



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI PENYAMAKAN
KULIT DENGAN PROSES KOAGULASI-FLOKULASI DAN
ADSORPSI**

Crisda Yana
0321154000034

DOSEN PEMBIMBING:
Harmin Sulistiyaning Titah, ST., MT., Ph.D.

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI PENYAMAKAN
KULIT DENGAN PROSES KOAGULASI-FLOKULASI DAN
ADSORPSI**

Crisda Yana
0321154000034

DOSEN PEMBIMBING
Harmin Sulistiyaning Titah, ST., MT., Ph.D

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019



FINAL PROJECT - RE 184804

**LEATHER TANNERY INDUSTRY WASTEWATER
TREATMENT BY COAGULATION-FLOCCULATION AND
ADSORPTION PROCESS**

Crisda Yana
0321154000034

ADVISOR
Harmin Sulistiyaning Titah, ST., MT., Ph.D

Department of Environmental Engineering
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019

LEMBAR PENGESAHAN

**Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Dengan
Proses Koagulasi-Flokulasi dan Adsorpsi**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik**

pada

**Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Oleh:

CRISDA YANA

NRP. 03211540000034

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19750523 200212 2 001



Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit dengan Proses Koagulasi-Flokulasi dan Adsorpsi

Nama Mahasiswa : Crisda Yana
NRP : 03211540000034
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T.,
Ph.D.

ABSTRAK

Industri kulit adalah salah satu industri yang berkembang secara pesat. Produk tas, sepatu, dompet dan lain-lain yang berbahan dasar kulit terkenal memiliki kualitas yang baik. Salah satu proses dalam membuat produk kulit adalah proses penyamakan. Air limbah dari proses penyamakan memiliki kandungan zat pencemar yang tinggi. Untuk mencegah pencemaran yang berasal dari kegiatan penyamakan maka air limbah harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Salah satu rangkaian proses yang dapat digunakan adalah proses koagulasi-flokulasi dan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif karena mampu menurunkan zat pencemar dengan baik, tidak memerlukan lahan yang luas, ekonomis dan mudah diimplementasikan. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan dosis optimum koagulan FeCl_3 dan PAC dalam proses koagulasi-flokulasi untuk menyisihkan parameter penurunan COD, kekeruhan dan warna. Tujuan kedua adalah menentukan efisiensi COD, kekeruhan dan warna dalam proses adsorpsi secara resirkulasi menggunakan dosis karbon aktif optimum dan air limbah yang telah melalui proses koagulasi-flokulasi.

Variabel dalam penelitian ini yakni dosis koagulan FeCl_3 dan PAC. Proses koagulasi-flokulasi dilakukan menggunakan *jar test* dengan kecepatan pengadukan cepat 250 rpm (1 menit) dan pengadukan lambat 60 rpm (10 menit). Parameter yang diukur adalah COD, kekeruhan dan warna. Metode yang digunakan untuk mengukur COD adalah metode *Open Reflux*, kekeruhan dengan metode Nephelometri dan warna adalah metode Spektrofotometri. Model persamaan Langmuir dan Freundlich digunakan untuk menggambarkan isoterm proses biosorpsi yang terjadi. Selain itu,

didapatkan keadaan adsorben sebelum dan setelah proses adsorpsi terjadi dengan SEM.

Hasil dari penelitian didapatkan dosis optimum koagulan FeCl_3 adalah 0,8 g/L dan *coagulant aid* PAC adalah 0,8 g/L. Dosis karbon aktif optimum dan air limbah yang telah melewati proses koagulasi-flokulasi digunakan untuk penelitian secara resirkulasi. Dari percobaan tersebut didapatkan hasil penelitian sementara bahwa karbon aktif jenuh pada waktu 500 menit. Efisiensi penyisihan terbesar parameter COD adalah 38%, kekeruhan adalah 92% dan warna adalah 60%.

Kata Kunci:adsorpsi,karbon aktif, koagulasi-flokulasi, penyamakan kulit, resirkulasi

Leather Tannery Industry Wastewater Treatment by Coagulation-Flocculation and Adsorption Process

Name of Student : Crisda Yana
Student ID : 03211540000034
Study Programme : Environmental Engineering
Supervisor : Harmin Sulistiyaning Titah, S.T.,
M.T., Ph.D.

ABSTRACT

The leather industry is one of the most significantly growing industries. Products such as bags, shoes, wallets and others made from leather are known to have good quality. One of the processes in producing leather product is the tanning process. Wastewater from the tanning process is proven to contain a high pollutant concentration. To prevent pollution from tanning activities, wastewater must be treated before being discharged to the environment. The process that can be used is coagulation-flocculation process and followed by adsorption process using activated carbon because it is effective to reduce pollutant, it doesn't require extensive land, it is economically friendly and easy to be applied. The purpose of this study is to determine the optimum dosage of FeCl_3 and PAC as coagulant in coagulation-flocculation process to remove COD, turbidity and color. Another purpose is to determine the efficiency of COD, turbidity and color removal in adsorption process by recirculation experiments using optimum dosage of activated carbon to treat the wastewater that has been treated by coagulation-flocculation process.

The variables used in this study are FeCl_3 and PAC coagulant optimum dosage. Coagulation-flocculation process was done using jar test with the flash mix speed of 250 rpm (1 minute) and slow mix speed of 60 rpm (10 minutes). The parameters measured are COD, turbidity and color. The method used to measure COD was Opened Reflux method, Nephelometry method for turbidity is and spectrophotometry method for color. The Langmuir and Freundlich equation models were used to describe the isotherm of the biosorption process that occurred. In addition, the condition of the adsorbent before and after the adsorption process was observed by SEM.

The results of the study showed that the optimum dosage of FeCl_3 coagulant was 0,8g/L and PAC coagulant aid was 0,8g/L. The optimum dosage of activated carbon and wastewater that had been process with coagulation-flocculation process was used for the recirculation experiment. The results also showed that the activated carbon became saturated at 500 minutes. The highest removal efficiency of COD was 39%, turbidity was 92%, and color was 60%

Key Words: activated carbon, adsorption, coagulation-flocculation, tannery, recirculation

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit dengan Proses Koagulasi-Flokulasi dan Adsorpsi”**. Laporan ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan dari mata kuliah “Tugas Akhir (TA)” yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir (TA), terima kasih karena telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan masukan dan pengarahan selama proses pembuatan TA.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoediharjo, M.ScEs., Ibu Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc., Ibu Dr. Ir. Ellina Pandebesie, M.T. dan Ibu Bieby Voijant Tangahu, S.T.,M.T.selaku dosen pengarah
3. Teman-teman Teknik Lingkungan 2015 atas bantuan dan motivasinya selama proses pelaksanaan tugas akhir ini
4. Aprilia Widia Andini, Shafira Firdaus dan Theresia Reta atas segala dukungan dan bantuan yang telah diberikan
5. Yeremia Bangkit atas segala dukungan dan bantuan yang diberikan
6. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas dukungan serta kerjasama yang telah diberikan.

Serta tak lupa saya ucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada kedua orang tua dan keluarga yang telah membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penyusunan Tugas Akhir ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	I
ABSTRACT	III
KATA PENGANTAR.....	V
DAFTAR ISI.....	VII
DAFTAR GAMBAR.....	XI
DAFTAR TABEL.....	XIII
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Ruang Lingkup	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Industri Kulit	7
2.2 Proses Penyamakan Kulit.....	7
2.3 Karakteristik Air Limbah secara Umum.....	12
2.4 Parameter Uji	12
2.5 Koagulasi-Flokulasi.....	14
2.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Koagulasi Flokulasi 15	
2.7 Pengadukan.....	16
2.8 Koagulan	17
2.9 Karbon Aktif.....	19
2.10 Adsorpsi	20
2.11 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi.....	21

2.12	Sistem Batch	22
2.13	Sistem Resirkulasi.....	23
2.14	Teori <i>Isotherm</i> Adsorpsi	23
2.15	Pengertian Pengujian SEM	26
BAB III METODE PENELITIAN		29
3.1	Metode Penelitian.....	29
3.2	Kerangka Penelitian	31
3.2.1	Survei Pendahuluan dan Informasi	31
3.2.2	Ide Penelitian	32
3.2.3	Penentuan Variabel dan Parameter	32
3.2.4	Pengumpulan Data.....	32
3.2.5	Pelaksanaan Penelitian	33
3.2.6	Penelitian Pendahuluan.....	33
3.2.7	Penelitian Utama	40
3.2.8	Analisis Data dan Pembahasan	44
3.2.9	Kesimpulan dan Saran	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		47
4.1	Karakteristik Limbah Penyamakan Kulit.....	47
4.2	Penelitian Pendahuluan	47
4.2.1	Aktivasi Karbon Aktif.....	47
4.2.2	Analisis Karakteristik Karbon Aktif.....	47
4.2.3	Penentuan Dosis Optimum Proses Koagulasi Flokulasi.....	49
4.2.4	Isoterm Adsorpsi.....	54
4.3	Penelitian Utama	56
4.3.1.	Hasil Uji Secara Resirkulasi	56
4.3.2.	Bagan Alir Proses Pengolahan.....	59
4.3.3.	Hasil Uji SEM.....	61

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	67
BIOGRAFI PENULIS	73
LAMPIRAN A PROSEDUR ANALISIS LABORATORIUM	74
LAMPIRAN B DATA HASIL ANALISIS	76

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Bagan Alir Proses Penyamakan Kulit	9
Gambar 2. 2	Kurva Isoterm Freundlich.....	25
Gambar 2. 3	Kurva Isoterm Langmuir	26
Gambar 3. 1	Bagan Alir Penelitian	31
Gambar 3. 2	Penyaringan Air Limbah dengan Kain Batis	34
Gambar 3. 3	Pengadukan lambat.....	36
Gambar 3. 4	Rancangan Reaktor Resirkulasi	45
Gambar 3. 5	Reaktor Resirkulasi.....	45
Gambar 4. 1	Karbon Aktif Batu Bara Calgon F100	48
Gambar 4. 2	Efisiensi Penyisihan COD terhadap Variasi Dosis $FeCl_3$	49
Gambar 4. 3	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan terhadap Variasi Dosis $FeCl_3$	49
Gambar 4. 4	Efisiensi Penyisihan Warna terhadap Variasi Dosis $FeCl_3$	50
Gambar 4. 5	Efisiensi Penyisihan COD terhadap Variasi Dosis PAC.....	51
Gambar 4. 6	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan terhadap Variasi Dosis PAC.....	52
Gambar 4. 7	Efisiensi Penyisihan Warna terhadap Variasi Dosis PAC.....	52
Gambar 4. 8	Isoterm Freundlich Parameter COD	55
Gambar 4. 9	Isoterm Langmuir Parameter COD.....	55
Gambar 4. 10	Efisiensi Penyisihan COD secara Resirkulasi	57
Gambar 4. 11	Efisiensi Penyisihan Kekeruhan secara Resirkulasi.....	57
Gambar 4. 12	Efisiensi Penyisihan Warna secara Resirkulasi.....	58
Gambar 4. 13	Bagan Alir Proses Pengolahan.....	60
Gambar 4. 14	Hasil SEM sebelum Adsorpsi perbesaran 500x ..	61
Gambar 4. 15	Hasil SEM sesudah Adsorpsi perbesaran 500x ..	61
Gambar 4. 16	Hasil SEM sebelum Adsorpsi perbesaran 1500x	62
Gambar 4. 17	Hasil SEM sesudah Adsorpsi perbesaran 1500x	62

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Metode Analisis pada Setiap Parameter	33
Tabel 4. 1 Hasil Analisis Karakteristik Karbon Aktif	48
Tabel 4. 2 Persamaan dan Konstanta Isoterm Adsorpsi	54
Tabel LB. 1 Hasil Perhitungan Isoterm Parameter COD	80

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya laju populasi penduduk Indonesia yang pesat, maka akan berdampak pada pertumbuhan berbagai macam industri. Salah satu industri yang berkembang secara pesat adalah industri kulit. Industri kulit adalah industri yang memproduksi sepatu, pakaian, ikat pinggang, dompet, sarung tangan dan tas. Menurut Rosu *et al.* (2018), produk kulit menjadi terkenal karena mempunyai kualitas tinggi, tahan lama dan nyaman untuk digunakan. Kementerian Perindustrian terus mendorong peningkatan kinerja industri kulit karena merupakan kelompok industri pengolahan yang dikategorikan sebagai sektor prioritas, dimana industri kulit berperan penting dalam peningkatan devisa negara dari kegiatan ekspor.

Kulit yang digunakan untuk memproduksi produk diatas harus melewati berbagai proses sebelum siap untuk dipasarkan. Terdapat tiga proses utama yang terjadi di dalam pengolahan bahan baku kulit hewan hingga menjadi suatu produk kulit. Ketiga proses tersebut adalah pra-penyamakan, penyamakan, dan proses penyempurnaan (Mella *et al.*, 2015). Proses penyamakan menjadi kunci dalam pengolahan produk kulit yang berkualitas. Proses penyamakan bertujuan untuk merubah protein yang ada dalam kulit dimana awalnya rentan terhadap penguraian menjadi produk kulit dalam bentuk stabil dan tahan lama (Lofrano *et al.*, 2013). Menurut Liu *et al.* (2016), proses penyamakan adalah proses penambahan bahan kimia ke dalam kulit sehingga terjadi suatu ikatan kimia antara kulit dan bahan penyamak yang digunakan, untuk menghindari terjadinya reaksi biologis yang dapat dengan mudah merusak struktur kulit.

