

TUGAS AKHIR
PENGARUH TEGANGAN LISTRIK DAN WAKTU KONTAK
ELEKTROKOAGULASI TERHADAP EFISIENSI *REMOVAL*
BOD, COD, DAN TSS LIMBAH CAIR *FINISHING* KULIT
DI PT. XYZ INDONESIA



Disusun Oleh :
IKHSAN FAQIH DASATO
NIM. 2201018

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
BADAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA MANUSIA INDUSTRI
POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA
2025

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH TEGANGAN LISTRIK DAN WAKTU KONTAK ELEKTROKOAGULASI TERHADAP EFISIENSI *REMOVAL* COD, BOD DAN TSS LIMBAH CAIR *FINISHING* KULIT DI PT. XYZ INDONESIA

Disusun Oleh :

IKHSAN FAQIH DASATO

NIM. 2201018

Program Studi Teknologi Pengolahan Kulit

Pembimbing I



Wahyu Fajar Winata, M. Eng.
NIP. 198807122019011002

Pembimbing II



Dr. Prasetyo Hermawan, S.T., M.Si.
NIP. 197511102001121005

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir dan dinyatakan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk mendapatkan Derajat Ahli Madya Diploma III (D3) Politeknik ATK Yogyakarta

Tanggal : 06 Agustus 2025

TIM PENGUJI

Ketua



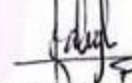
Nur Mutia Rosiati, M. Sc.
NIP. 199210272018012003

Penguji I



Dina Mariana Uli Lubis, A.Md., S.E., M.Sc
NIP. 198405072009012004

Penguji II



Wahyu Fajar Winata, M. Eng.
NIP. 198807122019011002

Yogyakarta, 06 Agustus 2025

Politeknik ATK Yogyakarta



Dr. Sonny Taufan, S.H., M.H.
NIP. 198402262010121002

MOTTO

“Kita berlatih keras setiap hari untuk bisa sampai di titik di mana kita berdiri saat ini apakah kemudian kita akan melepaskannya begitu saja?”

Lomba sihir bersama Bambang pamungkas dalam “Interlude : Habis-habisan”



PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya serta banyak sekali kemudahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Untuk diri saya sendiri Ikhsan Faqih dasato, karena telah menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Keluarga tercinta, Bapak, Ibu dan adik yang sudah memberikan fasilitas, biaya, dan semuanya sehingga dapat menunjang selama perkuliahan di Politeknik ATK Yogyakarta
3. Ragil Ayuning Utami yang telah meberikan masukan, dan menjadi teman diskusi untuk bertukar pikiran selama berkuliah di Politeknik ATK Yogyakarta
4. Teman-teman kost satria (Wirandika, Aufa, Fauzan, Ifwa, Akhdan, dan Reynaldi) yang telah menjadi penting dalam perjalanan hidup di Yogyakarta.
5. Teman-teman seperjuangan TPK Beuh, yang telah membantu dan saling mendukung di Tengah segala tantangan dunia kampus
6. Kepada para dosen pembimbing dan dosen pengajar, atas ilmu, bimbingan dan arahan dalam proses penyusunan tugas akhir.

7. Teman-teman magang dan alumni di PT. XYZ Indonesia, yang telah banyak membantu baik dari motivasi, arahan, dan teknis dalam penyusunan tugas akhir ini.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan ini dengan baik. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Tegangan Listrik Dan Lama Waktu Kontak Elektrokoagulasi Terhadap Efisiensi *Removal* BOD, COD, dan TSS Limbah Cair *Finishing* Kulit Di PT. XYZ Indonesia”

Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Sonny Taufan, SH, M.H., Direktur Politeknik ATK Yogyakarta
2. Sofwan Siddiq Abdullah, A.Md., S.T., M.Sc., Ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Kulit
3. Wahyu Fajar Winata, M. Eng, Selaku dosen Pembimbing Utama
4. Dr. Prasetyo Hermawan. S.T., M.Si., Selaku dosen Pembimbing Pendamping
5. PT. XYZ Indonesia, yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas untuk melaksanakan penelitian/magang.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya dan dapat menjadi referensi bagi penelitian atau kegiatan sejenis di kemudian hari

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
MOTTO.....	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
INTISARI.....	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Karya akhir.....	5
D. Manfaat Karya akhir.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Industri Penyamakan Kulit.....	7
B. Air Limbah.....	9
C. Limbah Penyamakan Kulit.....	11
D. Elektrokoagulasi.....	13
E. Kelebihan dan Kekurangan Elektrokoagulasi.....	17

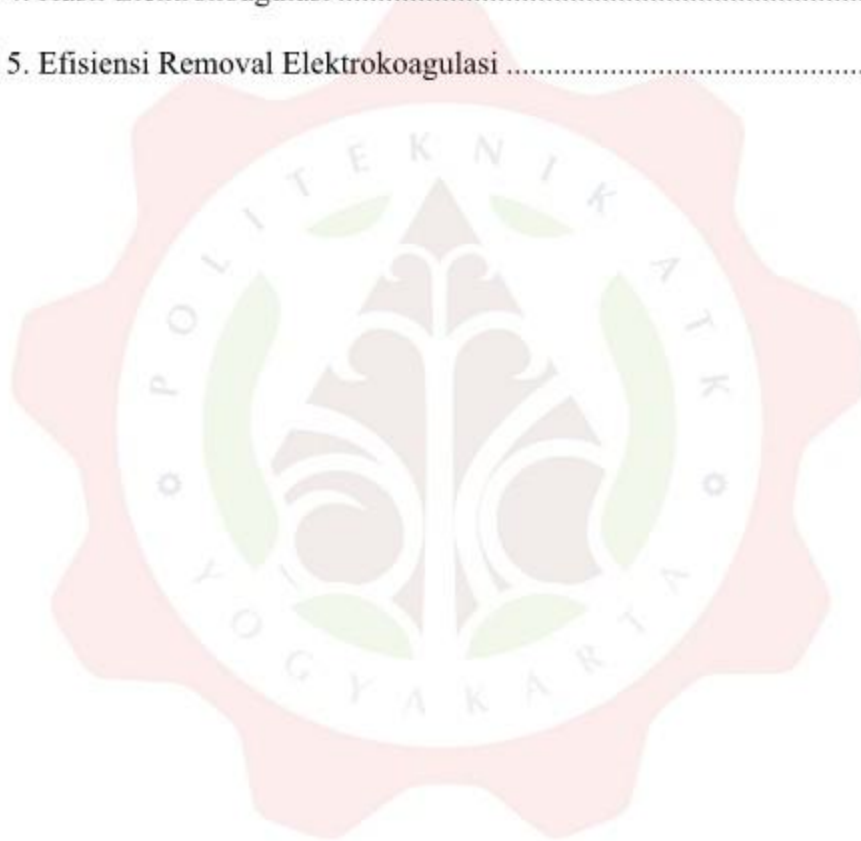
F. Logam Alumunium	19
G. Baku Mutu Air limbah Penyamakan Kulit.....	20
H. BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)	21
I. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	22
J. TSS (<i>Total Suspend Solids</i>).....	23
K. pH (<i>Potential Hydrogen</i>).....	24
BAB III MATERI DAN METODE KARYA AKHIR.....	25
A. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Magang	25
B. Materi Yang Diminati.....	25
C. Tahapan Penelitian	25
D. Pengambilan Sampel.....	26
1. Lokasi Pengambilan Sampel	26
2. Teknik Pengambilan Sampel.....	26
E. Eksperimen.....	27
1. Bahan Eksperimen	27
2. Desain Reaktor	28
3. Desain Eksperimen.....	29
4. Prosedur Eksperimen	31
F. Analisis Data	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
A. Hasil Eksperimen	33
B. Pembahasan.....	36
1. Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Kontak terhadap kadar COD.....	37
2. Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Kontak terhadap Kadar BOD.....	42
3. Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Kontak terhadap kadar TSS	45
4. Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Kontak terhadap pH	49
BAB V KESIMPULAN	52

