujuan untuk menyaring kotoran berukuran besar dan kecil, kemudian distabilkan di bak ekualisasi. Proses selanjutnya berupa proses kimia-fisika yaitu netralisasi, koagulasi-flokulasi, dan sedimentasi. Proses terakhir adalah biologis yang biasanya menggunakan sistem lumpur aktif. Sementara menurut (Lofrano *et al.*, 2013) pengolahan air limbah untuk industri penyamakan kulit seperti gambar berikut:



Sumber: (Lofrano *et al.*, 2013)

Gambar 2. 1 Diagram Alir Pengolahan Air Limbah Penyamakan Kulit

2.5 Bak Ekualisasi dan Netralisasi

Bak ekualisasi dan netralisasi yang terdapat di PT. X berjumlah dua unit, perbedaan dari kedua bak yaitu tidak adanya penambahan bahan kimia berupa NaOH atau *caustic soda* dilanjutkan pengadukan untuk menaikkan nilai pH air limbah pada bak kedua. Proses dalam bak netralisasi bertujuan untuk menstabilkan aliran limbah yang akan diolah pada unit selanjutnya. Hal ini agar IPAL tetap stabil dan tidak terjadi *over loading* yang dapat mengganggu proses kimia dan biologi (Setiyono and Yudo, 2014). Proses netralisasi bertujuan untuk menetralkan kadar pH limbah menjadi netral. Hal ini bermaksud agar proses pengolahan limbah secara biologis tidak terganggu dan berjalan dengan baik. Bahan kimia yang banyak digunakan untuk menaikkan kadar pH antara lain soda abu ($NaHCO_3$), kapur tohor (CaO), $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$, natrium hidroksida (NaOH). Proses netralisasi secara umum dilakukan di dalam bak dilanjutkan pengadukan dengan waktu tinggal 5-30 menit (Said, 2017). Pada tabel 2.4 dijelaskan kriteria desain unit netralisasi menurut (Eckenfelder, 2000):

Tabel 2. 4 Kriteria Desain Unit Netralisasi

Bentuk	Kubus atau silinder
Waktu retensi	5-30 menit (kapur=30 menit)
Influen	Berada diatas bak
Efluen	Berada dibawah bak
	12 ft/detik (bak besar)
<i>Peripheral speeds</i>	25 ft/detik (bak ukuran kurang dari 1000 gal)
Sensor pH	Sensor tercelup

2.6 Koagulasi & Flokulasi

Koagulasi merupakan proses pembentukan antar partikel koloid dengan cara penambahan bahan koagulan. Melalui proses ini, partikel-partikel koloid akan bergabung dan menjadi besar. Partikel-partikel koloid tadi yang sulit dipisah dalam air, akan mudah dipisahkan dengan cara sedimentasi karena memiliki berat setelah bergabung (Said, 2017). Koagulasi dan flokulasi dalam air limbah penyamakan kulit sering menggunakan koagulan anorganik seperti alumunium sulfat ($AlSO_4$), besi klorida ($FeCl_3$), besi sulfat ($FeSO_4$) untuk mengurangi kadar COD (*chemical oxygen demand*) dan padatan tersuspensi (SS) dan bisa juga mengurangi substrat yang beracun seperti krom sebelum diolah secara biologis (Lofrano *et al.*, 2006).

Bahan kimia yang sering digunakan dalam proses koagulasi umumnya ada tiga jenis, yaitu zat koagulan, zat alkali dan zat pembantu koagulan. Zat koagulan berfungsi menggumpalkan partikel-partikel padat tersuspensi, zat warna, koloid, dan lain-lain agar berubah menjadi gumpalan partikel (flok). Sedangkan zat alkali dan zat pembantu koagulan berfungsi mengatur kadar pH untuk mempermudah proses flokulasi dan mempercepat pembentukan flok (Said, 2017). Koagulan yang digunakan dalam proses koagulasi dan flokulasi di industri ini adalah Alumunium Sulfat (alum) ($Al_2(SO_4)_3 \times 18 H_2O$), larutan PAC (*poly aluminium chloride*), larutan polimer dan kaporit. Menurut (Gao, Yue and Wang, 2004) untuk meningkatkan efisiensi koagulasi untuk meminimalisasi sisa koagulan di efluen yaitu menggunakan koagulan seperti *poly aluminium chloride* (PAC), *poly aluminium silicate* (PASiC) dan *poly aluminium ferric*