Salah satu daerah yang terkenal dengan produk kulitnya adalah Kabupaten Magetan. Magetan menjadi salah satu kota yang memiliki industri rumahan penyamakan kulit dengan jumlah yang cukup tinggi. Usaha industri kecil penyamakan kulit telah muncul pada tahun 1830 di Magetan, sehingga produk kulit dari daerah Magetan sudah sangat terkenal. Namun dengan berkembangnya zaman, industri penyamakan kulit dalam proses

produksinya menambahkan berbagai macam bahan kimia agar proses produksi lebih cepat dan menghasilkan kulit yang berkualitas. Semakin terkenal kualitas produk kulit dari daerah Magetan maka terjadi peningkatan permintaan produk kulit oleh konsumen yang berasal dari dalam dan luar negeri, maka hal ini menjadi alasan semakin meningkatnya industri rumahan penyamakan kulit di daerah Magetan. Maraknya produksi penyamakan kulit di Magetan mulai membuat warga resah karena air limbah yang merupakan buangan dari proses penyamakan kulit mulai mencemari lingkungan dan berdampak buruk terhadap masyarakat. Permasalahan yang semakin meresahkan masyarakat mendesak pemerintah untuk memberikan solusi. Solusi yang diberikan pemerintah adalah dengan mendirikan Lingkungan Industri Kecil (LIK) Magetan yang diresmikan pada tanggal 6 Juni 1981 oleh Menteri Perindustrian dan Gubernur Jawa Timur.

Lingkungan Industri Kecil (LIK) Magetan bertujuan untuk mengumpulkan para penyamak yang ada di Magetan agar mudah melakukan pembinaan sehingga produk kulit yang dihasilkan mempunyai mutu yang lebih baik serta mengumpulkan limbah buangan proses produksi agar dapat diproses di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal yang telah disediakan. IPAL yang mulai beroperasi pada tahun 2002 ini bertujuan untuk mengolah limbah hasil dari kegiatan penyamakan kulit sehingga aman untuk dibuang ke badan air. Kawasan LIK Magetan memiliki luas 4 Ha dengan jumlah penyamak tetap sebanyak 43 industri rumahan (Profil UPT Industri Kulit dan Produksi Kulit Magetan, 2013). Industri penyamakan kulit rumahan yang dilayani oleh LIK Magetan hanya sebagian kecil dari jumlah industri penyamakan kulit rumahan yang ada di Magetan. Menurut Profil UPT Industri Kulit dan Produksi Kulit Magetan (2013) masih ada sekitar 79 industri penyamakan kulit rumahan yang belum terlayani oleh LIK Magetan. Dari data tersebut maka dapat dikatakan bahwa banyak industri penyamakan kulit rumahan yang belum difasilitasi oleh IPAL LIK Magetan karena lokasi LIK Magetan yang sudah penuh, kapasitas IPAL yang sudah maksimal serta lokasi industri rumahan yang berjauhan namun belum tersedia sistem penyaluran air limbah. Oleh karena itu, masih banyak industri penyamakan kulit

rumahan yang membuang limbahnya secara sembarangan sehingga hal ini kembali menjadi keresahan warga sekitar.

Untuk mencegah terjadinya pencemaran pada tanah dan badan air, maka harus dilakukan pengolahan sebelum air limbah dibuang ke lingkungan. Banyak cara yang dapat digunakan untuk menghilangkan kadar pencemar yang ada di dalam limbah seperti proses biologis, proses oksidasi, proses fisika, proses kimia dan lain-lain (Jahan *et al.*, 2014). Pengolahan yang dilakukan harus ekonomis, mudah dioperasikan dan dapat diimplementasikan oleh industri-industri kecil, maka digunakanlah proses koagulasi-flokulasi dan dilanjutkan dengan proses adsorpsi. Proses koagulasi-flokulasi adalah proses fisik-kimia yang dapat menurunkan kandungan pencemar dengan sangat baik, namun apabila proses koagulasi-flokulasi tidak cukup untuk menurunkan kadar pencemar maka diperlukan proses lanjutan. Proses adsorpsi adalah salah satu cara untuk mengolah air limbah dari kegiatan penyamakan dengan menggunakan proses fisik. Adsorpsi merupakan proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul atau suatu akibat dari medan gaya pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul-molekul gas, uap dan cairan (Oscik, 1982).

Adsorpsi biasanya dilakukan menggunakan media karbon aktif. Karbon aktif merupakan suatu bahan berupa karbon amorf yang sebagian besar terdiri atas atom karbon bebas dan mempunyai permukaan yang dalam sehingga memiliki kemampuan daya serap yang baik. Bahan ini mampu mengadsorpsi anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik berupa larutan maupun gas. Karbon aktif dapat dibedakan dari karbon biasa berdasarkan sifat pada permukaannya. Permukaan pada karbon biasa masih ditutupi oleh deposit hidrokarbon yang dapat menghambat keaktifannya, sedangkan pada karbon aktif permukaannya relatif telah bebas dari deposit sehingga mampu mengadsorpsi karena permukaannya yang luas dan pori-porinya yang telah terbuka (Solovyov *et al.*, 2002).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka dapat ditentukan perumusan permasalahan sebagai berikut:

1. Berapa dosis optimum FeCl_3 dan PAC untuk penurunan parameter COD, kekeruhan dan warna pada proses koagulasi-flokulasi untuk air limbah industri penyamakan kulit?
2. Berapa efisiensi penurunan COD, kekeruhan dan warna menggunakan dosis optimum karbon aktif pada air limbah yang telah diproses secara koagulasi-flokulasi dengan sistem resirkulasi?

1.3 Tujuan

Penelitian yang akan dilakukan memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Menentukan dosis optimum FeCl_3 dan PAC pada proses koagulasi-flokulasi pada air limbah industri penyamakan kulit untuk penurunan parameter COD, kekeruhan dan warna
2. Menentukan efisiensi penurunan COD, kekeruhan dan warna menggunakan dosis optimum karbon aktif pada air limbah yang telah diolah secara koagulasi-flokulasi dengan sistem resirkulasi.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang merupakan pembatasan masalah dan pembahasan pada penelitian ini adalah:

1. Air limbah yang digunakan adalah air limbah industri penyamakan kulit di Magetan
2. Proses dari adsorpsi yang dilakukan menggunakan sistem resirkulasi
3. Variabel yang digunakan adalah dosis FeCl_3 dan PAC yang ditambahkan pada air limbah
4. Parameter yang diukur adalah COD, kekeruhan dan warna.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Bagi Penghasil Limbah
Penghasil limbah mendapatkan opsi unit pengolahan air limbah agar lebih efisien secara kebutuhan lahan dan ekonomis.
2. Bagi Penulis
 - Menambah referensi pengetahuan mengenai penerapan pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit
 - Dapat menerapkan ilmu mengenai pengelolaan limbah cair yang diperoleh selama kuliah
 - Dapat menyelesaikan dan menyusun laporan "*Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit dengan Proses Koagulasi-Flokulasi dan Adsorpsi*".
3. Bagi Departemen Teknik Lingkungan
 - Dapat digunakan sebagai tolak ukur untuk mengetahui tingkat keterampilan mahasiswa dalam mengaplikasikan ilmu yang didapat selama kuliah
 - Menambah kepustakaan yang bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Kulit

Industri kulit adalah sebuah industri yang mengolah kulit hewan mentah, seperti kambing, sapi, buaya dan lain-lain menjadi kulit hewan yang sudah jadi. Produk kulit akan digunakan untuk membuat produk sepatu, pakaian, ikat pinggang, dompet, sarung tangan dan tas. Produk yang berbahan dasar kulit terkenal kerana mempunyai kualitas tinggi, tahan lama dan nyaman untuk digunakan (Rosu *et al.*, 2018). Industri kulit adalah industri yang sangat potensial untuk dikembangkan. Dalam proses pembuatannya, penyamakan dapat dibagi menjadi 3 tahap yaitu pra-penyamakan, penyamakan dan proses penyempurnaan (Mella *et al.*, 2015).

Di Indonesia terdapat banyak barang yang menggunakan bahan dasar kulit, sehingga membuat industri kulit dan proses penyamakan menjadi sebuah kegiatan yang sudah tidak asing lagi. Salah satu tempat yang terkenal sebagai sentra kerajinan kulit adalah Kabupaten Magetan, Jawa Timur. Potensi industri kulit ini secara ekonomi cukup memberikan pendapatan yang besar kepada negara, baik dari segi penyerapan tenaga kerja maupun pemasukan devisa untuk pajak. Permintaan pasar untuk konsumsi lokal dan luar negeri terbuka luas sehingga memberikan peluang besar untuk perkembangan industri ini (Purwaningsih, 2013).

2.2 Proses Penyamakan Kulit

Terdapat beberapa tahap dalam proses penyamakan kulit, antara lain: perendaman, pengapuran, pembuangan daging, pembelahan, pengapuran ulang, pembuangan kapur, penghilangan lemak dan protein, pengasaman, penyamakan, pemerahan dan pengetaman, pelembaban, netralisasi asam, pebentangan, penyeterikaan dan yang terakhir adalah pengukuran dan pengepakan. Proses penyamakan bertujuan untuk merubah protein dalam kulit yang awalnya rentan terhadap penguraian menjadi produk kulit dalam bentuk stabil dan tahan lama (Lofrano *et al.*, 2013). Proses penyamakan menjadi kunci dalam pengolahan produk kulit yang berkualitas karena akan mempengaruhi daya tahan dari produk kulit tersebut. Proses penyamakan dilakukan menggunakan bahan kimia berupa kromium sulfat. Bahan penyamakan kulit kromium sulfat tetap

menjadi bahan andalan karena proses yang mudah, keluasaan kegunaan produk dan menghasilkan kulit samak yang memuaskan. Kulit yang telah melewati proses penyamakan juga disebut dengan *wet blue* (Suparno *et al.*, 2017). Bagan alir proses penyamakan kulit dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Berikut adalah penjelasan dari proses-proses dalam kegiatan penyamakan kulit:

1. Proses perendaman (*Soaking process*)

Proses perendaman bertujuan untuk menyiapkan kulit agar lebih reaktif dan siap untuk menerima perlakuan-perlakuan pada proses selanjutnya. Pada proses ini terjadi pengembalian kadar air dari yang semula kering dengan tujuan pengawetan kulit kemudian direndam sehingga kadar air pada kulit yang siap diproses sama dengan kadar air pada kulit hewan yang baru dipotong. Perendaman juga bertujuan untuk membersihkan kotoran yang melekat pada kulit.

2. Proses pengapuran (*Limming process*)

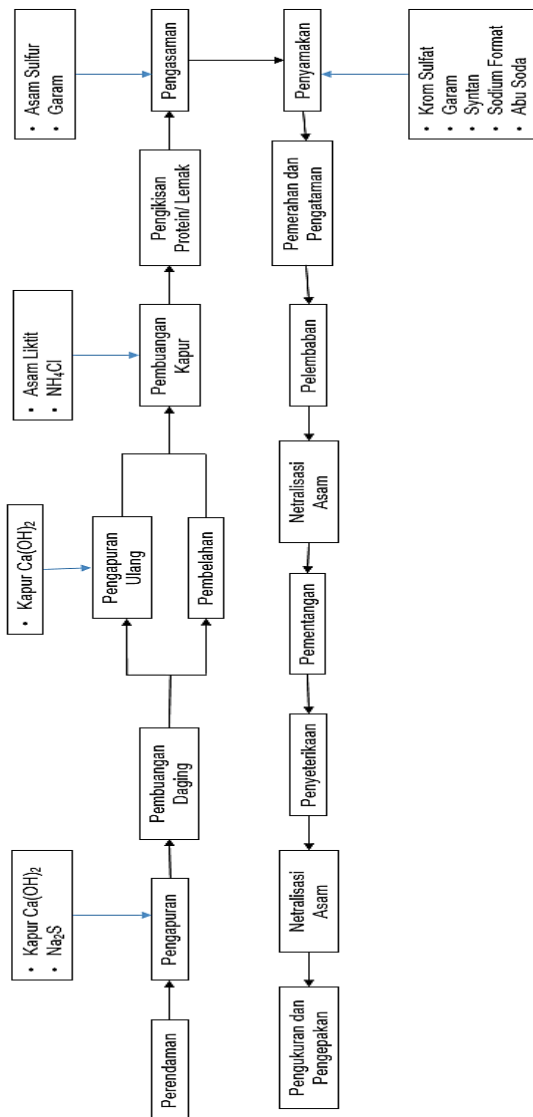
Proses pengapuran bertujuan untuk menghilangkan lapisan epidermis, bulu, kelenjar lemak serta melepas lapisan subkutis dari lapisan kulit. Dalam proses ini digunakan bahan kimia berupa kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan Na_2S untuk mempermudah proses pembersihan kulit.

3. Proses pembuangan daging (*Fleshing process*)

Proses pembuangan daging bertujuan untuk membuang sisa daging yang masih melekat pada kulit. Sisa daging yang masih tersisa pada kulit akan menghalangi proses peresapan zat penyamak ke dalam kulit.