A. Kesimpulan	52
B. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	56



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Penyamakan Kulit.....	20
Tabel 2. Variasi Elektrokoagulasi.....	30
Tabel 3. Hasil Koagulasi Konvensional	33
Tabel 4. Hasil Elektrokoagulasi	34
Tabel 5. Efisiensi Removal Elektrokoagulasi	36



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Susunan Elektroda Pararel	14
Gambar 2. Mekanisme Proses Elektrokoagulasi.....	15
Gambar 3. Kenampakan Atas Reaktor	29
Gambar 4. Kenampakan Samping Reaktor.....	29
Gambar 5. Visual Hasil Elektrokoagulasi 3 Volt.....	35
Gambar 6. Visual Hasil Elektrokoagulasi 9 Volt	35
Gambar 7. Visual Hasil Elektrokoagulasi 12 Volt.....	35
Gambar 8. Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Kontak terhadap kadar COD.....	37
Gambar 9. Pengaruh Tegangan dan Waktu Kontak terhadap Efisiensi <i>Removal</i> COD	41
Gambar 10. Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Kontak terhadap kadar BOD....	42
Gambar 11. Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Kontak terhadap Efisiensi <i>Removal</i> BOD	44
Gambar 12. Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Kontak terhadap kadar TSS	46
Gambar 13. Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Kontak terhadap Efisiensi <i>Removal</i> TSS.....	48
Gambar 14. Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Kontak terhadap kadar pH	49

INTISARI

Industri penyamakan kulit menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan organik dan anorganik yang tinggi, khususnya pada tahap finishing, sehingga berpotensi mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efisiensi *removal* proses elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS pada limbah cair *finishing* kulit di PT. XYZ Indonesia, serta menentukan kombinasi tegangan dan waktu kontak yang optimal. Proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium sebagai anoda dan besi sebagai katoda, dengan variasi tegangan 3 V, 9 V, dan 12 V, serta waktu kontak 60, 120, dan 180 menit. Parameter yang dianalisis meliputi BOD, COD, TSS, dan pH. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi *removal* tertinggi pada tegangan 12 V selama 180 menit, dengan kadar akhir COD 85 mg/L (95,62%), BOD 48,2 mg/L (94,93%), dan TSS 31 mg/L (89,12%). Nilai pH akhir berada pada kisaran netral (7–7,6) dan memenuhi baku mutu sesuai Permen LHK No. 5 Tahun 2014. Hasil ini menunjukkan bahwa elektrokoagulasi efektif dan berpotensi menjadi teknologi pengolahan limbah cair *finishing* kulit yang efisien dan ramah lingkungan di industri penyamakan.

Kata kunci: elektrokoagulasi, limbah cair *finishing* kulit, tegangan listrik, waktu kontak, efisiensi *removal*, BOD, COD, TSS

ABSTRACT

The leather tanning industry produces wastewater with high concentrations of organic and inorganic substances, particularly during the finishing stage, which poses a potential threat to the environment. This study aims to evaluate the efficiency removal of the electrocoagulation process in reducing BOD, COD, and TSS levels in finishing wastewater at PT. XYZ Indonesia, as well as to determine the optimal combination of voltage and contact time. Electrocoagulation was carried out using aluminum as the anode and iron as the cathode, with voltage variations of 3 V, 9 V, and 12 V, and contact times of 60, 120, and 180 minutes. Parameters analyzed included BOD, COD, TSS, and pH. The highest removal efficiency was obtained at 12 V for 180 minutes, resulting in final concentrations of COD at 85 mg/L (95.62%), BOD at 48.2 mg/L (94.93%), and TSS at 31 mg/L (89.12%). The final pH ranged from 7 to 7.6, meeting the quality standards stipulated in the Indonesian Ministry of Environment and Forestry Regulation No. 5 of 2014. These findings indicate that electrocoagulation is effective and has the potential to serve as an efficient and environmentally friendly wastewater treatment technology for the leather tanning industry.

Keywords: electrocoagulation, leather finishing wastewater, electric voltage, contact time, removal efficiency, BOD, COD, TSS

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri penyamakan adalah industri yang mengolah kulit mentah menjadi kulit jadi atau *leather finish* yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia sehari-hari seperti tas, jaket, sepatu, *furniture*, dan lain-lain. Industri penyamakan kulit termasuk salah satu industri penghasil limbah cair dengan kuantitas besar. Limbah cair industri penyamakan kulit merupakan salah satu masalah yang utama selama industri penyamakan kulit berlangsung karena menghasilkan bahan pencemar (Kuncoro dan Soedjono, 2022). Pada pelaksanaannya proses penyamakan kulit dilakukan melalui beberapa tahapan proses dan pada setiap tahapan proses memerlukan banyak bahan kimia dan air. menyatakan bahwa untuk memproses 1 ton kulit mentah akan dihasilkan 45-50 m³ limbah cair, sehingga industri ini sangat potensial menghasilkan limbah dan mencemari lingkungan apabila tidak dilakukan upaya penanganan limbahnya.

Dalam proses *finishing* kulit, berbagai bahan kimia digunakan untuk meningkatkan tampilan, ketahanan, dan kualitas kulit jadi. Namun, banyak dari bahan ini diketahui bersifat toksik dan berbahaya bagi kesehatan serta lingkungan. (Sivaram dan Barik, 2018) menjelaskan limbah cair dari industri *finishing* kulit mengandung berbagai zat kimia yang berpotensi mencemari lingkungan, seperti *binder*, garam amonia, pigmen dan pelarut organik,

sehingga memiliki karakter toksisitas yang tinggi dan sulit untuk diolah secara biologis. Bahan organik yang terkandung dalam limbah cair dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam limbah, serta menimbulkan bau yang tidak sedap, dan akan berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan yang beracun.

Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), dan *Total Suspended Solids* (TSS) menjadi indikator penting dalam menilai kualitas limbah cair. COD menunjukkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi seluruh bahan anorganik dan organik (baik yang dapat, maupun tidak dapat terurai secara biologis), sedangkan BOD mengukur oksigen yang diperlukan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang dapat terdegradasi secara biologis. Nilai BOD yang tinggi menandakan keberadaan bahan organik yang besar, yang dapat mengarah pada penurunan kadar oksigen terlarut, mengganggu kehidupan akuatik, dan mempercepat eutrofikasi perairan (Sulistia dan Septisya, 2020). Sementara itu, TSS mengukur jumlah padatan tersuspensi dalam limbah cair. TSS yang tinggi dapat menghalangi penetrasi cahaya, mengganggu fotosintesis organisme perairan, serta menyebabkan pendangkalan badan air. TSS memiliki dampak ekologis dan sosial-ekonomi yang besar, terutama di wilayah yang bergantung pada sungai sebagai sumber air dan mata pencaharian. Konsentrasi TSS yang tinggi sering kali dikaitkan dengan aktivitas antropogenik seperti pertanian intensif, erosi tanah, dan pembuangan limbah (Adjovu dkk., 2023). Oleh

karena itu, penurunan COD, BOD, dan TSS menjadi kunci dalam pengolahan limbah cair penyamakan kulit untuk memastikan kualitas efluen memenuhi baku mutu lingkungan.

Koagulasi adalah proses penambahan koagulan pada air baku yang menyebabkan terjadinya destabilisasi dari partikel koloid agar terjadi agregasi dari partikel yang telah terdestabilisasi tersebut. Dengan penambahan koagulan, kestabilan koloid dapat dihancurkan sehingga partikel koloid dapat menggumpal (Rachmawati dkk., 2009). Metode koagulasi seperti koagulasi-flokulasi kimia sering digunakan dalam pengolahan limbah industri, tetapi memiliki beberapa kekurangan, seperti penggunaan bahan kimia dalam jumlah besar. Oleh karena itu perlu dilakukan alternatif yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Elektrokoagulasi menjadi salah satu metode yang menjanjikan dalam pengolahan limbah dengan memanfaatkan reaksi yang terjadi dalam sel elektrokimia (Cañizares dkk., 2009). Elektrokoagulasi memiliki keunggulan dibanding koagulasi konvensional. Peralatan yang sederhana dan kemudahan otomatisasi merupakan beberapa keunggulan secara teknis. Proses ini juga tidak memerlukan penambahan bahan kimia, dan jumlah koagulan yang diberikan dapat dengan mudah dikendalikan dengan mengatur arus listrik yang diterapkan, dalam hal ini konsumsi listrik dapat ditekan dengan penggunaan sumber energi melalui panel surya, turbin angin. (Cañizares dkk., 2009) Sehingga hal ini sejalan dengan penerapan *green industry* (industri hijau).

Penelitian yang dilakukan oleh Wardhani dkk. (2012) menunjukkan bahwa elektrokoagulasi mampu menurunkan kadar COD dan BOD₅ hingga lebih dari 96%, yang secara langsung mengindikasikan eliminasi komponen zat pencemar pencetus bau dalam limbah penyamakan kulit.

PT. XYZ Indonesia, sebagai salah satu perusahaan di industri kulit menghadapi tantangan dalam mengolah limbah cair yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian mengenai penggunaan elektrokoagulasi dalam pengolahan limbah di perusahaan ini menjadi penting untuk mengevaluasi efisiensi *removal* pada teknologi yang digunakan di PT. XYZ Indonesia. PT. XYZ Indonesia dalam sistem pengolahan limbah menggunakan PAC dan kapur pada proses koagulasi- flokulasinya, PT. XYZ Indonesia minimal, 25.000 *sqft* setiap harinya kulit diproduksi dengan bahan baku kulit *crust*, dan menghasilkan air limbah lebih dari 30 m³ dalam produksi mingguannya.

Karya akhir ini bertujuan untuk menganalisis sejauh mana elektrokoagulasi dapat mengurangi parameter pencemaran dalam limbah cair kulit di PT XYZ Indonesia. Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis tertarik untuk membuat karya akhir yang berjudul “ **PENGARUH TEGANGAN LISTRIK DAN LAMA WAKTU KONTAK ELEKTROKOAGULASI TERHADAP EFISIENSI *REMOVAL* BOD, COD, DAN TSS LIMBAH CAIR *FINISHING* KULIT DI PT. XYZ INDONESIA**”.

B. Rumusan Masalah

1. Seberapa tinggi efisiensi *removal* elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS pada limbah cair *finishing* kulit?
2. Bagaimana pengaruh variasi tegangan listrik (3V, 9V, dan 12V) serta waktu kontak (60, 120, dan 180 menit) terhadap efisiensi *removal* BOD, COD, dan TSS?
3. Kombinasi tegangan listrik dan waktu kontak manakah yang paling optimal dalam menghasilkan efisiensi *removal* BOD, COD, dan TSS?

C. Tujuan Karya akhir

Dengan adanya permasalahan ini, karya akhir ini dilakukan untuk menganalisis sejauh mana elektrokoagulasi dapat menjadi salah satu solusi bagi industri penyamakan kulit. Secara lebih spesifik, karya akhir ini memiliki beberapa tujuan utama :

1. Menganalisis efektivitas proses elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS pada limbah cair *finishing* kulit
2. Mengetahui pengaruh variasi tegangan listrik (3V, 9V, dan 12V) dan waktu kontak (60, 120, dan 180 menit) terhadap efisiensi *removal* proses elektrokoagulasi.
3. Menentukan kombinasi tegangan listrik dan waktu kontak yang paling optimal dalam menghasilkan efisiensi *removal* BOD, COD, dan TSS.

D. Manfaat Karya akhir

Karya akhir mengenai penggunaan koagulasi dalam mengolah limbah cair *finishing* di PT. XYZ Indonesia diharapkan dapat memberikan manfaat, baik dari segi akademis maupun praktis.

1. Menambah wawasan ilmiah mengenai efektivitas elektrokoagulasi dalam pengolahan limbah industri kulit.
2. Mendorong penerapan teknologi pengolahan limbah yang lebih ramah lingkungan.
3. Memberikan alternatif solusi pengolahan limbah yang lebih efisien bagi PT. XYZ indonesia.
4. Mengurangi ketergantungan pada metode konvensional.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Industri Penyamakan Kulit

Penyamakan merupakan proses yang dilakukan pada kulit mentah dengan menggunakan bahan penyamak tertentu sehingga kulit mentah tersebut menjadi kulit tersamak (Purwaningsih, 2016). Industri penyamakan kulit tergolong industri kimia karena proses produksi penyamakan kulit hampir 90% menggunakan bahan-bahan kimia. Proses tersebut terdiri dari perendaman (*soaking*), buang bulu (*unhairing*), pengapuran (*liming*), penghilangan kapur (*deliming*), pengikisan protein (*bating*), penghilangan lemak (*degreasing*), pengasaman (*pickling*), dan penyamakan (*tanning*), pasca *tanning*, *finishing* (Yuliatmo dan Udkhiyati, 2020).