chloride (PAFC). Penggunaan koagulan jenis *ferric chloride*, *ferrous chloride*, *alumunium sulphate* dan *poly-alumunium ferric chloride* (PAFC) untuk mengurangi kadar COD dan TSS yang lebih baik adalah menggunakan bahan koagulan PAFC dengan dosis optimum koagulan sebesar 900 mg/liter (Lofrano *et al.*, 2006). Menurut penelitian (Nurkomala, Nurdiani and Padmadinata, 2017) dijelaskan bahwa dosis optimum bahan koagulan *poly alumunium chloride* (PAC) untuk sampel sebanyak 500 ml adalah 10 ml karena memiliki persen kekeruhan dan tinggi endapan tertinggi pula.

Sedangkan untuk bahan flokulan menggunakan bahan berupa larutan polimer. Proses flokulasi berupa pengadukan lambat dengan waktu yang lebih lama dibanding proses koagulasi. Menurut penelitian (Nurkomala, Nurdiani and Padmadinata, 2017) dosis flokulan yang optimum untuk 500 ml air limbah sebesar 4 ml karena memiliki persen kekeruhan dan nilai endapan kering per volume endapan yang tinggi. Dalam penelitian yang sama dijelaskan bahwa kecepatan pengadukan cepat pada proses koagulasi didapatkan sebesar 100 rpm sedangkan untuk pengadukan lambat pada proses flokulasi didapatkan sebesar 60 rpm.

Menurut (Eckenfelder, 2000) aplikasi penambahan bahan kimia untuk proses koagulasi bisa dilihat pada tabel 2.5. Sedangkan contoh penggunaan koagulan dalam limbah penyamakan kulit bisa dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2. 5 Penggunaan Koagulan

Proses Kimia	Dosis (mg/L)	pH	Keterangan
			Air limbah dengan kadar alkalinity rendah dan tinggi.
Kapur	150-500	9,0-11,0	Reaksi kimia: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Ca(HCO}_3)_2 \rightarrow 2\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
			Air limbah dengan kadar alkalinity rendah dan tinggi.
Alum	75-250	4,5-7,0	Reaksi kimia: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al(OH)}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4$

Proses Kimia	Dosis (mg/L)	pH	Keterangan
FeCl ₃ , FeCl ₂ ,	35-150	4,0-7,0	Air limbah dengan kadar alkalinity rendah dan tinggi.
FeSO ₄ .7H ₂ O	70-200	4,0-7,0	Reaksi kimia: FeCl ₃ +3H ₂ O -> Fe(OH) ₃ + 3HCL

Tabel 2. 6 Koagulasi dalam Air Limbah Penyamakan Kulit

Parameter	Influen (mg/L)	Efluen (mg/L)	% removal
COD	7800	2900	63
BOD	3500	1450	58
SO ₄	1800	1200	33
Krom	100	3	97