4. Proses pembelahan (*Splitting process*)

Proses pembelahan bertujuan untuk mengatur ketebalan kulit yang dikehendaki.



Gambar 2. 1 Bagan Alir Proses Penyamakan Kulit

5. Proses pengapuran ulang (*Relimining process*)
Proses pengapuran ulang dilakukan bila proses pengapuran belum memberikan hasil yang maksimal, maka kulit tersebut harus ditambahkan proses pengapuran ulang dengan memberikan penambahan kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebanyak 1-1,5%.
6. Proses pembuangan kapur (*Delimining process*)
Proses pembuangan kapur bertujuan untuk menurunkan pH kulit agar kulit tersebut siap untuk menerima proses selanjutnya. Kandungan kapur yang tinggi dalam kulit akan menaikkan pH cairan krom sehingga memungkinkan terbentuknya endapan hidroksida yang sangat merugikan. Bahan yang digunakan untuk menurunkan kadar kapur adalah asam klorida dan NH_4Cl .
7. Proses pengikisan lemak/ protein (*Batting process*)
Proses pengikisan lemak bertujuan untuk memutuskan ikatan jaringan dengan menggunakan enzim. Proses ini juga bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa bulu dan pigmen, lemak dan kapur yang masih tersisa di kulit.
8. Proses pengasaman (*Pickling process*)
Proses pengasaman bertujuan untuk menurunkan pH pada kulit yaitu menuju pH 2,8-3,0 agar sesuai dengan pH kerja pada krom yang merupakan bahan penyamak agar tidak terbentuk endapan garam krom dalam serat kulit. Penurunan pH ini dilakukan dengan penambahan bahan kimia berupa asam sulfat. Di samping itu, ditambahkan pula garam yang berguna untuk mencegah tumbuhnya bakteri pembusuk yang dapat tumbuh.
9. Proses penyamakan (*Tanning process*)
Proses penyamakan dengan bahan penyamak kromium sulfat dan sytan bertujuan untuk merubah kulit yang tidak stabil menjadi kulit yang stabil dari penguraian. Bahan kimia sodium format dan abu soda ditambahkan untuk menaikkan pH agar zat penyamak dapat terperangkap pada substansi kulit. Penambahan garam berguna untuk menjaga keawetan kulit agar tidak terjadi penguraian saat proses penyamakan berlangsung.

10. Proses pemerahan dan pengetaman (*Sammying and shaving process*)

Proses pemerahan dan pengetaman bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam kulit setelah melewati proses penyamakan. Selain itu, proses ini juga bertujuan untuk menyempurnakan ikatan kimia yang ada dalam kulit. Proses ini dilakukan dengan menggunakan mesin *roll* dan dilanjutkan dengan penghalusan permukaan kulit (pengetaman). Kulit yang telah diperah dinamakan kulit *wet blue* dimana mengandung 20-25% air didalamnya.

11. Proses pelembaban (*Conditioning process*)

Proses ini dilakukan setelah proses pemerahan dan sebelum proses pengetaman dengan cara membiarkan kulit selama 1-3 hari di udara bebas dengan tujuan untuk mengurangi kadar air dalam kulit dengan menyimpan kulit diatas kuda-kuda yang terbuat dari kayu.

12. Netralisasi asam (*Acid neutralization*)

Netralisasi asam bertujuan untuk menghilangkan asam yang tersisa dari proses penyamakan agar proses selanjutnya bisa berjalan dengan maksimal. Proses netralisasi ini biasanya menggunakan garam alkali seperti NaHCO_3 . Penetralkan dianggap cukup apabila $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{4}$ penampang kulit bagian tengah berwarna kuning terhadap indikator *Bromo Cresol Green (BRC)*, sedangkan kulit bagian tepi berwarna biru.

13. Proses pembentangan (*Toggling process*)

Proses pembentangan bertujuan untuk menarik kulit mendekati batas elastisitasnya, sehingga ketika dibuat menjadi suatu produk kerajinan, tidak akan terjadi perubahan bentuk dan ukuran. Proses ini dilakukan setelah proses pengetaman dan pengeringan kulit sehingga kulit hanya mengandung 3-14% kadar air.

14. Penyeteterikaan (*Embossing*)

Penyeteterikaan dilakukan untuk mendapatkan permukaan kulit yang baik, padat dan halus.

15. Pengukuran dan pengepakan (*Measuring and packaging*)

Kulit yang siap dijual harus dilakukan pengukuran dan pengepakan agar mudah dikirim menuju lokasi pemasaran.

2.3 Karakteristik Air Limbah secara Umum

Adapun karakteristik air limbah secara umum dapat dibagi menjadi 3, yaitu:

Karakteristik fisik air limbah meliputi temperatur, warna dan bau. Temperatur adalah tingkat panas air yang memiliki satuan derajat celcius. Suhu dapat mempengaruhi kadar *Dissolved Oxygen (DO)* dalam air (Sinaga *et al.*, 2016). Adanya bau dalam air limbah menunjukkan adanya komponen-komponen organik yang dapat terurai di dalam air limbah tersebut. Warna disebabkan oleh adanya material *dissolved*, *suspended*, serta partikel-partikel koloid. Padatan tersuspensi sebagian besar mewakili pencemar organik dan dapat mempengaruhi jumlah oksigen yang ada di dalam air limbah tersebut (Muttamara, 1996). Dengan timbulnya karakteristik sebuah air seperti yang disebutkan diatas, maka dapat dikatakan bahwa air tersebut merupakan air limbah.

Karakteristik kimia meliputi *Chemical Oxygen Demand (COD)*, pH dan DO. COD adalah jumlah oksigen dalam mg/L yang digunakan untuk mengurai bahan organik secara kimiawi. Semakin tinggi nilai COD dari suatu air limbah maka semakin buruk kualitas air limbah tersebut. DO adalah banyaknya oksigen yang terlarut di dalam air. Oksigen yang terlarut mempunyai hubungan yang erat terhadap biota perairan, dimana DO yang dianggap optimum adalah dalam skala 5-6 mg/L, sedangkan DO minimum adalah 3 mg/L. pH merupakan cara untuk menunjukan derajat keasaman dalam suatu air limbah. pH memiliki skala 1-14, dimana 1 adalah sangat asam dan 14 adalah sangat basa.

2.4 Parameter Uji

a. Parameter COD

Kandungan pencemar dalam air limbah buangan dari industri penyamakan yang umumnya merupakan senyawa organik *non-biodegradable*, dimana menjadi salah satu faktor yang menyebabkan tingginya kandungan COD dalam air limbah karena tidak dapat diolah dengan cara biologis. Air limbah dengan kandungan COD yang tinggi bila dibuang ke lingkungan tanpa melewati proses pengolahan, akan menyebabkan kerusakan lingkungan yang berakibat fatal (Yogesh dan Sekaran, 2016). COD merupakan jumlah oksigen yang digunakan untuk mengurai

seluruh bahan organik yang terkandung di dalam air (Boyd, 1990). Bahan organik yang ada di dalam limbah akan diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium dikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat (Metcalf & Eddy, 1991). Sehingga segala macam jenis bahan organik, baik yang mudah dan sulit terurai akan teroksidasi. Nilai COD umumnya lebih besar dibandingkan dengan nilai BOD karena COD merupakan total dari bahan organik yang terkandung di dalam air limbah, sedangkan BOD hanya merupakan bahan organik yang mudah terdegradasi.

COD atau kebutuhan oksigen kimia (KOK) adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada di dalam 1L sampel air. Oksidator yang digunakan adalah $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah terurai dan yang sulit terurai akan teroksidasi. Angka COD adalah ukuran pencemar air oleh zat-zat organik yang dapat teroksidasi dengan proses kimiawi yang mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Hariyadi, 2004).

b. Parameter Kekeruhan

Kekeruhan adalah ukuran yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air baku dengan skala NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) atau JTU (*Jackson Turbidity Unit*) atau FTU (*Formazin Turbidity Unit*). Kekeruhan dinyatakan dalam satuan unit turbiditas, yang setara dengan 1 mg/L SiO_2 . Kekeruhan ini disebabkan oleh adanya benda tercampur atau benda koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air itu sendiri (Hefni, 2003).

Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan anorganik dan organik yang terkandung dalam air seperti lumpur dan bahan yang dihasilkan oleh buangan industri. Dan akibatnya bagi budidaya perairan adalah dapat mengganggu masuknya sinar matahari, membahayakan bagi ikan maupun bagi organisme makanan ikan. Serta dapat mempengaruhi corak dan sifat optis dari suatu perairan. Peningkatan konsentrasi padatan tersuspensi sebanding dengan peningkatan konsentrasi kekeruhan dan berbanding terbalik dengan kecerahan. Keberadaan padatan

tersuspensi di perairan mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam badan air. Dan dampaknya bagi budidaya perairan adalah adanya absorpsi cahaya oleh air dan bahan-bahan terlarut, pembiasan cahaya yang disebabkan oleh bahan-bahan yang melayang. Nilai kecerahan suatu perairan berhubungan erat dengan penetrasi cahaya matahari ke dalam badan air.

c. Parameter Warna

Warna di dalam air disebabkan oleh adanya ion-ion metal alam (besi dan mangan), humus, plankton, tanaman air dan buangan industri. Warna dalam air dibagi menjadi dua yaitu warna sebenarnya dan warna tampak. Warna sebenarnya adalah warna yang apabila akan diuji terlebih dahulu dihilangkan kekeruhannya. Warna tampak yaitu warna yang tidak hanya disebabkan zat-zat terlarut dalam air tetapi juga zat tersuspensi (Alaerts dan Sumestri, 1984). Menurut Bennett dan Drikas (1993), warna tampak adalah warna yang mengandung zat tersuspensi dan bahan-bahan yang terlarut. Warna sebenarnya adalah sampel air yang hanya mengandung bahan-bahan terlarut, dimana zat tersuspensi telah disaring menggunakan kertas saring dengan diameter 0,45 mikrometer. Prinsip analisa warna dilakukan dengan cara membandingkan nilai absorbansi warna sampel dengan larutan standar warna yang sudah diketahui konsentrasinya.

2.5 Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi flokulasi merupakan proses fisik-kimia yang bertujuan untuk menghilangkan bahan organik yang tidak bersifat biodegradabel (Comstock *et al.*, 2010). Proses koagulasi-flokulasi berfungsi untuk menggumpalkan partikel-partikel koloid yang terkandung dalam air limbah, dengan cara membentuk flok dan aglomerasi. Partikel koloid yang tidak dapat mengendap secara alami akan mengendap dengan terbentuknya flok melalui proses koagulasi dan flokulasi (Wardhani *et al.*, 2017). Proses koagulasi flokulasi terjadi pada proses pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Pada pengadukan cepat terjadi proses koagulasi, dimana air limbah ditambahkan dengan bahan kimia yang merupakan koagulan. Pengadukan cepat dilakukan agar koagulan yang telah ditambahkan dapat tercampur secara merata. Penambahan flokulan dan disertai dengan pengadukan lambat bertujuan untuk

membentuk flok dengan ukuran yang lebih besar hingga mudah untuk diendapkan (Masduqi dan Assomadi, 2012).

2.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Koagulasi Flokulasi

Menurut Rahimah *et al.* (2016), faktor-faktor yang mempengaruhi koagulasi flokulasi adalah:

1. Suhu air
Suhu air yang rendah mempunyai pengaruh terhadap efisiensi proses koagulasi.
2. Derajat Keasaman (pH)
Proses koagulasi akan berjalan dengan baik bila berada pada daerah pH yang optimum. Untuk tiap jenis koagulan mempunyai pH optimum yang berbeda.
3. Jenis koagulan
Pemilihan jenis koagulan berdasarkan pada pertimbangan segi ekonomis dan daya efektivitas dari pada koagulan dalam pembentukan flok. Koagulan dalam bentuk larutan lebih efektif dibanding koagulan dalam bentuk serbuk atau butiran.
4. Kadar ion terlarut
Pengaruh ion-ion yang terlarut dalam air terhadap proses koagulasi.
5. Tingkat kekeruhan
Pada tingkat kekeruhan yang rendah proses destabilisasi akan sukar terjadi. Sebaliknya pada tingkat kekeruhan air yang tinggi maka proses destabilisasi akan berlangsung cepat. Apabila dosis koagulan yang digunakan terlalu tinggi atau rendah maka pembentukan flok kurang efektifitasnya.
6. Dosis koagulan
Untuk menghasilkan inti flok dari proses koagulasi dan flokulasi sangat tergantung dari dosis koagulasi yang dibutuhkan, bila pembubuhan koagulan sesuai dengan dosis yang dibutuhkan maka proses pembentukan inti flok akan berjalan dengan baik.
7. Kecepatan pengadukan
Tujuan pengadukan adalah untuk mencampurkan koagulan ke dalam air. Dalam pengadukan hal-hal yang perlu diperhatikan adalah pengadukan harus benar-benar

merata, sehingga semua koagulan yang dibubuhkan dapat bereaksi dengan partikel-partikel atau ion-ion yang berada dalam air. Kecepatan pengadukan sangat berpengaruh terhadap pembentukan flok, ketika pengadukan terlalu lambat maka akan mengakibatkan lambatnya pembentukan flok dan sebaliknya apabila pengadukan terlalu cepat berakibat pecahnya flok yang telah terbentuk.