1. tahapan Pertama pada proses penyamakan kulit yakni *beamhouse operation* (BHO). Menurut Covington (2009), *Beamhouse* adalah tahap awal dalam proses penyamakan kulit yang mencakup semua proses sebelum tahapan *tanning* (penyamakan). Tujuan utama dari *beamhouse* adalah mempersiapkan dan memurnikan *pelt* (kulit mentah) agar siap disamak. menjelaskan lebih lanjut bahwa proses *beamhouse* memiliki dua komponen utama yakni penghilangan komponen non-kolagen, membuka struktur serat pada tingkatan bundel fibril untuk memisahkan dan merenggangkannya.

2. *Tanning* atau Penyamakan merupakan salah satu tahapan dari proses penyamakan dimana *tanning* bertujuan untuk menghentikan laju pembusukan kulit dengan memantapkan protein oleh agensia penyamak pada tempat yang reaktif (Setiawan dkk., 2015). Industri penyamakan kulit sebagian besar masih menggunakan bahan penyamak mineral terutama jenis krom sebagai bahan penyamak utama, karena kulit yang disamak menggunakan krom memiliki hasil yang sangat fleksibel, lentur, lemas, supel dan yang paling menonjol adalah kulit samak krom memiliki ketahanan hidrotermal panas yang tinggi, serta dapat diaplikasikan kepada semua artikel kulit terutama untuk kulit yang memerlukan tingkat kelembasan tinggi seperti sarung tangan, garmen, *upholstery* dan lainnya.
3. Setelah proses penyamakan utama, kulit masih memerlukan perlakuan lanjutan yang disebut *post-tanning*, yang mencakup *retanning*, *dyeing*, dan *fatliquoring*. *Retanning* bertujuan untuk meningkatkan stabilitas kulit serta menyesuaikan kelembutan dan sifat mekanisnya. Pewarnaan dilakukan untuk memberikan warna yang merata dan estetik, sementara *fatliquoring* berfungsi menjaga fleksibilitas dan kelembutan kulit dengan menambahkan pelumas. Tahapan ini sangat penting karena menentukan kualitas akhir kulit sebelum digunakan dalam berbagai industri, seperti mode, otomotif, dan furnitur (Covington, 2009).

4. *Finishing* adalah tahap akhir dalam proses produksi kulit yang bertujuan untuk meningkatkan tampilan, tekstur, dan daya tahan kulit. Menurut Covington (2009), proses ini dilakukan setelah penyamakan dan *post-tanning* untuk memberikan perlindungan tambahan serta memperbaiki kualitas estetika kulit. Pada tahap *finishing*, berbagai teknik diterapkan, seperti aplikasi lapisan pelindung, pewarnaan ulang, dan *embossing*. Lapisan pelindung digunakan untuk meningkatkan ketahanan terhadap abrasi, air, dan bahan kimia, sementara pewarnaan tambahan dapat dilakukan untuk menyempurnakan warna dan keseragaman tampilan kulit. Selain itu, *embossing* atau pemolesan dilakukan untuk menciptakan tekstur tertentu sesuai dengan kebutuhan industri (Covington, 2009).

B. Air Limbah

Air limbah atau air buangan merupakan air yang dibuang ke suatu saluran air yang berasal dari rumah tangga, industri ataupun sisa dari usaha dan kegiatan yang berwujud cair. Berdasarkan dari sumbernya, limbah cair digolongkan menjadi tiga jenis utama yakni limbah cair domestik, industri, dan perkotaan. Limbah cair domestik berasal dari aktivitas rumah tangga, seperti air bekas dari kamar mandi dan dapur (Wulandari, 2014). Sementara itu, limbah cair industri dihasilkan dari proses produksi di pabrik dan sering kali mengandung zat berbahaya yang bisa mencemari lingkungan serta mengancam kesehatan makhluk hidup, termasuk manusia. Sedangkan limbah cair kota praja

berasal dari kawasan perkotaan, seperti hotel, rumah makan, dan tempat umum lainnya. Kandungan zat di dalamnya umumnya mirip dengan limbah rumah tangga (Dahruji dkk., 2016).

Karakteristik limbah cair terdiri dari karakteristik fisika, kimia dan biologi. Karakteristik fisik limbah cair meliputi temperatur, bau, warna, dan padatan. Temperatur menunjukkan derajat atau tingkat panas air limbah yang ditunjukkan ke dalam skala. Adanya bau yang lain pada air limbah, menunjukkan adanya komponen lain dalam air tersebut. Warna biasanya disebabkan oleh adanya materi *dissolved*, *suspended*, dan senyawa-senyawa koloid, yang dapat dilihat dari spektrum warna yang terjadi. Padatan yang terdapat di dalam air limbah dapat diklasifikasikan menjadi *floating*, *settleable*, *suspended* atau *dissolved*, berbau menyengat, dan kontaminan akan membuat air menjadi keruh (Indrayani dan Rahmah, 2018).

Karakteristik kimia meliputi *chemical oxygen demand* (COD), pH, dan DO. Nilai COD merupakan banyaknya oksigen dalam mg/L yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi. Dissolved oxygen (DO) merupakan sebuah ukuran banyaknya kandungan oksigen yang terlarut dalam air. Nilai pH merupakan indikator untuk menunjukkan derajat keasaman dalam perairan (Indrayani dan Rahmah, 2018).

Karakteristik biologi, mikroorganisme ditemukan dalam jenis yang sangat bervariasi hampir dalam semua bentuk air limbah, biasanya dengan konsentrasi 105-108 organisme/mL. Keberadaan bakteri dalam unit pengolahan

air limbah merupakan kunci efisiensi proses biologis (Indrayani dan Rahmah, 2018).

C. Limbah Penyamakan Kulit

Limbah industri penyamakan kulit merupakan masalah serius di antara limbah pencemar industri lainnya karena merupakan campuran yang kompleks dengan komposisi yang sulit diketahui secara tepat (Lasindrang dkk., 2014). Pencemaran yang terjadi antara lain disebabkan oleh bahan-bahan kimia yang digunakan dalam tahapan proses yang tidak diserap dengan sempurna oleh kulit yang diolah, sehingga limbah yang timbul pada proses basah masih mengandung sisa-sisa bahan kimia dalam jumlah yang cukup besar.