2.7 Sedimentasi atau Pengendapan

Proses sedimentasi yang terdapat di PT. X terjadi setelah unit koagulasi flokulasi yang pertama dan kedua. Menurut (Said, 2017), sedimentasi merupakan unit operasi untuk mengendapkan materi tersuspensi atau flok secara gravitasi. Pada pengolahan air limbah, proses sedimentasi dilakukan sebelum proses pengolahan selanjutnya yaitu pengolahan secara biologis. Bak sedimentasi dapat berbentuk segi empat atau lingkaran. Kriteria yang diperlukan untuk menentukan dimensi suatu bak sedimentasi adalah *surface loading* (beban permukaan), kedalaman bak dan waktu tinggal. Sedimentasi juga bisa mengurangi kadar COD dan BOD₅, menurut (Song, Williams and Edyvean, 2000) pengurangan untuk parameter ini berkisar 37,7% untuk COD dan 25,9% untuk BOD₅ dalam waktu pengendapan selama 1 jam. Sementara untuk waktu pengendapan selama 20 jam rata-rata persen pengurangan berkisar sebesar 42,7% untuk COD dan 32,7% untuk BOD₅. Sementara untuk hasil pengurangan krom didapat sebesar 71,2% dan 83,2% setelah dilakukan pengendapan selama satu dan tiga jam.

2.8 Lumpur Aktif

Pengolahan air limbah dengan proses lumpur aktif terdiri dari bak pengendap dan bak aerasi. Proses yang terjadi adalah air limbah hasil proses kimia ditampung dengan diatur debit limbahnya selanjutnya air limbah dialirkan ke bak aerasi lumpur aktif. Di

dalam bak aerasi dilakukan penambahan udara atau oksigen sehingga mikroorganisme dapat menguraikan zat organik dalam air limbah. Biomassa inilah yang akan menguraikan senyawa polutan dalam air limbah. Dari bak aerasi lalu dialirkan ke bak pengendap akhir. Lumpur yang masih mengandung mikroorganisme akan dikembalikan lagi ke bagian inlet bak aerasi. Air limpasan pada bak pengendap ini merupakan air yang sudah terolah (Setiyono and Yudo, 2014). Menurut (Said, 2017), campuran air limbah di dalam bak aerasi dikenal dengan *mixed liquor suspended solids* (MLSS). Lumpur aktif akan menguraikan polutan organik air limbah secara biologis sedangkan dalam bak aerasi diuraikan sebagian secara kimia. Efisiensi penghilangan dipengaruhi oleh waktu tinggal hidrolik (HRT) di dalam bak aerasi, konsentrasi BOD dan COD, konsentrasi amonia, suplai udara atau oksigen, suhu, dan lain-lain. Dalam penelitian (Calheiros *et al.*, 2012) dijelaskan bahwa kadar krom yang tinggi dalam mempengaruhi kinerja lumpur aktif. Kadar krom yang ditoleransi sebesar 10-50 mg/L. Berikut tabel 2.7 dan 2.8 merupakan acuan lumpur aktif tipe *Complete Mix Activated Sludge* (CMAS) dalam industri penyamakan kulit menurut (Eckenfelder, 2000).

Tabel 2. 7 Karakteristik Air Limbah Penyamakan Kulit di Unit Lumpur Aktif

Influen		Efluen		Suhu (°C)
BOD (mg/L)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	
1020	2720	31	213	21
1160	4360	54	561	21

Tabel 2. 8 Parameter di Unit Lumpur Aktif

F/M		SRT (hari)	MLVSS (mg/L)	HRT (hari)	SVI (ml/g)
BOD/hari	COD/hari				
0,18	0,45	16	1900	3	-
0,15	0,49	20	2650	3	-

2.9 Biofilter Anaerobik-Aerobik

Proses pengolahan air limbah menggunakan biofilter anaerobik-aerobik merupakan salah satu pengolahan air limbah lanjutan secara biologis. Proses dalam reaktor ini menggabungkan proses biofilter anaerob dan proses biofilter aerob. Menurut (Said, 2017) proses biofilter anaerobik adalah polutan organik akan terurai menjadi gas karbon dioksida dan metana tanpa menggunakan energi untuk menambahkan udara, namun kadar amoniak dan gas hidrogen sulfida (H_2S) tidak hilang. Proses biofilter aerobik adalah proses yang menggunakan energi (aerasi) sehingga polutan organik yang tersisa menjadi gas karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O). Sedangkan amoniak akan teroksidasi menjadi nitrit selanjutnya menjadi nitrat, dan gas H_2S menjadi sulfat. (Metcalf & Eddy, 2003) menjelaskan bahwa biofilter (*submerged filter*) merupakan reaktor dengan prinsipnya yaitu menggunakan mikroba yang berkembangbiak di suatu media filter dan akan membentuk suatu lapisan biofilm (*attached growth*). Proses pengolahan air limbah menggunakan biofilter tercelup yaitu dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang didalamnya terdapat media filter yang akan menjadi tempat melekat mikroorganisme.