2.7 Pengadukan

Menurut Masduqi dan Assomadi (2012), pengadukan terbagi menjadi dua macam yaitu pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Pengadukan cepat berguna untuk mendistribusikan bahan kimia (koagulan) secara merata dalam air limbah. Waktu yang dibutuhkan dalam pengadukan cepat adalah satu menit atau kurang. Setelah pengadukan cepat dilakukan maka terjadi proses koagulasi. Pengadukan cepat dilakukan dengan menggunakan gradien kecepatan sebesar (300 sampai 1000 detik⁻¹) selama 5 sampai 60 detik. Pengadukan lambat bertujuan untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan antar partikel untuk membentuk gabungan antar partikel yang berukuran lebih besar. Pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukan dengan menggunakan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik⁻¹) selama 10 hingga 60 menit. Untuk menghasilkan ukuran flok yang lebih yang lebih besar maka kecepatan pengadukan harus diturunkan secara perlahan agar flok yang telah terbentuk tidak pecah kembali dan dapat bergabung dengan flok lainnya hingga membentuk ukuran flok yang lebih besar.

Kecepatan pengadukan yang dinyatakan dalam gradien pengadukan merupakan parameter penting dalam pengadukan. Gradien kecepatan merupakan fungsi dari tenaga yang disuplai (P). Rumus dari perhitungan dari gradien kecepatan dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu.V}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

- G = gradien kecepatan
- P = suplai tenaga ke air (N.m/detik)
- V = volume air yang diaduk (m³)
- μ = viskositas absolut air (N.detik/m²)

Kriteria *design* dari proses koagulasi adalah:

- G = 300 – 1000 /detik (5 – 60 detik)
- Gtd = 1500 - 60000

Kriteria *design* dari proses koagulasi adalah:

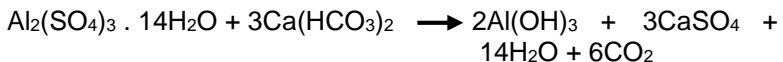
- G = 20 – 100 /detik (10 – 60 menit)
- Gtd = 48000 - 210000

2.8 Koagulan

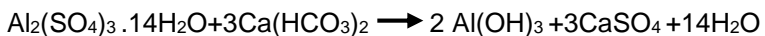
Koagulan yang sering digunakan dalam pengolahan air, yaitu: aluminium sulfat dan garam feri. Aluminium sulfat lebih sering digunakan karena biasanya lebih murah. Garam feri mempunyai kelebihan daripada alum karena lebih efektif dengan *range* pH yang lebih lebar (Reynolds,1995). Berikut penjelasan tentang koagulan yang sering digunakan dalam pengolahan air :

1. Aluminium Sulfat

Alkalinitas yang cukup harus dalam air agar bereaksi dengan Aluminium Sulfat agar dapat menghasilkan flok hidroksida. Umumnya alkalinitas ada dalam bentuk ion bikarbonat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



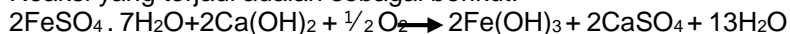
Beberapa sampel air tidak punya alkalinitas yang cukup untuk bereaksi dengan alum, maka alkalinitas harus ditambahkan. Umumnya alkalinitas yang ditambahkan dalam bentuk ion bikarbonat. Penambahan dilakukan dengan cara menambahkan kalsium hidroksida. Reaksi yang terjadi adalah :



2. Fero Sulfat

Fero Sulfat memerlukan alkalinitas dalam bentuk ion hidroksida untuk memproduksi reaksi yang cepat. Kapur Ca(OH)₂

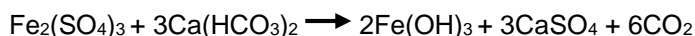
biasanya ditambahkan untuk menaikkan pH ke nilai dimana ion ferro dapat mengalami presipitasi dalam bentuk feri hidroksida. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Agar reaksi diatas dapat terjadi, pH harus dinaikkan menjadi sekitar 9,5.

3. Feri Sulfat

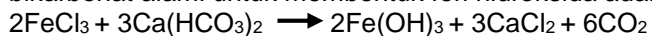
Reaksi yang terjadi antara feri sulfat dengan alkalinitas bikarbonat membentuk feri hidroksida adalah:



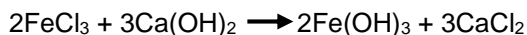
Reaksi ini biasanya menghasilkan flok dalam jumlah banyak dan memiliki kecepatan pengendapan yang tinggi. Dalam beberapa kasus, apabila alkalinitas ada dalam jumlah yang sedikit untuk bereaksi, maka ditambahkan kapur. pH yang optimum untuk feri sulfat adalah sekitar 4-12.

4. Feri Klorida

Reaksi yang terjadi antara feri klorida dengan alkalinitas bikarbonat alami untuk membentuk feri hidroksida adalah:



Bila alkalinitas alami kurang untuk bereaksi maka kapur akan digunakan, seperti pada reaksi berikut ini.



pH optimum untuk feri klorida adalah sama dengan feri sulfat, yaitu sekitar 4-12, flok yang terbentuk dalam jumlah banyak dan mudah mengendap. Feri klorida biasa tersedia dalam bentuk kering dan cairan. Bentuk kering dapat berupa bubuk atau bongkahan, bentuk bongkahan lebih umum ditemukan.

5. *Poly Aluminium Chloride* (PAC)

Poly Aluminium Chloride (PAC) adalah polimer koagulan anorganik yang sangat efektif dalam pengolahan air limbah. Formula umum dari PAC adalah $\text{Al}_n\text{Cl}_m(\text{OH})_m$ dimana polimer dapat dibentuk dengan polimerisasi aluminium klorida

dalam kondisi reaksi yang berbeda (Kamaruddin *et al.*, 2017). Koagulan PAC menggunakan mengkonsumsi tingkat alkalinitas yang lebih kecil dibandingkan dengan alum, oleh karena itu tidak menurunkan pH dengan drastis. PACI efektif pada selang pH yang lebih lebar dibandingkan dengan alum dan hasil penelitian menunjukkan bahwa PACI bekerja dengan baik pada rentang pH antara 5,0-8,0 (Husaini *et al.*, 2018). PAC dinilai lebih unggul dari koagulan konvensional karena mampu menghilangkan partikel dan bahan organik dengan baik serta menggunakan alkalinitas lebih sedikit serta produksi lumpur yang lebih sedikit.

2.9 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah senyawa karbon amorf yang memiliki porositas dengan luas antara 500-2.000 m²/g. Struktur karbon aktif yang memiliki porositas dengan luasan yang besar maka karbon aktif banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, antara lain sebagai adsorben zat warna, adsorben logam berat, adsorben gas, *support* katalis, elektroda superkapasitor dan lain-lain (Kristianto, 2017). Unsur karbon (C) yang ada pada karbon aktif mampu menyerap anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, baik sebagai larutan maupun gas. Hal ini dikarenakan atom karbon tersebut terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal yang menyerupai grafit. Pelat-pelat ini berkumpul satu sama lain hingga membentuk kristal dengan susunan tidak beraturan (amorf), dengan jarak antara pelat yang acak (Solovyov *et al.*, 2002). Bahan baku yang digunakan untuk membuat karbon aktif sangat bervariasi antara lain batu bara, jerami padi, tongkol jagung, cangkang sawit, sekam padi dan lain-lain. Penggunaan karbon aktif yang berbahan dasar batu bara digunakan karena bahan baku yang mudah didapatkan di pasaran serta daya serap terhadap berbagai macam polutan yang relatif lebih tinggi (Sirajuddin *et al.*, 2017).

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan karena mempunyai daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik dari jenis adsorben lainnya. Peningkatan daya adsorpsi karbon aktif dilakukan dalam proses aktivasi. Proses aktivasi berguna untuk menghilangkan hidrogen, gas-gas dan air dari permukaan karbon. Pada proses aktivasi

terbentuk pori-pori baru karena telah terjadi pengikisan atom karbon melalui oksidasi ataupun pemanasan. Menurut Polii (2017), proses aktivasi adalah suatu perlakuan yang dilakukan untuk memperbesar pori dari karbon aktif. Memperbesar pori karbon aktif dilakukan dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul yang ada pada permukaan arang aktif sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisik maupun kimia. Penambahan luas permukaan dari karbon aktif akan meningkatkan daya adsorpsi. Terdapat dua jenis proses aktivasi karbon yang dapat dilakukan yaitu aktivasi fisik dan kimia. Dalam proses aktivasi kimiawi, karbon aktif harus direndam dengan bahan kimia seperti H_3PO_4 , $CaCl_2$, KOH , H_2SO_4 , Na_2CO_3 , $NaCl$, K_2S , HCl dan $ZnCl_2$ (Silaban, 2012). Pada saat pemanasan dilakukan maka kontaminan yang berada dalam pori-pori karbon aktif menjadi lebih mudah terlepas. Hal ini membuat luas permukaan yang aktif menjadi semakin luas sehingga meningkatkan daya serap karbon aktif (Danarto dan Samun, 2008). Sedangkan aktivasi secara fisika dilakukan dengan mengalirkan uap atau udara panas pada suhu 800 – 1000°C. Beberapa bahan baku karbon akan lebih mudah untuk diaktivasi dengan melakukan proses klorinasi kemudian dilanjutkan dengan karbonasi lalu diaktivasi dengan uap.

2.10 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul atau suatu akibat dari medan gaya pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul-molekul gas, uap dan cairan (Oscik, 1982). Menurut Alberty dan Daniel (1987), adsorpsi adalah fenomena yang terjadi pada permukaan adsorben. Adsorpsi secara umum didefinisikan sebagai akumulasi sejumlah molekul, ion atau atom yang terjadi pada batas antara dua fasa. Adsorpsi menyangkut akumulasi adsorbat pada adsorben dan dalam hal ini dapat terjadi pada antar muka dua fasa. Fasa pertama adalah fasa yang menyerap yaitu adsorben dan fasa kedua adalah fasa yang terserap yaitu adsorbat. Menurut Reynolds dan Richards (1995), adsorpsi adalah pengumpulan zat pada permukaan zat padat (adsorben), sedangkan absorpsi adalah penetrasi substansi menjadi padat.

Terdapat dua macam proses adsorpsi, yaitu:

1. Adsorpsi Fisika
Adsorpsi fisika disebabkan oleh gaya Van der Waals dan merupakan proses yang dapat kembali (*reversible*). Pada adsorpsi ini terdapat gaya tarik menarik antar molekul adsorbat dengan pelarut yang lebih lemah dibandingkan dengan gaya tarik menarik antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben.
2. Adsorpsi Kimia
Pada adsorpsi kimia, terjadi reaksi kimia antara adsorbat dengan materi-materi kimia yang terkandung pada dinding-dinding adsorben. Reaksi yang terjadi pada adsorpsi kimia adalah reaksi yang tidak dapat kembali (*irreversible*).

2.11 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Menurut Treybal (1980), faktor-faktor yang mempengaruhi Adsorpsi adalah:

1. Jenis Adsorbat
 - a. Ukuran Molekul Adsorbat
Ukuran molekul dari adsorbat akan mempengaruhi ukuran pori dari adsorben yang digunakan. Molekul adsorbat yang dapat teradsorpsi oleh adsorben merupakan molekul yang memiliki diameter lebih kecil dari pori adsorben
 - b. Kepolaran Zat
Molekul adsorbat yang bersifat polar akan lebih cepat terserap oleh adsorben karbon aktif.
2. Karakteristik Adsorben
 - a. Kemurnian Adsorben
Adsorben dengan angka kemurnian yang tinggi akan memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik
 - b. Luas Permukaan dan Volume Pori Adsorben
Molekul adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben akan sebanding peningkatannya dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori adsorben.
3. Tekanan

Tekanan adsorbat akan mempengaruhi jumlah molekul yang teradsorpsi. Dalam adsorpsi fisika, bila tekanan adsorbat meningkat maka molekul adsorbat yang teradsorpsi akan meningkat. Dalam adsorpsi kimia, bila tekanan adsorbat meningkat maka adsorbat yang teradsorpsi akan berkurang.

4. Temperatur

Penurunan temperatur pada tekanan tetap akan meningkatkan jumlah senyawa adsorbat yang teradsorpsi, demikian pula dengan keadaan sebaliknya.

5. Waktu Kontak

Peningkatan waktu kontak yang berlebihan dapat memungkinkan terjadinya proses adsorpsi yang kurang maksimal karena adsorben telah memasuki titik jenuhnya. Waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi yang maksimal terjadi pada waktu kesetimbangan (Syauqiah *et al.*, 2011).

6. pH

Untuk asam-asam organik, adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena asam mineral berguna untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan basa, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

2.12 Sistem Batch

Sistem *batch* adalah proses tidak kontinyu dimana ketika suatu sistem berlangsung maka tidak ada masukan (*input*) maupun keluaran (*output*) yang terjadi. Adsorpsi yang dilakukan secara *batch* yaitu ketika memasukkan larutan ke dalam wadah yang telah berisi adsorben, maka tidak ada masukan secara terus menerus, namun hanya satu kali dengan jumlah yang telah ditentukan. Uji coba dilakukan secara terus menerus dengan menggunakan variasi parameter tertentu. Tujuan dari proses *batch* ini adalah untuk mengetahui karakteristik adsorben yang digunakan kemudian dinyatakan dalam hubungan antara penurunan zat yang diserap dan dosis karbon aktif yang

digunakan. Hasil proses *batch* ini dapat ditampilkan dalam bentuk kurva adsorpsi isoterm.