Berdasarkan hasil pengamatan Hartanti dkk (2014), limbah cair penyamakan kulit berwarna coklat kehitaman dan keruh serta berbau busuk. Limbah ini memiliki suhu yang cukup tinggi yaitu sebesar 25.8 °C, selain itu juga mempunyai nilai oksigen terlarut yang rendah yaitu sebesar 0.87 mg/L. Limbah cair penyamakan kulit bersifat basa karena nilai derajat keasaman dari limbah cair penyamakan kulit sebesar 12.48. Konsentrasi krom dalam limbah cair penyamakan kulit tergolong cukup tinggi, yaitu 2.71 mg/L, hal ini disebabkan karena hampir sebagian besar proses penyamakan kulit menggunakan chromium dioksida pada proses *chrome tanning*. Selain kromium, limbah industri dari sektor penyamakan kulit mengandung berbagai zat lain, termasuk protein yang telah mengalami koagulasi, garam amonia,

asam amino. Limbah ini juga mengandung zat pengikat yang berbasis resin fenol formaldehida dan senyawa akrilik, pewarna baik yang bersifat asam maupun basa, serta pengikat berbasis kasein dan protein. Komponen lain dalam limbah ini mencakup pigmen, zat aktif permukaan, dan berbagai jenis pelarut. Semua ini hanyalah sebagian dari berbagai bahan yang terdapat dalam limbah industri *finishing* kulit (Sivaram dan Barik, 2018).

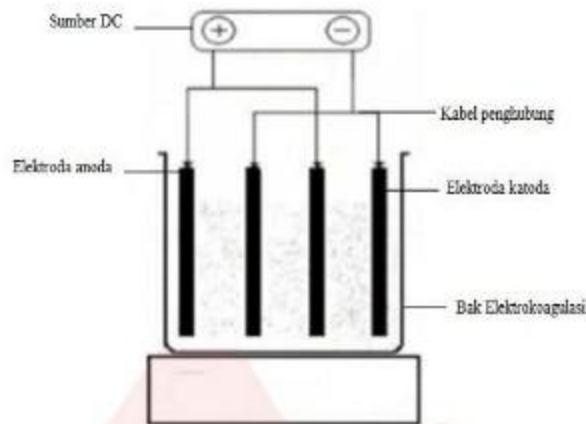
Dalam proses *finishing* kulit, berbagai bahan kimia digunakan untuk meningkatkan tampilan, ketahanan, dan kualitas kulit jadi. Namun, banyak dari bahan ini diketahui bersifat toksik dan berbahaya bagi kesehatan serta lingkungan. Misalnya, *nonyl phenol*, yang digunakan sebagai bahan *finishing*, bersifat sangat persisten di lingkungan dan meniru hormon estrogen, sehingga penggunaannya dibatasi hingga maksimal 0,1% dalam produk akhir. Biocides seperti *methyl-isothiazolinone* (MIT) dan *chlorisothiazolinone* (CIT) sering ditambahkan ke bahan *finishing* berbasis air untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme, tetapi kombinasi keduanya dapat menyebabkan iritasi kulit (Sivaram dan Barik, 2018).

Bahan kimia lain yang digunakan adalah *o-phenyl phenol* (OPP) yang dilarang karena sifatnya yang karsinogenik, serta *N-methyl pyrrolidone* (NMP) yang berperan sebagai plastisizer dan agen pembasah namun diklasifikasikan sebagai racun bagi sistem reproduksi. Formaldehida, yang umum digunakan sebagai pengikat silang dalam lapisan atas kulit (*top coat*), juga termasuk bahan berbahaya karena sifat karsinogeniknya. Untuk memberikan warna yang

tahan lama dan cerah, finishing kulit sering menggunakan pigmen anorganik seperti timbal kromat dan kadmium sulfat. Sayangnya, kedua bahan ini adalah logam berat beracun. Selain itu, zat warna azo sintetis juga umum digunakan sebagai pewarna, tetapi beberapa jenisnya dapat menghasilkan amina aromatik yang bersifat karsinogenik dan alergenik, Senyawa organotin seperti *dibutyltin* digunakan sebagai katalis finishing, tetapi dapat tercemar oleh *tributyltin*, yang sangat toksik dan memiliki efek hormonal (Sivaram dan Barik, 2018).

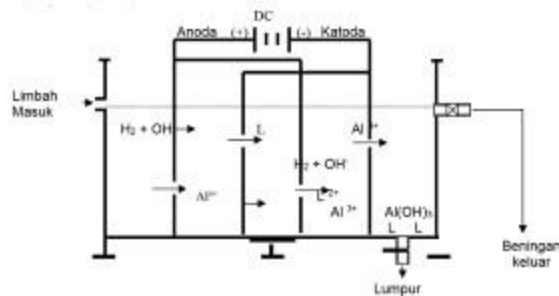
D. Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi merupakan gabungan dari proses elektrokimia dan proses flokulasi-koagulasi. Proses elektrokoagulasi pada prinsipnya berdasarkan pada proses sel elektrolisis. Sel elektrolisis merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi listrik DC (*direct current*) untuk menghasilkan reaksi elektrodik. Setiap sel elektrolisis mempunyai dua elektroda, katoda dan anoda. Salah satu Jenis elektroda yang digunakan adalah elektroda aluminium yang berperan sebagai sumber ion Al^{3+} di anoda dan berfungsi sebagai koagulan dalam proses koagulasi-flokulasi yang terjadi di dalam sel tersebut. Sedangkan di katoda terjadi reaksi katodik dengan membentuk gelembung-gelembung gas hidrogen yang berfungsi untuk menaikkan flok-flok tersuspensi yang tidak dapat mengendap di dalam sel (Hanum dkk., 2015).



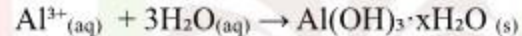
Gambar 1. Susunan Elektroda Pararel (Prayitno dkk., 2017)

Elektroda disusun paralel berarti arus dibagi di antara semua elektroda, sehingga tegangan yang dibutuhkan lebih rendah dibandingkan rangkaian seri (Prayitno dkk., 2017). Prinsip dasar elektrokoagulasi adalah reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). Dalam suatu sel elektrokoagulasi peristiwa oksidasi terjadi di anoda, sedangkan reduksi terjadi di katoda. Dalam reaksi elektrokoagulasi selain elektroda juga melibatkan air yang diolah yang berfungsi sebagai larutan elektrolit (Hanum dkk., 2015). Proses elektrokoagulasi pada prinsipnya berdasarkan pada proses sel elektrolisis. Sel elektrolisis merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi listrik DC (*direct current*) untuk menghasilkan reaksi elektrodik. Setiap sel elektrolisis mempunyai dua elektroda, katoda dan anoda.