Beberapa keunggulan biofilter anaerobik-aerobik menurut (Said, 2017):

- Tidak memerlukan lahan yang luas.
- Biaya operasional murah.
- Lumpur yang dihasilkan rendah.
- Suplai udara untuk aerasi relatif sedikit.
- Dapat mengurangi kadar COD dan padatan tersuspensi (SS) dengan baik.

Jenis media untuk biofilter yang secara umum digunakan berupa bahan organik dan anorganik. Bahan organik biasanya dalam bentuk tali, jaring, papan (*plate*), bentuk sarang tawon, dan lain-lain. Sedangkan bahan dari anorganik biasanya dari batu pecah (*split*), kerikil, batu marmer, batu tembikar, batu bara, dan lain-lain. Media batu apung dalam reaktor biofilter anaerobik memiliki sifat adsorpsi sehingga menyerap polutan organik dan anorganik (Nurmaliakasih, Syakur and Zaman, 2017). Menurut penelitian (Nurmaliakasih, Syakur and Zaman, 2017) dalam limbah cair rumah potong ayam yang diolah menggunakan reaktor biofilter anaerobik dengan media batu apung memiliki penyisihan untuk parameter BOD sebesar 94%, sedangkan untuk parameter COD sebesar

96%. Sedangkan untuk limbah cair industri karet penyisihan kadar COD dan BOD menggunakan *Horizontal Roughing Filtration* (HRF) dengan media batu apung didapatkan kadar penyisihan COD sebesar 33% dan BOD sebesar 33,4% (Nurmaliakasih, Syakur and Zaman, 2017). Sedangkan dalam pengembangbiakan mikroorganisme (*seeding*) dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah secara terus menerus dan didapatkan kondisi stabil pada hari ke-42 dengan penyisihan kadar COD sekitar 88,71% untuk air limbah industri rumah potong ayam (Said, Nusa Idaman, 2005).

2.10 *Constructed Wetlands*

Constructed Wetlands (CWs) merupakan salah satu pilihan alternatif pengolahan air limbah penyamakan kulit. Menurut (Mant *et al.*, 2006) dalam pengoperasian *Constructed Wetlands* hal terpenting adalah pemilihan tumbuhan yang dapat hidup akibat racun atau logam berat yang diterima dari air limbah penyamakan kulit. Dalam jurnal yang sama dijelaskan bahwa fitoremediasi menggunakan wetland untuk mengurangi kadar krom dalam air limbah penyamakan kulit dapat menggunakan tumbuhan *Penisetum purpureum*, *Brachiaria decumbens* dan *Phragmites australis*. Persentase pengurangan kromium didapatkan bahwa *Penisetum purpureum* memiliki persentase *removal* sebesar 78,1%, *Brachiaria decumbens* sebesar 68,5% dan *Phragmites australis* sebesar 56,7%. Namun penelitian dari (Calheiros *et al.*, 2012) menggunakan *Arundo donax* dan *Sarcocornia fruticosa* dengan cara *Constructed wetlands* aliran horizontal untuk mengolah air limbah olahan dari pengolahan biologis di industri kulit, didapatkan hasil pengurangan COD sebesar 51-80%, BOD₅ sebesar 53-90% untuk inlet COD sebesar 68-425 mg/L dan BOD₅ sebesar 16-220 mg/L.



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

جامعة الإسلام في إندونيسيا