2.13 Sistem Resirkulasi

Sistem resirkulasi merupakan sistem yang memanfaatkan kembali air yang telah digunakan dengan cara memutar air secara terus-menerus melalui perantara sebuah filter atau ke dalam sebuah wadah. Sistem ini menjadi salah satu alternatif dalam pengolahan air limbah karena mengolah air limbah secara berulang dan menjaga kualitas air tersebut. Terdapat dua jenis sistem resirkulasi yaitu resirkulasi tertutup yang dapat mendaur ulang 100% air yang masuk dan yang kedua adalah resirkulasi semi tertutup yang mendaur ulang sebagian air sehingga membutuhkan penambahan air dari luar. Cara kerja dari sistem resirkulasi adalah dengan mengalirkan air yang telah keluar dari filter kemudian dikembalikan lagi ke filter tersebut dengan atau tanpa tambahan air (Fauzzia *et al.*, 2013).

2.14 Teori *Isotherm* Adsorpsi

Proses penyerapan suatu adsorben dipengaruhi oleh banyak faktor dan juga memiliki pola isoterm adsorpsi yang tertentu dan spesifik. Faktor yang mempengaruhi dalam proses adsorpsi antara lain yaitu jenis adsorben, jenis zat yang diserap, waktu penyerapan dan banyak lagi. Oleh karena faktor-faktor tersebut maka pola isoterm adsorpsi tidak akan sama (Wijayanti *et al.*, 2018). Diketahui bahwa terdapat dua jenis isoterm adsorpsi yang dapat digunakan yaitu adsorpsi Freundlich dan Langmuir, karena adsorpsi molekul pada permukaan padatan umumnya terbatas pada lapisan satu molekul (*monolayer*) dan merupakan adsorpsi fase padatan dan cairan (Handayani dan Sulistiyono, 2009).

Masing-masing isoterm adsorpsi mempunyai asumsi dimana dari asumsi tersebut dapat mempermudah peneliti untuk mengetahui jenis interaksi yang terjadi antara adsorbat dan adsorben. Jenis interaksi ini berguna dalam perancangan dan analisis sistem adsorpsi agar berjalan lebih efektif. Selain itu pengetahuan tentang jenis isoterm adsorpsi berguna untuk mengetahui sifat permukaan adsorben dan mengetahui distribusi molekul yang menyerap antara fase padat dan cair (Foo dan

Hameed, 2010). Berikut adalah asumsi dan persamaan dari model isoterm Freundlich dan Langmuir:

1. Model Isoterm Freundlich

Model isoterm Freundlich menggunakan asumsi bahwa adsorpsi terjadi secara fisika (Sembodo, 2005). Model isoterm ini juga sering digunakan dalam adsorpsi zat cair. Asumsi dari isoterm Freundlich menurut Sembodo (2005) dan Shagufta *et al.* (2018), dari isoterm ini adalah:

- Adsorpsi terjadi secara fisika
- Adsorbat yang terjerap membentuk lapisan *multilayer*
- Adsorpsi terjadi pada permukaan yang heterogen
- Adsorpsi bersifat *reversible*

Persamaan isoterm Freundlich dapat dituliskan sebagai berikut (Foo dan Hameed, 2010):

Bentuk non linear:

$$q_e = K_f \cdot C_e^{1/n} \dots\dots\dots (2.2)$$

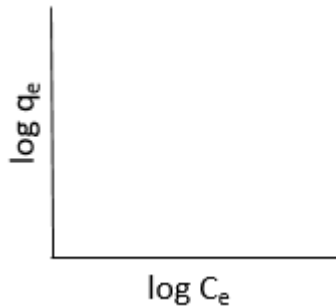
Bentuk linear:

$$\log q_e = \log K_f + 1/n \cdot \log C_e \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

- q_e = berat zat yang diadsorpsi per satuan berat adsorben (mg/g)
- K_f = konstanta Freundlich (mg/g)
- C_e = konsentrasi equilibrium (mg/L)
- n = intensitas adsorpsi

Kurva isoterm Freundlich dapat dibuat dengan memplotkan $\log q_e$ versus $\log C_e$ seperti Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Kurva Isoterm Freundlich

2. Model Isoterm Langmuir

Model isoterm Langmuir menggunakan pendekatan kinetik dimana kesetimbangan akan terjadi apabila kecepatan adsorpsi sama dengan kecepatan desorpsi. Asumsi dari adsorpsi Langmuir menurut Sembodo (2005) adalah:

- Adsorpsi terjadi secara kimia
- Adsorbat yang terjerap membentuk lapisan tunggal (*monolayer*)
- Adsorpsi terjadi pada permukaan yang homogen
- Molekul yang terjerat pada permukaan adsorben tidak berpindah-pindah (*irreversible*).

Persamaan isoterm Langmuir dapat dituliskan sebagai berikut (Foo dan Hameed, 2010):

Bentuk non linear:

$$q_e = \frac{Q_o \cdot b \cdot C_e}{1 + b \cdot C_e} \dots\dots\dots (2.4)$$

Bentuk linear:

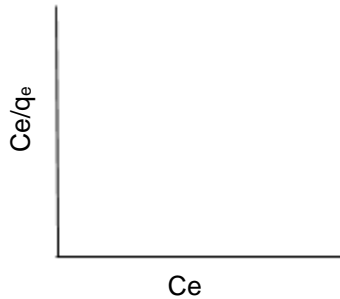
$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{b \cdot Q_o} + \frac{C_e}{Q_o} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

q_e = berat zat yang diadsorpsi per satuan

- q_e = berat adsorben (mg/g)
 C_e = konsentrasi equilibrium (mg/L)
 Q_0 = *maximum monolayer coverage capacity* (mg/g)
 b = konstanta Langmuir (dm³/mg)

Kurva isoterm Langmuir dapat dibuat dengan memplotkan $1/q_e$ versus $1/C_e$ seperti Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Kurva Isoterm Langmuir

2.15 Pengertian Pengujian SEM

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek *solid* secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 sampai 3.000.000 kali, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 hingga 1nm. Kombinasi dari pembesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri. SEM memfokuskan sinar elektron (*electron beam*) di permukaan objek dan mengambil gambarnya dengan mendeteksi elektron yang muncul dari permukaan objek (Prasetyo, 2012). Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut:

1. *Electron gun* menghasilkan *electron beam* dari filamen. Pada umumnya *electron gun* yang digunakan adalah *tungsten hairpin gun* dengan filamen berupa lilitan *tungsten* yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan yang

diberikan pada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju anoda.

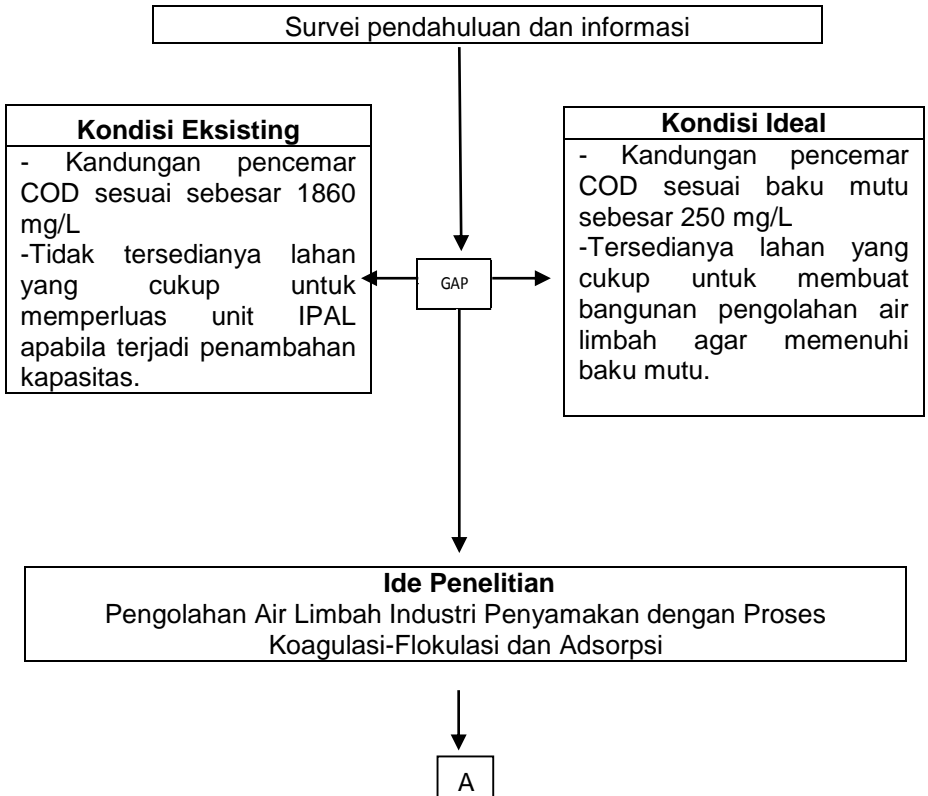
2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel, maka akan terjadi hamburan elektro, baik *Secondary Electron (SE)* atau *Back Scattered Electron (BSE)* dari permukaan sampel dan akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor CRT.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium untuk mengetahui efisiensi penyisihan parameter pencemar yang terkandung di dalam limbah cair industri penyamakan kulit. Perbandingan efisiensi dilakukan dengan adanya perbedaan variabel dari dosis FeCl_3 dan PAC dalam proses koagulasi-flokulasi. Proses adsorpsi dilakukan secara resirkulasi. Parameter pencemar yang dianalisa adalah COD, kekeruhan dan warna. Gambar 3.1 menjelaskan bagan alir penelitian ini.



A

Penentuan Variable dan Parameter

Variabel: Dosis FeCl dan PAC dalam proses koagulasi-flokulasi

- Variasi dosis FeCl₃ : 0,2g/L; 0,4 g/L; 0,6 g/L; 0,8 g/L; 1 g/L; 1,2 g/L dan 1,4 g/L
- Variasi PAC: 0,5 g/L; 0,6 g/L; 0,7 g/L; 0,8 g/L; 0,9 g/L dan 1 g/L

Parameter: COD, kekeruhan dan warna

- Pengambilan sampel air limbah pada saluran inlet bak koagulasi-flokulasi

- Pengujian karakteristik awal air limbah (COD, kekeruhan dan warna)

- Penentuan dosis optimum proses koagulasi-flokulasi dengan Kecepatan pengadukan cepat (250 rpm) selama 1 menit dan kecepatan pengadukan lambat (60 rpm) selama 10 menit

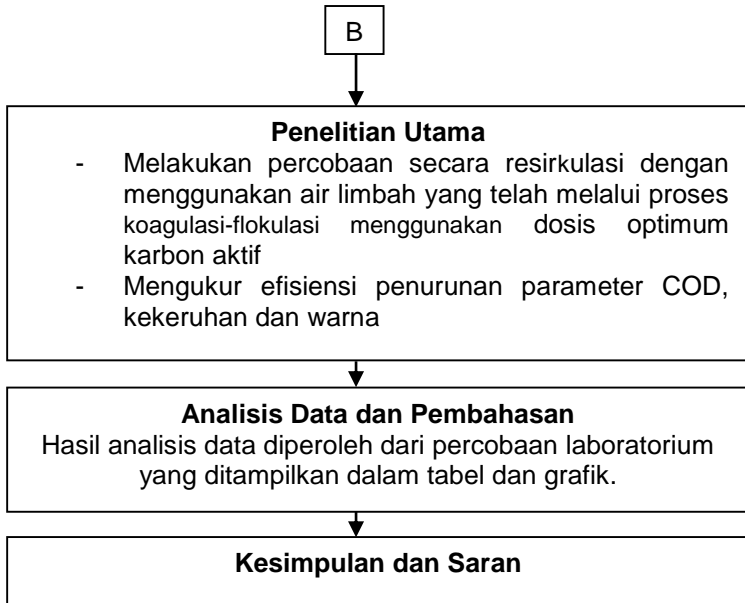
Dosis optimum koagulan FeCl₃

Dosis optimum *coagulant aid* PAC

- Aktivasi karbon aktif

- Uji karakteristik awal karbon aktif (uji ketahanan fisik, densitas, kadar air, kadar abu)

B



Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian

3.2 Kerangka Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian tentang proses koagulasi-flokulasi dengan koagulan FeCl_3 dan PAC dan proses adsorpsi secara resirkulasi dengan menggunakan karbon aktif. Proses koagulasi-flokulasi bertujuan untuk menurunkan konsentrasi pencemar air limbah agar mampu diproses dengan baik dalam proses adsorpsi. Proses adsorpsi digunakan untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam penyisihan parameter COD, kekeruhan dan warna pada limbah industri penyamakan kulit. Pelaksanaan penelitian dijelaskan lebih rinci pada penjesalan dari bagan Gambar 3.1 diatas.

3.2.1 Survei Pendahuluan dan Informasi

Survei pendahuluan ini merupakan pengamatan pada lokasi industri penyamakan kulit di Magetan, untuk mendapatkan gambaran dari kondisi sesungguhnya. Kondisi yang ingin diamati baik berupa karakteristik air limbah penyamakan kulit, adakah tempat pengolahan limbah, pembuangan akhir limbah, debit

limbah setiap harinya, kemungkinan pencemaran yang terjadi akibat limbah cair penyamakan kulit.