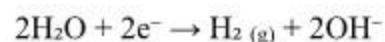


Gambar 2. Mekanisme Proses Elektrokoagulasi (Prayitno dkk., 2017)

Dalam sistem elektrokoagulasi, aluminium digunakan sebagai anoda dan besi (Fe) sebagai katoda. Proses elektrolisis ini melibatkan reaksi elektrokimia yang berlangsung secara serentak pada kedua elektroda. Pada elektroda anoda, logam aluminium mengalami oksidasi:



Reaksi ini menyebabkan logam aluminium larut, menghasilkan ion Al^{3+} . Ion aluminium yang terbentuk kemudian mengalami reaksi hidrolisis dalam air, membentuk senyawa tak larut berupa endapan $\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Reaksi ini berperan penting sebagai koagulan, yaitu zat yang mampu mengikat partikel-partikel tersuspensi dalam air limbah sehingga dapat menggumpal dan mengendap melalui proses koagulasi-flokulasi. Proses ini memungkinkan kontaminan dalam air limbah untuk terpisah dan mengendap secara alami (Hanum dkk., 2015). Sementara itu, pada elektroda katoda (dalam hal ini besi), berlangsung reaksi reduksi air:



Reaksi ini menghasilkan gas hidrogen (H_2) dan ion hidroksida (OH^-). Ion OH^- yang terbentuk dapat bereaksi lebih lanjut dengan ion logam untuk membentuk senyawa seperti $Al(OH)_3$ atau $Fe(OH)_3$, tergantung pada kondisi larutan. Proses elektrokoagulasi memiliki kemampuan untuk menyesuaikan nilai pH larutan akibat reaksi yang terjadi pada elektroda, khususnya di katoda. Pada katoda aluminium, berlangsung reaksi reduksi yang menghasilkan ion OH^- . Kedua ion ini kemudian bereaksi membentuk molekul air. Peningkatan tegangan listrik dalam proses ini akan memperbesar jumlah ion H^+ dan OH^- yang dihasilkan, sehingga semakin banyak air terbentuk. Jika larutan awal bersifat asam, reaksi ini dapat meningkatkan pH menuju kondisi netral. Sebaliknya, jika larutan awal bersifat basa, reaksi tersebut juga dapat menurunkan pH ke arah netral. Dengan demikian, elektrokoagulasi mampu menstabilkan pH limbah cair menuju kondisi netral melalui pembentukan air dari reaksi reduksi (Amri dkk., 2020).

Efektivitas elektrokoagulasi dalam pengolahan air limbah sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor operasional yang saling berkaitan, menurut Saputra (2018), seperti kerapatan arus, waktu, tegangan, pH, ketebalan elektroda, dan jarak antar elektroda. Kerapatan arus listrik menentukan jumlah koagulan yang terbentuk semakin tinggi arus, semakin cepat terbentuknya flok untuk menangkap polutan. Durasi proses (waktu kontak) juga penting, sesuai hukum Faraday, makin lama waktu, makin banyak ion logam yang dilepaskan, sehingga efisiensi penurunan polutan seperti COD meningkat. Tegangan listrik

menciptakan beda potensial untuk mengalirkan arus. Karena hambatan pada larutan lebih besar dari logam, tegangan harus disesuaikan dengan kondisi medium. Efisiensi pengendapan polutan sangat dipengaruhi oleh kisaran pH larutan yang optimal, yaitu antara 6,5 hingga 7,5, karena dalam rentang ini bentuk dan kelarutan koagulan berada pada kondisi terbaik. Selain itu, ketebalan elektroda turut menentukan luas permukaan aktif dan kemampuan pelepasan ion logam, semakin tebal elektroda, semakin besar efek koagulasi yang ditimbulkan, semakin besar potensi pembentukan koagulan. Jarak antar elektroda harus diatur optimal jarak yang terlalu jauh meningkatkan hambatan dan menurunkan efisiensi arus. Optimalisasi keenam faktor ini akan meningkatkan efektivitas elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar polutan pada air limbah secara maksimal dan efisien.

E. Kelebihan dan Kekurangan Elektrokoagulasi

Kelebihan proses penanganan limbah oleh elektrokoagulasi antara lain menurut Hernaningsih (2016), flok yang dibuat oleh elektrokoagulasi tersebut identik dengan flok yang dibuat oleh koagulasi umum, kecepatan meredam kadar koloid/partikel terbesar, karena penyaluran listrik ke dalam cairan akan mempercepat pertukaran kolodi/partikel dalam cairan, gelembung-gelembung udara yang berhasil dibuat dalam proses elektrokoagulasi tersebut mampu mengangkat limbah ke permukaan cairan oleh karena itu berpotensi menjadi

alternatif solusi. Kekurangan dari proses elektrokoagulasi dalam pengolahan limbah:

1. Tidak dapat digunakan untuk mengolah air limbah dengan sifat elektrolit yang tinggi karena berisiko terjadi hubungan singkat antar elektroda.
2. Efektivitas reduksi logam berat sangat bergantung pada:
 - a) Besar kecilnya arus atau tegangan listrik searah pada elektroda.
 - b) Luas atau sempitnya bidang kontak elektroda.
 - c) Jarak antar elektroda.
3. Penggunaan listrik dalam proses ini dapat menimbulkan biaya operasional yang cukup tinggi.
4. Batangan anoda mudah mengalami korosi sehingga perlu sering diganti, menambah biaya dan perawatan.

Pasivasi elektroda, khususnya elektroda aluminium, telah banyak diamati dan diakui merugikan kinerja reaktor. Pembentukan lapisan penghambat ini, biasanya oksida pada permukaan elektroda, akan mencegah pelarutan logam dan transfer elektron, sehingga membatasi penambahan koagulan ke dalam larutan. Seiring waktu, ketebalan lapisan ini meningkat, mengurangi efektivitas proses elektrokoagulasi (Huijuan dkk., 2010).

F. Logam Alumunium

Aluminium adalah salah satu elektroda yang sangat umum digunakan dalam sistem elektrokoagulasi karena nilai konduktivitasnya masih relatif tinggi dan oleh karena itu diduga baik untuk membawa muatan-muatan listrik dalam reaksi tersebut (Yulianto dkk., 2009). Proses elektrokoagulasi melibatkan logam aluminium yang menghasilkan ion Al^{3+} untuk ditambahkan ke limbah sebagai koagulan. Jika proses kimia sebagai koagulannya berupa kation aluminium hasil elektrokoagulasi maka *sludge* yang dihasilkan secara teoritis lebih kecil dibandingkan dengan koagulan aluminium sulfat pada reaksi dengan surfaktan. Hasil *sludge* juga lebih aman karena tidak mengandung sulfat atau klorida, sehingga lebih mudah penanganannya dibanding dengan memakai koagulan aluminium sulfat atau *polyaluminium chlorida* (PAC). Besar kecilnya ion Al^{3+} yang dihasilkan dari elektrolis logam aluminium sangat tergantung pada besar kecilnya sifat elektrolit limbah termasuk TSS, sulfat dan klorida dari limbah yang diolah (Iswanto dkk., 2009).

Umumnya, besi digunakan dalam pengolahan air limbah dan aluminium digunakan dalam pengolahan air karena terdapat jumlah ion logam tertentu yang dibutuhkan untuk menghilangkan sejumlah polutan tertentu, dan

besi relatif lebih murah. Pelat aluminium juga dapat digunakan dalam pengolahan air limbah, baik sendiri maupun dikombinasikan dengan pelat besi karena efisiensi koagulasi Al yang tinggi. Jika terdapat ion Ca^{2+} atau Mg^{2+} dalam jumlah yang signifikan di dalam air, material katoda yang direkomendasikan adalah baja tahan karat (Huijuan dkk., 2010).