3.2.2 Ide Penelitian

Ide penelitian didapatkan dari gap antara kondisi eksisting dan kondisi ideal. Penelitian ini didasarkan pada ide pengolahan air limbah industri penyamakan kulit dengan proses koagulasi-flokulasi yang selanjutnya diikuti dengan proses adsorpsi karbon aktif agar air limbah yang dibuang ke lingkungan dapat memenuhi baku mutu. Proses koagulasi-flokulasi memiliki keunggulan dimana proses ini dapat menurunkan zat pencemar dengan baik. Proses adsorpsi memiliki keunggulan yaitu tidak memerlukan lahan yang luas dalam penggunaannya. Kondisi sekarang adalah air limbah yang dibuang sembarang, tanpa ada pengolahan dengan alasan tidak ada lahan yang cukup untuk mengolah limbah hasil proses penyamakan.

3.2.3 Penentuan Variabel dan Parameter

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah dosis optimum koagulan FeCl_3 dan PAC. Dosis FeCl_3 yang digunakan adalah 0,2 g/L; 0,4 g/L; 0,6 g/L; 0,8 g/L; 1 g/L; 1,2 g/L dan 1,4 g/L. Dosis PAC yang digunakan adalah 0,5 g/L; 0,6 g/L; 0,7 g/L; 0,8 g/L; 0,9 g/L dan 1 g/L.

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah COD, kekeruhan dan warna. Berikut merupakan metode analisis pada setiap parameter yang disajikan pada Tabel 3.1.

3.2.4 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diambil dari pengamatan di laboratorium. Data sekunder merupakan data pendukung penelitian yang diperoleh dari sumber lain.

1. Data Primer

Data primer yang digunakan merupakan data dari analisis sampel dalam penelitian pendahuluan. Hal ini untuk memperoleh hasil karakteristik sebenarnya pada air limbah industri penyamakan kulit yang ada di Magetan. Air limbah yang dianalisis berasal inlet bak koagulasi-flokulasi IPAL penyamakan kulit.

Analisis sampel air limbah dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS.

Tabel 3. 1 Metode Analisis pada Setiap Parameter

No	Analisis	Metode	Standar
1.	COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	<i>Opened Reflux</i>	SNI 6989.73:2009
2.	Kekeruhan	Nephelometry	Standard Method 2130, APHA (1998)
3.	Warna	Spektrofotometri	Standard Method 2120, APHA (1998)

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung penelitian, dimana data tersebut didapatkan dari penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini dan pengajuan beberapa pertanyaan kepada pengrajin dan pihak pengelola IPAL. Adapun data sekunder yang didapatkan yaitu debit air limbah. Debit air limbah yang dihasilkan dalam sekali produksi penyamakan kulit adalah sebesar 500 m³/hari. Limbah yang terkumpulkan merupakan kumpulan limbah dari 35 industri penyamakan kulit rumahan. Debit air limbah ini diolah dalam sebuah unit IPAL lalu dibuang ke badan air atau sungai terdekat.

3.2.5 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pemulihan Air dan Laboratorium Remediasi Lingkungan pada Departemen Teknik Lingkungan ITS. Pelaksanaan penelitian meliputi dua tahapan yaitu tahap persiapan dan tahap pelaksanaan penelitian. Pada tahapan persiapan dilakukan persiapan alat dan bahan yang digunakan. Pelaksanaan penelitian terdiri dari penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Hasil penelitian pendahuluan digunakan sebagai data awal dalam penelitian utama.

3.2.6 Penelitian Pendahuluan

1. Mengambil sampel air limbah industri penyamakan kulit di Magetan.
 - *Sampling* air limbah penyamakan kulit

Sampel air limbah industri penyamakan kulit yang diambil dari IPAL hasil kegiatan penyamakan kulit dari 35 industri penyamakan kulit rumahan yang ada di Magetan. Dimana sampel diambil dengan metode *grab sampling* pada saluran *inlet* menuju bak koagulasi-flokulasi IPAL. Air limbah sebanyak 100L yang telah diambil diwadahi dalam jerigen dengan kapasitas masing-masing 25L. Air limbah sebelum dimasukkan ke dalam jerigen, air limbah disaring menggunakan kain batis agar sedimen, minyak, lemak, kulit dan lain-lain dapat tersaring. Gambar 3.2 merupakan proses penyaringan air limbah menggunakan kain batis. Air limbah diletakkan di *workshop* Departemen Teknik Lingkungan ITS. Adapun peralatan tambahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain ialah karet, kain, gunting, spidol, isolasi, plastik, jerigen 25L, dan lain-lain.

2. Uji karakteristik awal limbah industri penyamakan kulit dengan parameter yang digunakan adalah COD, kekeruhan, warna dan pH.



Gambar 3. 2 Penyaringan Air Limbah dengan Kain Batis

3. Uji laboratorium untuk mendapatkan dosis optimum koagulan FeCl_3 dengan proses koagulasi-flokulasi
 - Langkah kerja penentuan dosis dosis optimum koagulan FeCl_3 dengan proses koagulasi-flokulasi
 1. Mengambil air limbah sebanyak 1000 mL kemudian dimasukkan kedalam *beaker glass* 1000 mL

2. Menimbang koagulan FeCl_3 sesuai dengan variasi dosis yang telah ditentukan
 3. Menambahkan koagulan FeCl_3 ke dalam *beaker glass* yang berisi air limbah
 4. Melakukan pengadukan cepat selama 1 menit dengan kecepatan 250 rpm
 5. Melakukan pengadukan lambat selama 10 menit dengan kecepatan 60 rpm
 6. Mendinginkan air limbah selama 1 jam sebagai proses pengendapan
 7. Mengambil 50mL sampel untuk pengukuran COD, kekeruhan dan warna
4. Uji laboratorium untuk mendapatkan dosis optimum *coagulant aid* PAC dengan proses koagulasi-flokulasi
- Langkah kerja penentuan dosis dosis optimum *coagulant aid* PAC dengan proses koagulasi-flokulasi
 1. Mengambil air limbah sebanyak 1000 mL kemudian dimasukkan kedalam *beaker glass* 1000 mL
 2. Menimbang koagulan FeCl_3 sesuai dengan variasi dosis yang telah ditentukan
 3. Menimbang koagulan PAC sesuai dengan variasi dosis yang telah ditentukan
 4. Menambahkan koagulan FeCl_3 ke dalam *beaker glass* yang berisi air limbah
 5. Melakukan pengadukan cepat selama 1 menit dengan kecepatan 250 rpm
 6. Melakukan pengadukan lambat selama 10 menit dengan kecepatan 60 rpm
 7. Menambahkan *coagulant aid* PAC ke dalam *beaker glass* yang berisi air limbah dan FeCl_3
 8. Melakukan pengadukan cepat selama 1 menit dengan kecepatan 250 rpm
 9. Melakukan pengadukan lambat selama 10 menit dengan kecepatan 60 rpm
 10. Mendinginkan air limbah selama 1 jam sebagai proses pengendapan
 11. Mengambil 50mL sampel untuk pengukuran COD, kekeruhan dan warna

- Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian pendahuluan 3 dan 4 adalah:
 1. Neraca dosis merk Ohaus dan Quattro
 2. *Beaker glass* dan 1000 mL
 3. *Jar test*
 4. Statif
 5. Buret
 6. Corong pemisah
 7. Spektrofotometer
 8. Turbidimeter
 9. pH meter
 10. Sampel air limbah penyamakan kulit
 11. Reagen untuk analisis COD



Gambar 3. 3 Pengadukan lambat

5. Uji Media Karbon Aktif

Uji Media karbon aktif yang dilakukan pada ini adalah uji ketahanan fisik media dan uji densitas media (*Apparent Density dan True Bulk Density*). Berikut penjelasan langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan uji media karbon aktif:

 1. Uji Ketahanan fisik media

Uji ketahanan fisik media dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengurangan berat media setelah dilakukan perendaman dengan HCl 20%. Apabila pengurangan berat media kurang dari 2% dari berat mula-mula, maka ketahanan fisik pada media dapat

dinyatakan layak untuk digunakan (Razif dan Yuniarto, 1999). Uji ketahanan fisik media berguna untuk mengetahui tingkat ketahanan karbon aktif terhadap proses aktivasi atau regenerasi yang dilakukan, karena tingkat ketahanan dari karbon aktif akan berkurang apabila terkena zat kimia yang digunakan sebagai aktivator (Sufnarski, 1999). Langkah-langkah melakukan uji ketahanan fisik media adalah sebagai berikut :

- a. Menimbang 10g media adsorben yang sudah diayak dan telah disimpan dalam oven 105°C (Ditimbang sebagai berat bersih mula-mula)
- b. Merendam media dalam larutan HCl 20% selama 24 jam
- c. Meniriskan dan kemudian mengeringkannya dalam oven 105°C selama 24 jam
- d. Menimbang media sebagai berat kering akhir.

2. Uji Densitas Media

Uji densitas media meliputi *apparent density* dan *true bulk density*. *Apparent density* merupakan berat jenis bahan media kondisi kering, sedangkan *true bulk density* merupakan berat jenis media pada keadaan jenuh air. Pengukuran densitas karbon aktif mempengaruhi adsorpsi. Semakin tinggi nilai densitas suatu karbon aktif maka semakin besar kapasitas adsorbat yang dapat diserap. Hasil dari pengukuran densitas media akan digunakan dalam perhitungan rancangan reaktor. Pada penelitian ini dilakukan uji densitas media dengan prosedur (Degremont, 1979) sebagai berikut:

- *True Bulk Density*
 - a. Menimbang 50g media yang telah dikeringkan
 - b. Memasukkan media ke dalam *beaker glass* dan merendam media dengan air suling (perendaman bertujuan untuk menghilangkan gelembung-gelembung udara yang

terperangkap, dilakukan dengan pemanasan atau pendidihan, pengadukan dan pengetukan)

- c. Setelah dingin dilakukan pemisahan media dengan air
- d. Melakukan penimbangan terhadap media basah tersebut (sebagai data P)
- e. Memasukkan media yang telah ditimbang ke dalam gelas ukur 250 mL yang telah berisi 100 mL air suling (volume yang terjadi dibaca sebagai V mL).
- f. Melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai true bulk density dengan rumus 3.1.

$$PTd \left(\frac{g}{mL} \right) = \frac{50}{(V-P-50)} \dots\dots\dots (3.1)$$

• *Apparent Density*

- a. Memasukkan media adsorben yang telah dikeringkan sebanyak kira-kira 50 mL ke dalam gelas ukur 100 mL
- b. Memadatkan media sampai 50 mL dengan cara menekan-nekan bagian permukaan media dan juga mengetukkan gelas ukur agar lebih mampat.
- c. Mengeluarkan media dari dalam gelas ukur dan menimbang beratnya
- d. Melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *appareant density* dengan rumus 3.2.

$$PAD \left(\frac{g}{mL} \right) = \frac{\text{Berat kering karbon}}{50 \text{ mL}} \dots\dots\dots (3.2)$$

3. Uji Kadar Air (SNI, 1995)

Uji kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari suatu karbon aktif (Alimah, 2011). Menurut KBBI sifat higroskopis berarti kemampuan suatu zat untuk menyerap dan melepas molekul air. Pada umumnya karbon aktif memiliki sifat afinitas yang sangat besar terhadap air, oleh karena itu sangat cocok digunakan sebagai adsorben. Kadar air yang lebih dari 4,5% (SNI 06-3760-1995) menjadi salah ciri bahwa kualitas karbon aktif tersebut buruk.

Karbon aktif yang mempunyai kadar air tinggi dianggap buruk karena semakin banyak air yang terkandung di dalam pori-pori suatu karbon aktif maka akan semakin berkurang luas permukaan pori-pori yang dapat digunakan dalam proses adsorpsi zat pencemar (Laos dan Selan, 2016). Kadar air yang rendah menunjukkan bahwa kandungan air yang bebas dan terikat di dalam arang telah menguap selama proses karbonisasi berlangsung. Sebaliknya, untuk kadar air yang tinggi disebabkan karena molekul uap air yang terperangkap di dalam kisi heksagonal karbon aktif pada saat proses pendinginan berlangsung (Pari *et al.*, 2006).

Kadar air diuji dengan menimbang karbon aktif seberat 2g lalu dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah dikeringkan dan telah diketahui beratnya. Porselin yang telah berisi karbon dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam, kemudian karbon didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang hingga diperoleh massa tetapnya. Hasil analisa dihitung menggunakan rumus 3.3 untuk mendapatkan nilai kadar air dalam bentuk %.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{massa awal sampel} - \text{massa akhir sampel}}{\text{massa awal sampel}} \times 100\%$$

.....(3.3)

4. Uji Kadar Abu (SNI, 1995)

Penentuan kadar abu bertujuan untuk mengetahui kandungan oksida logam yang berupa garam-garam mineral yang terperangkap di dalam pori-pori karbon aktif dan tidak dapat menguap pada proses penguapan (Risfiandi *et al.*, 2016). Kandungan mineral seperti kalium, kalsium, natrium dan magnesium disebut juga sebagai zat pengotor karena dapat menyebabkan pori-pori yang ada pada karbon aktif menjadi tersumbat (Alimah, 2011). Penyumbatan pori-pori dalam karbon aktif akan mengurangi luas permukaan yang berguna untuk proses adsorpsi. Kadar abu maksimum yang dimiliki suatu karbon aktif

menurut SNI 06-3760-1995 adalah 2,5%, apabila lebih itu maka karbon aktif tersebut dikategorikan sebagai karbon aktif yang buruk.

Kadar abu diuji dengan menimbang karbon aktif sebanyak 2g lalu dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah dikeringkan dan diketahui beratnya. Porselin yang telah berisi karbon dimasukkan ke dalam furnace pada suhu 550°C selama 2 jam. karbon yang telah menjadi abu, didinginkan dalam desikator dan ditimbang hingga diperoleh massa tetapnya. Hasil analisa dihitung menggunakan rumus 3.4 untuk mendapatkan nilai kadar abu dalam bentuk %.

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{\text{massa akhir sampel}}{\text{massa awal sampel}} \times 100\% \dots \dots (3.4)$$

5. Aktivasi Karbon Aktif

Pada pelaksanaan percobaan *batch* karbon aktif diaktifkan terlebih dahulu dengan cara merendam dalam larutan HCl 20% dalam waktu 24 jam dan dioven dalam suhu 105 °C selama 24 jam, kemudian menyamakan suhunya dengan suhu ruangan menggunakan desikator sebelum karbon siap digunakan untuk mengadsorpsi.

3.2.7 Penelitian Utama

Dalam penelitian ini digunakan proses resirkulasi dengan air limbah yang telah melewati proses koagulasi-flokulasi dan menggunakan karbon aktif dengan dosis optimum. Hasil dari penelitian ini digunakan untuk menentukan efisiensi penyisihan dari COD, kekeruhan dan warna dengan sistem resirkulasi.

- a. Mengambil sampel air limbah industri penyamakan kulit di Magetan.
- b. Hasil penelitian pendahuluan dengan metode *batch* yaitu dosis karbon aktif dan pH air limbah yang optimum. Alat dan bahan yang digunakan dalam percobaan secara resirkulasi adalah sebagai berikut:

- Reaktor resirkulasi

Reaktor resirkulasi adalah tabung terbuat dari bahan plastik dengan diameter 8 cm, tinggi 30 cm dan ketinggian media awal adalah 10 cm. Tujuan menggunakan bahan plastik adalah untuk memudahkan pengamatan terhadap reaksi dan proses yang terjadi. Berikut adalah perhitungan yang diperlukan dalam rancangan reaktor resirkulasi menurut Marsono (1996):

Diketahui:

- Diameter = 8 cm
- tinggi = 30 cm
- td = 60 menit

$$V = Q \times td \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana : V = volume reaktor (cm³)

Q = debit yang masuk kedalam reaktor (mL/menit)

Td = waktu detensi atau waktu tinggal dalam reaktor

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \dots\dots\dots (3.6)$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 \times 30$$

$$= 1.507 \text{ mL} = 1.500 \text{ mL}$$

$$Q = \frac{V}{td} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$= \frac{1500 \text{ mL}}{60 \text{ menit}}$$

$$= 25 \text{ mL / menit}$$

Data Limbah Penyamakan (Weast dan Hodgman, 1972):

- Temperatur = 28 °C
- Viskositas kinematis (ν) = 0,451 x 10⁻²
- Viskositas dinamis (μ) = 0,8237 x 10⁻²
- Densitas (ρ) = 1,8462 g/cm³

Data Media Karbon Aktif

- Diameter bentuk (d) = 1 mm = 0,1 cm
- Faktor bentuk (ψ) = 0,7
- Porositas media (e) = 0,5
- Densitas media (ρ_m) = 2,72 g/cm³

Perhitungan Nre (*Reynold Number*)

$$\begin{aligned} Nre &= (\psi \times vs \times d) / \nu \dots\dots\dots (3.8) \\ &= (0,7 \times vs \times 0,1) / (0,451 \times 10^{-2}) \\ &= 15,521 \text{ vs} \end{aligned}$$

Perhitungan Cd (*Coefisien Drag*)

$$\begin{aligned} Cd &= 18,5 / Nre^{0,6} \dots\dots\dots (3.9) \\ &= 18,5 / (15,521 \text{ vs})^{0,6} \\ &= 3,569 / Vs^{0,6} \end{aligned}$$

Perhitungan kecepatan pengendapan (*vs*)

$$vs^2 = (4/3) \times g/Cd \times (\rho_m - \rho) \times d \dots\dots\dots (3.10)$$

$$vs^2 = 4/3 \times \frac{981}{3,569} \times vs^{0,6} \times (2,72 - 1,8462) \times 0,1$$

$$vs^{1,4} = 32,024$$

$$vs = 11,894 \text{ cm/s}$$

Perhitungan kecepatan minimum fluidisasi

- Metode ekspansi media

$$v_{up} = vs \times e^{4,5} \dots\dots\dots (3.11)$$

$$= 11,894 \times (0,5)^{4,5}$$

$$= 0,526 \text{ cm/s}$$

- Metode *over flow rate*

$$v_{up} = Q / A \dots\dots\dots (3.12)$$

$$= 25 \times 10^{-6} / 0,25 \times 0,08 \times 0,08 \times 3,14$$

$$= 0,497 \text{ cm/s}$$

Maka v_{up} yang digunakan adalah yang terbesar yaitu 0,526 cm/s

Tinggi ekspansi

$$\begin{aligned} Le &= [Li \times (1-e)] / (1-e) \dots\dots\dots (3.13) \\ &= [10 \times (1-0,5)] / (1-0,5) \\ &= 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kehilangan tekanan akibat ekspansi

$$\begin{aligned} Hl &= Le \times (\rho m - 0,99626) \times (1-0,5) \dots\dots\dots (3.14) \\ &= 8,5 \text{ cm} = 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka tinggi penyangga = tinggi kontainer penampung +
tinggi antara kontainer
penampung dan reaktor + tinggi
reaktor + kehilangan tekanan
= 10 cm + 5 cm + 30 cm + 10 cm
= 55 cm

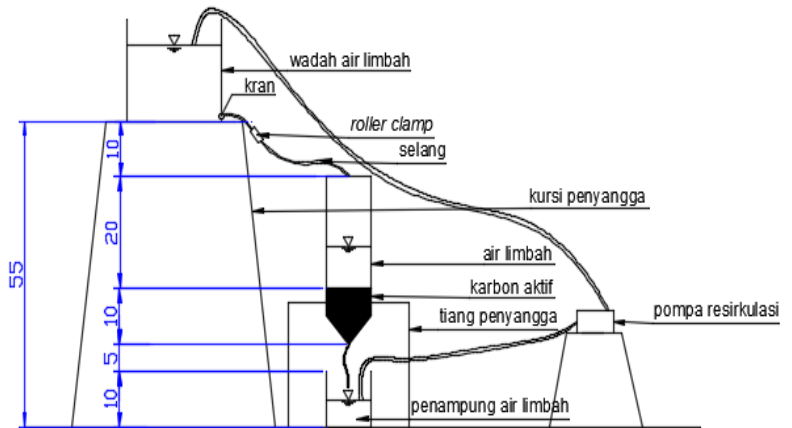
Air limbah yang telah melewati proses koagulasi-flokulasi, diletakkan kedalam sebuah wadah plastik dengan volume 10 L. Wadah tersebut dibuat menjadi sumber *influent* air limbah yang masuk ke dalam reaktor berbentuk tabung dan berbahan plastik dengan volume 1500 mL. Wadah air limbah ini berupa kontainer yang telah diberi keran pada bagian bawahnya. Wadah air limbah diletakkan dengan elevasi 10 cm lebih tinggi dari reaktor agar air limbah dapat mengalir. Air limbah dari dalam kontainer keluar melalui selang aquarium yang telah dilengkapi dengan sebuah *roller clamp* infus, yang berguna untuk mengontrol kecepatan keluar air limbah menuju reaktor. Reaktor berbentuk tabung dipasangkan kain pada bagian bawahnya agar media karbon aktif tidak lolos. Reaktor berbentuk tabung diletakkan pada sebuah penyangga dengan ketinggian 30 cm dari lantai. Bagian *outlet* dari reaktor dilengkapi dengan selang dan sebuah *roller clamp* infus yang berguna untuk menyetarakan debit yang masuk dan keluar dari reaktor tersebut. Pada bagian bawah reaktor terdapat sebuah wadah berbentuk plastik dan pompa yang berguna untuk menampung air dan mengembalikan air limbah yang telah melalui proses adsorpsi ke wadah *influent*. Rancangan dari reaktor resirkulasi dapat dilihat pada Gambar 3.4. dan reaktor resirkulasi

dapat lihat pada Gambar 3.5. Sampel hasil proses resirkulasi diambil setiap 100 menit, untuk dianalisis parameter COD, kekeruhan dan warna.

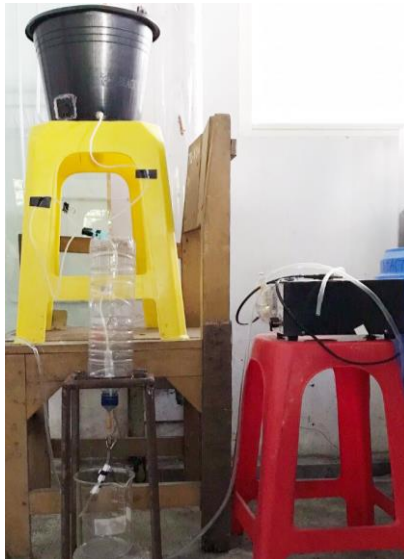
- Alat dan bahan yang digunakan
 1. Kontainer *inlet*
 2. Besi penyangga reaktor
 3. Reaktor resirkulasi
 4. Pompa
 5. pH meter merk Trans Instruments
 6. Spektrofotometer
 7. Turbidimeter
 8. Buret
 9. Statif
 10. Beaker glass
 11. Selang infus
 12. Kursi
 13. Heating Block Nanocolor merk Machere-Nagel
 14. Sampel air limbah penyamakan kulit yang telah melewati prose koagulasi-flokulasi
 15. Reagen untuk analisa COD

3.2.8 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis data dan pembahasan didasarkan pada perbandingan hasil pengukuran pada sistem *batch* dan resirkulasi. Hal ini juga menjawab tujuan penelitian yang telah dibuat. Hasil penelitian dibuat dalam bentuk grafik.



Gambar 3. 4 Rancangan Reaktor Resirkulasi



Gambar 3. 5 Reaktor Resirkulasi

3.2.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran adalah hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan selama penelitian. Kesimpulan bertujuan untuk menjawab tujuan dari penelitian dan untuk mempermudah pembaca memproses gambaran ringkasan hasil penelitian yang telah dilakukan. Saran yang berisi evaluasi dan rekomendasi dapat berguna bagi penelitian selanjutnya agar tidak terjadi kesalahan yang sama.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Penyamakan Kulit

Parameter yang diuji untuk karakteristik awal adalah COD, kekeruhan, warna dan pH. Hasil uji karakteristik air limbah berturut-turut dengan parameter COD, kekeruhan, warna dan pH adalah 1860 mg/L; 895 NTU; 346,7 Pt-Co dan 8,88. Dari hasil uji laboratorium karakteristik awal air limbah, terlihat bahwa pada parameter COD masih melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 52 tahun 2014 yaitu 250 mg/L. Limbah dengan parameter pencemar yang masih jauh diatas baku mutu diolah dengan proses koagulasi-flokulasi dan adsorpsi.

4.2 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan terdiri dari aktivasi karbon aktif, analisis karakteristik karbon aktif, penentuan dosis optimum FeCl_3 -PAC pada proses koagulasi-flokulasi dan penentuan dosis optimum karbon aktif.

4.2.1 Aktivasi Karbon Aktif

Karbon aktif berbahan dasar batu bara yang digunakan dalam penelitian ini adalah Calgon carbon F100. Karbon aktif sebelum digunakan harus melalui proses aktivasi terlebih dahulu. Aktivasi karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah aktivasi kimiawi dengan larutan HCl. Sebelum proses aktivasi dilakukan karbon dicuci dengan menggunakan air keran agar debu dan kotoran dari karbon hilang. Proses aktivasi dilakukan dengan merendam karbon dengan menggunakan larutan HCl 20% selama 24 jam, kemudian karbon dimasukkan kedalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam.