G. Baku Mutu Air limbah Penyamakan Kulit

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Penyamakan Kulit

Parameter	Proses Penyamakan Menggunakan Krom	
	Kadar Paling tinggi (mg/L)	Kadar Paling tinggi (Kg/ton)
BOD ₅	50	2,0
COD	110	4,4
TSS	60	2,4
Krom total	0,60	0,024
Minyak dan Lemak	5,0	0,20
Nitrogen Total (sebagai N)	10	0,40
Amonia Total	0,5	0,02
Sulfida Total (sebagai S)	0,8	0,032
pH	6,0-9,0	

Baku mutu air limbah dari industri penyamakan kulit yang menggunakan krom, sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) Nomor 5 Tahun 2014. Parameter-parameter yang tercantum mencakup batas maksimum konsentrasi berbagai zat pencemar yang diperbolehkan dalam limbah cair, baik dalam satuan mg/L (konsentrasi dalam air limbah) maupun dalam kg/ton bahan baku (berdasarkan beban pencemar per ton kulit yang diproses). Baku mutu ini menjadi acuan penting untuk menilai sejauh mana proses pengolahan limbah yang dilakukan mampu menurunkan kadar polutan agar sesuai dengan ketentuan yang berlaku, sekaligus memastikan bahwa kegiatan industri tidak mencemari lingkungan perairan.

H. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD merupakan indikator untuk memperkirakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh suatu badan air dalam proses penguraian bahan organik yang terkandung di dalamnya. Parameter ini juga mencerminkan keberadaan bahan organik yang mudah terurai secara biologis (*biodegradable*) dalam air tersebut (Atima, 2015). BOD merupakan parameter yang paling banyak digunakan untuk mengukur tingkat pencemaran organik karena memberikan gambaran mengenai aktivitas biologis dalam perairan. Nilai BOD yang tinggi menandakan keberadaan bahan organik yang besar, yang dapat mengarah pada penurunan kadar oksigen terlarut, mengganggu kehidupan akuatik, dan mempercepat eutrofikasi perairan (Sulistia dan Septisya, 2020). Tahapan

proses penyamakan seperti *soaking*, *liming*, *tanning*, dan *finishing* masing-masing menghasilkan beban limbah yang berbeda. tahap *finishing* kulit menurut Sivaram dan Barik (2018), menghasilkan limbah cair dengan nilai BOD sebesar 0–2 kg per ton bahan mentah, lebih rendah dibandingkan *unhairing/liming* (28–45 kg/ton), namun tetap signifikan karena mengandung bahan organik kompleks seperti pelarut, resin, minyak, dan zat pewarna sintetis.

Zat kimia yang digunakan pada tahap *finishing* termasuk *azo dyes*, *phthalates* (DEHP, BBP, DBP), formaldehida, *nonylphenol*, *N-Methyl Pyrrolidone*, serta pigmen berbasis logam berat seperti *lead chromate*. Banyak dari bahan ini bersifat toksik, sulit terurai secara biologis, dan memberikan kontribusi langsung terhadap peningkatan BOD di air limbah (Sivaram dan Barik, 2018).

I. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) atau kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) merupakan ukuran jumlah oksigen, dalam satuan ppm atau mg/l, yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik dan anorganik secara kimia dalam kondisi tertentu. Pengujian COD bertujuan untuk mengetahui jumlah bahan organik dalam air limbah yang dapat diuraikan melalui reaksi kimia, biasanya menggunakan kalium dikromat dalam larutan asam. Nilai COD yang tinggi menunjukkan banyaknya zat organik dalam air, yang berpotensi mengurangi kadar oksigen terlarut dan membahayakan kehidupan akuatik.

(Ramayanti dan Amna, 2019). Ini disebabkan oleh proses penguraian bahan organik secara kimiawi menggunakan oksidator kuat berupa kalium bikromat dalam kondisi asam dan suhu tinggi, dengan bantuan katalisator perak sulfat. Dengan cara ini, semua jenis bahan organik, baik yang mudah terurai maupun yang kompleks dan sulit diuraikan akan mengalami proses oksidasi (Atima, 2013). sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah urai maupun yang kompleks dan sulit urai, akan teroksidasi. Dengan demikian, selisih nilai antara COD dan BOD memberikan gambaran besarnya bahan organik yang sulit urai yang ada di perairan (Yulis dkk., 2018).

J. TSS (*Total Suspend Solids*)

Total Suspended Solids (TSS) merupakan salah satu parameter penting dalam penilaian kualitas air yang mencerminkan jumlah partikel padat tak terlarut yang melayang dalam kolom air, seperti sedimen, tanah liat, lumpur, dan materi organik maupun anorganik lainnya (Adjovu dkk., 2023).

TSS memiliki dampak ekologis dan sosial ekonomi yang besar, terutama di wilayah yang bergantung pada sungai sebagai sumber air dan mata pencaharian. Konsentrasi TSS yang tinggi sering kali dikaitkan dengan aktivitas antropogenik seperti pertanian intensif, erosi tanah, dan pembuangan limbah (Adjovu dkk., 2023).

Tingginya konsentrasi total padatan tersuspensi atau TSS dalam perairan dapat menghambat proses fotosintesis pada tumbuhan laut, baik yang berukuran mikro maupun makro (Jiyah dkk., 2017). Akibatnya, jumlah oksigen

yang dihasilkan oleh tumbuhan tersebut menurun, sehingga dapat menyebabkan kematian ikan dan organisme akuatik lainnya. Jika akumulasi TSS ini terus meningkat dan terbawa aliran sungai hingga ke laut dalam jangka waktu yang panjang, hal ini berpotensi menurunkan kualitas ekosistem perairan secara keseluruhan. TSS merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat kekeruhan air limbah.

K. pH (*Potential Hydrogen*)

Potential Hydrogen (pH) merupakan indikator yang menunjukkan konsentrasi ion hidrogen [H^+] dalam air. Keberadaan [H^+] sangat mempengaruhi berbagai proses kimia dan biologis. Oleh karena itu, pH menjadi salah satu parameter penting dalam menjaga kualitas air. Nilai pH digunakan untuk menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan dari suatu zat, larutan, atau material (Ramayanti dan Amna, 2019). Perubahan pH di suatu air sangat berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, maupun biologi dari organisme yang hidup di dalamnya. Skala pH berkisar antara 1-14.

BAB III

MATERI DAN METODE KARYA AKHIR

A. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Magang

Masa magang dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang ditetapkan oleh Program Studi Teknologi Pengolahan Kulit Politeknik ATK Yogyakarta yaitu:

Waktu : 11 November 2024 – 9 Mei 2025

Tempat : PT. XYZ Indonesia

Alamat : Kabupaten Bogor, Jawa Barat

B. Materi Yang Diminati

Materi yang diminati selama pelaksanaan magang di PT. XYZ Indonesia adalah proses pengolahan limbah cair, bahan kimia, *finishing* efek, peralatan dan mesin yang digunakan, serta serangkaian proses *finishing*.

C. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian mencakup langkah-langkah dalam pembuatan karya akhir dari awal hingga akhir. Adapun langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

1. Melakukan pengamatan, dan perizinan terhadap pihak terkait.
2. Mempelajari bahan bacaan atau teori yang digunakan dalam pembuatan karya akhir, melalui jurnal-jurnal, literatur, refrensi lapangan, serta referensi lainnya yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

3. Pengambilan Sampel. Sampel limbah diambil dari Sistem *Water waste treatment plant* di PT. XYZ Indonesia.
4. Sampel yang telah diambil diolah menggunakan elektrokoagulasi dengan variasi tegangan arus Listrik. Parameter uji meliputi BOD, COD, TSS, dan pH.
5. Hasil Pengujian dianalisis berdasarkan teori atau literatur yang didapat.
6. Penarikan Kesimpulan. Simpulan diambil berlandaskan analisis dan diperiksa kesesuaiannya dengan maksud dan tujuan dari penelitian.

D. Pengambilan Sampel

1. Lokasi Pengambilan Sampel

Proses observasi dan pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan pada IPAL PT. XYZ Indonesia yang berlokasi di Kabupaten Bogor, Jawa Barat.

2. Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel yang dilaksanakan dengan menggunakan metode pengambilan sampel sesaat (*grab sampling*) dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Sampel limbah cair diambil pada outlet *Water Waste Treatment Plant* PT. XYZ Indonesia Waktu pengambilan sampel dilakukan pada Hari Jumat. Pemilihan waktu tersebut dikarenakan aktivitas terakhir dalam produksi Mingguan di PT. XYZ indonesia.

- b. Sampel diambil dengan gelas plastik dan kemudian dimasukkan ke dalam sebuah jerigen sebanyak 9 liter.

E. Eksperimen

1. Bahan Eksperimen

a. Limbah cair penyamakan kulit

Spesifikasi : 9 liter

Kegunaan : Objek yang diteliti

b. *Power Supply*

Spesifikasi : Tegangan maksimal 24Volt kuat arus maks 4 ampere

Kegunaan :Sebagai sumber listrik plat elektroda

c. Bak Plastik

Spesifikasi : Ketebalan 5 mm ukuran 20 cm × 15 cm ×10 cm

Kegunaan :Sebagai media penampungan limbah

d. Plat Alumunium

Spesifikasi : Ketebalan 1 mm ukuran 10cm × 7cm

Kegunaan :Sebagai elektroda anoda

e. Plat Besi

Spesifikasi : Ketebalan 1 mm ukuran 10cm × 7cm

Kegunaan :Sebagai elektroda katoda

f. Kabel Penghubung dan aligator klip

Spesifikasi : 6 buah dengan panjang 1 meter

Kegunaan : Sebagai penghubung plat dengan *power supply*

g. Kardus

Spesifikasi : Panjang 30 cm

Kegunaan : Penutup Reaktor

h. Binder Klip

Spesifikasi : 6 Buah

Kegunaan : Sebagai penyangga plat elektroda

2. Desain Reaktor

Reaktor elektrokoagulasi terdiri dari wadah, plat dan *power supply*. Wadah reaktor elektrokoagulasi terbuat dari bahan plastik yang memiliki ketebalan 5 mm dengan ukuran 20 cm × 15 cm × 10 cm. Pemilihan material kaca dikarenakan kaca merupakan bahan yang transparan dan tidak menghantarkan listrik. Plat aluminium dan plat besi digunakan pada reaktor dengan ketebalan plat 1 mm dan ukuran plat adalah 10 cm × 7 cm pada masing-masing elektroda. Pemilihan material elektroda aluminium dan besi dikarenakan logam ini relatif murah, ketersediaan yang cukup banyak sehingga mudah didapat, tidak beracun serta terbukti efektif. Plat aluminium dan besi kemudian dihubungkan dengan *power supply* untuk mengalirkan aliran listrik terhadap plat elektroda. Reaktor elektrokoagulasi bersifat tertutup, yang disangga menggunakan klip dan kardus.



Gambar 3. Kenampakan Atas Reaktor



Gambar 4. Kenampakan Samping Reaktor

3. Desain Eksperimen

a. Variabel Penelitian

Adapun variabel pada penelitian ini terbagi menjadi dua jenis, di antaranya variabel bebas dan variabel terikat.

1). Variabel bebas

Variabel bebas adalah faktor yang sengaja diubah untuk mengetahui pengaruhnya terhadap perubahan kualitas limbah cair penyamakan kulit. Variabel bebas yang digunakan meliputi variasi tegangan listrik dan waktu kontak selama proses elektrokoagulasi.

Tegangan listrik yang diterapkan terdiri atas 3 volt, 9 volt, serta 12 volt, sedangkan waktu kontak yang digunakan adalah 60 menit, 120 menit, serta 180 menit. Variasi ini digunakan untuk melihat pengaruh terhadap parameter kualitas limbah cair.

Tabel 2. Variasi Elektrokoagulasi

Tegangan Listrik (volt)	Waktu Kontak (menit)
3	60 menit
	120 menit
	180 menit
9	60 menit
	120 menit
	180 menit
12	60 menit
	180 menit

2). Variabel terikat

Variabel terikat merupakan faktor yang diukur untuk mengetahui dampak variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini meliputi pengaruh terhadap nilai pH, penurunan nilai COD, BOD, serta TSS.

4. Prosedur Eksperimen

Adapun prosedur eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut :

- a. Sampel limbah cair penyamakan kulit dimasukkan kedalam reaktor elektrokoagulasi sebanyak 800 ml.
- b. Plat aluminium dan plat besi dipasang pada penyangga kardus dengan variasi 2,5 cm dan ditahan dengan klip kertas.
- c. Plat aluminium dan plat besi disambung dengan kabel yang terhubung dengan *power supply*.
- d. *Power supply* dinyalakan dengan variasi tegangan listrik dan waktu kontak 3 V, 9 V, 12 V dan 60, 120, 180 menit.
- e. Hasil pengolahan selanjutnya dipindahkan pada wadah pengendapan, lalu diendapkan selama 2 Jam
- f. Air limbah diambil pada setiap perlakuan untuk pengukuran pH, COD, BOD, dan TSS.

F. Analisis Data

Analisis dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar tingkat penurunan konsentrasi parameter COD, BOD, TSS setelah limbah cair melalui proses pengolahan. Dengan mengetahui efisiensinya, dapat ditentukan apakah sistem pengolahan tersebut layak diterapkan atau perlu dilakukan optimasi. Pengukuran efisiensi *removal* dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi Removal (\%)} = \left(\frac{\text{Kadar Awal} - \text{Kadar Akhir}}{\text{Kadar Awal}} \right) \times 100\%$$

Rumus ini digunakan untuk masing-masing parameter. Semakin tinggi persentase efisiensi *removal*, maka semakin baik kinerja sistem pengolahan limbah dalam mengurangi beban pencemaran.