4.2.2 Analisis Karakteristik Karbon Aktif

Analisis karakteristik karbon aktif terdiri dari uji ketahanan fisik media, uji densitas media, uji kadar air dan uji kadar abu dari karbon aktif yang digunakan. Analisis karakteristik karbon aktif bertujuan untuk mengetahui kondisi dari karbon aktif, sehingga dapat dibandingkan dengan standar yang telah ditetapkan pada SNI 06-3760-1995. Hasil analisis karakteristik karbon aktif harus berada dibawah standar maksimum yang ditetapkan oleh SNI 06-

3760-1995 agar karbon aktif tersebut dapat dikategorikan sebagai karbon aktif yang memenuhi persyaratan mutu sehingga dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan (Yusuf, 2013). Data hasil analisis karakteristik karbon aktif dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Berdasarkan data hasil analisis karakteristik karbon aktif yang telah dibandingkan dengan standar menurut SNI 06-3760-1995, dapat dilihat bahwa semua karakteristik masih memenuhi standar. Oleh karena itu, karbon aktif Calcon carbon F100 layak digunakan dalam penelitian berikutnya ini. Karbon aktif yang telah diaktivasi dan siap digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



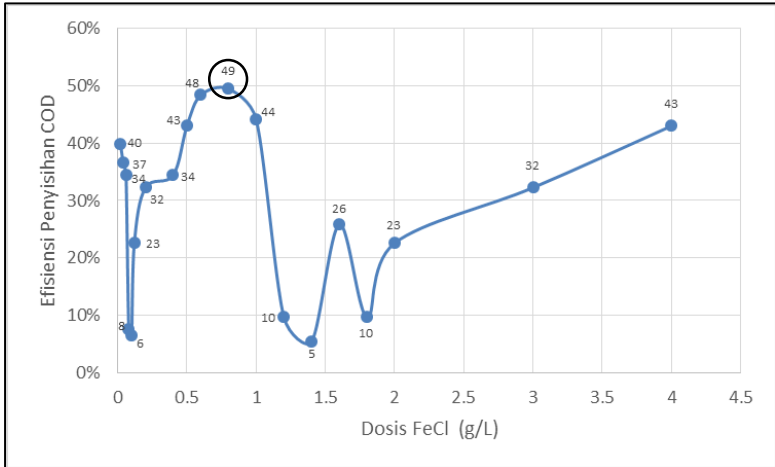
Gambar 4. 1 Karbon Aktif Batu Bara Calgon F100

Tabel 4. 1 Hasil Analisis Karakteristik Karbon Aktif

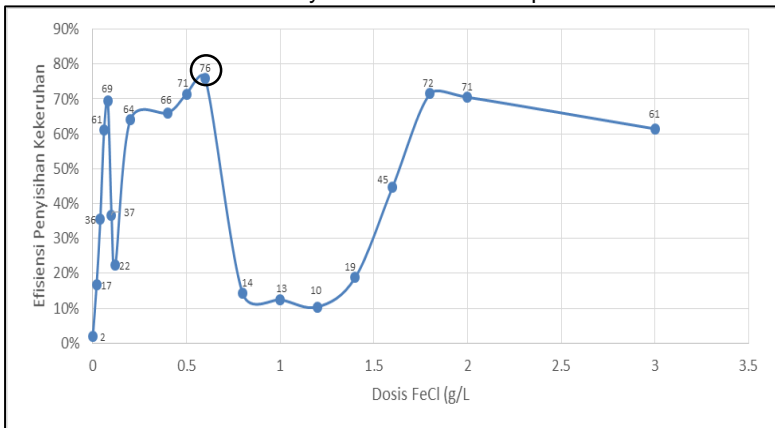
Karakteristik	Hasil	Standar Max (SNI-06-3760- 1995)	Satuan
Ketahanan Fisik	1,14	2	%
True Bulk Density	1,846	-	g/mL
Apparent Density	0,474	-	g/mL
Kadar Air	4,26	4,5	%
Kadar Abu	2,13	2,5	%

4.2.3 Penentuan Dosis Optimum Proses Koagulasi Flokulasi

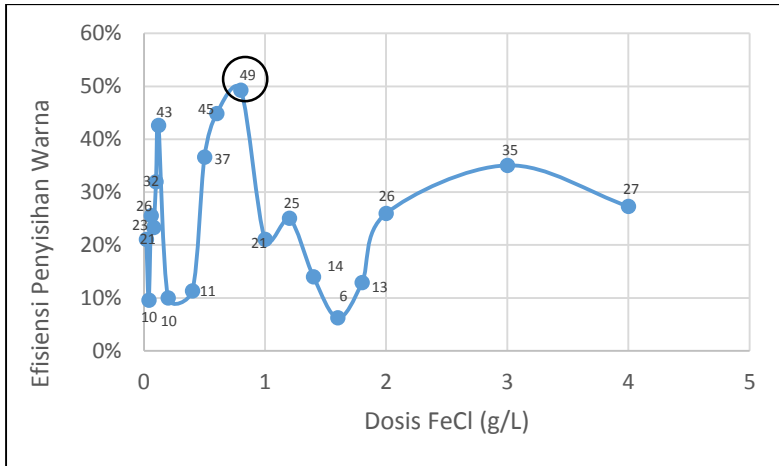
Data efisiensi penyisihan parameter COD dapat dilihat pada Gambar 4.2, untuk parameter kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan untuk parameter warna dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 2 Efisiensi Penyisihan COD terhadap Variasi Dosis FeCl₃



Gambar 4. 3 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan terhadap Variasi Dosis FeCl₃



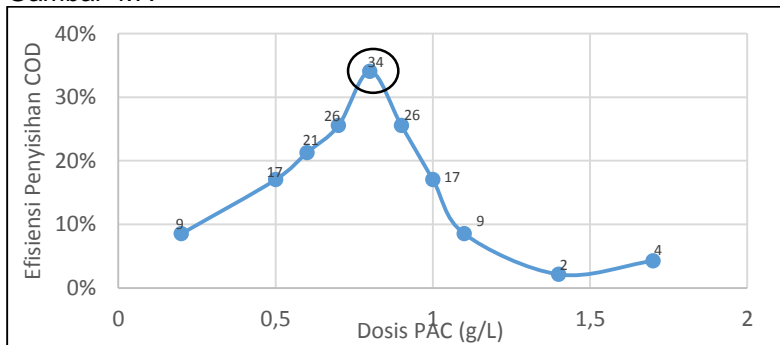
Gambar 4. 4 Efisiensi Penyisihan Warna terhadap Variasi Dosis FeCl₃

Pada parameter kekeruhan, dosis optimum FeCl₃ adalah pada 0,8 g/L dimana terjadi efisiensi penyisihan terbesar sebanyak 76%. Kekeruhan air limbah yang awalnya 895 NTU turun menjadi 216 NTU. Seiring dengan turunnya parameter kekeruhan pada dosis 0,8 g/L, maka terjadi pula penurunan parameter warna yang paling optimum dengan angka efisiensi penyisihan 49%. Penyisihan parameter warna terjadi dari yang semula 346,7 Pt-Co turun menjadi 175,9 Pt-Co. Air limbah penyamakan kulit mengandung partikel koloid yang cukup banyak, dimana partikel tersebut membuat air limbah menjadi keruh dan berwarna kekuningan. Dalam proses koagulasi dengan FeCl₃, terbentuk endapan yang merupakan lumpur dari partikel koloid yang telah berikatan dengan logam hidroksida. Logam hidroksida yang berikatan dengan partikel koloid yang ada pada air limbah menyebabkan kekeruhan dan warna pada air limbah menjadi berkurang (Gebbie, 2006). Setelah melewati dosis optimumnya, penyisihan parameter COD, kekeruhan dan warna menjadi menurun karena logam Fe yang berlebih dan belum berikatan dengan koloid akan mengganggu koloid yang telah terdestabilisasi menjadi koloid yang kembali stabil. Hal tersebut terjadi membuat

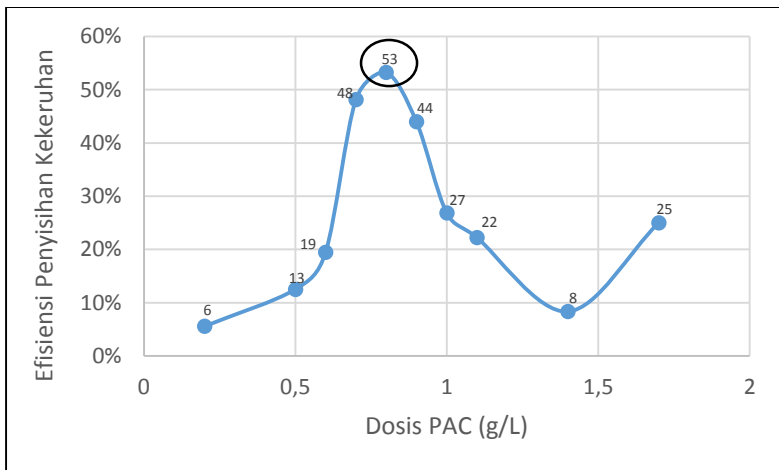
konsentrasi parameter COD, kekeruhan, dan warna menjadi meningkat.

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat efisiensi penyisihan parameter COD. Pada dosis 0,8 g/L FeCl_3 , parameter COD mengalami penurunan yang optimum yaitu 49%. Konsentrasi awal COD dari limbah penyamakan kulit adalah 1860 mg/L kemudian turun menjadi 940 mg/L. Konsentrasi akhir dari COD yang masih pada angka 940 mg/L masih terlalu tinggi untuk digunakan dalam proses selanjutnya, yaitu proses adsorpsi. Dalam proses adsorpsi, konsentrasi maksimal COD *influent* agar proses adsorpsi berjalan dengan baik adalah 692 mg/L (Pan *et al.*, 2011). Oleh karena itu maka dilakukan penambahan bahan kimia berupa *Poly Aluminium Chloride* (PAC) sebagai *coagulant aid*. Penambahan PAC yang merupakan polimer yang berperan sebagai *coagulant aid*, dimana bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penyisihan polutan. Penambahan PAC juga bertujuan untuk mengurangi volume lumpur yang terbentuk, selain itu membuat endapan lumpur menjadi lebih stabil (Imran *et al.*, 2012).

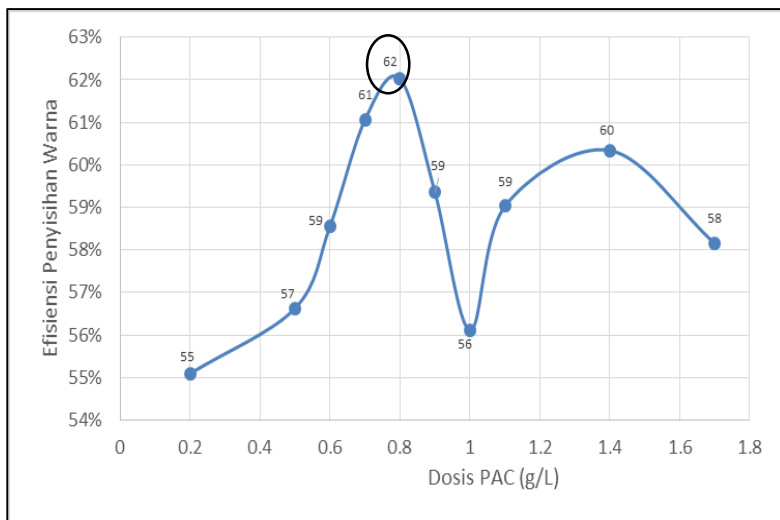
Penentuan dosis optimum koagulasi-flokulasi dengan penambahan *coagulant aid* berupa PAC. Data efisiensi penyisihan setelah penambahan PAC dalam air limbah yang telah ditambahkan FeCl_3 , pada parameter COD dapat dilihat pada Gambar 4.5, untuk parameter kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan untuk parameter warna dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 5 Efisiensi Penyisihan COD terhadap Variasi Dosis PAC



Gambar 4. 6 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan terhadap Variasi Dosis PAC



Gambar 4. 7 Efisiensi Penyisihan Warna terhadap Variasi Dosis PAC

Pada parameter kekeruhan, dosis optimum PAC yang didapatkan ada pada dosis 0,8 g/L dimana terjadi efisiensi penyisihan terbesar parameter kekeruhan sebanyak 53%. Kekeruhan air limbah turun menjadi 101 NTU. Seiring dengan turunnya parameter kekeruhan pada dosis 0,8 g/L, maka terjadi pula penurunan parameter warna yang paling optimum dengan angka efisiensi penyisihan 62%. Penyisihan parameter warna turun menjadi 66,8 Pt-Co. Air limbah penyamakan kulit mengandung partikel koloid yang cukup banyak, dimana partikel tersebut membuat air limbah menjadi keruh dan berwarna kekuningan. Efektifitas PAC dalam menyisihkan parameter kekeruhan dan warna diakibatkan oleh kemampuan ion Al yang bermuatan positif, yang mampu menarik partikel-partikel koloid yang bermuatan negatif. Semakin besar dosis PAC yang digunakan maka akan semakin besar pula efisiensi penyisihan kekeruhan dan warna yang terjadi, hal ini terjadi karena semakin banyak dosis PAC yang digunakan maka semakin banyak ion Al yang dapat mengikat partikel koloid. Namun, apabila dosis PAC yang digunakan berlebihan, maka akan meningkatkan parameter kekeruhan dan warna karena partikel koloid yang merupakan zat pengotor telah habis terikat dan sisa Al yang belum berikatan akan meningkatkan kekeruhan dan warna (Husaini *et al.*, 2018).

Pada Gambar 4.5 dapat dilihat efisiensi penyisihan parameter COD. Pada dosis 0,8 g/L PAC, parameter COD mengalami penurunan yang optimum yaitu 34%. Konsentrasi awal COD dari limbah penyamakan kulit turun menjadi 620 mg/L. Turunnya zat pencemar organik terjadi karena partikel koloid yang merupakan zat pencemar telah berikatan dengan ion Fe dan Al yang bermuatan positif. Ikatan antara ion Fe atau Al yang telah berikatan dengan partikel koloid, kemudian membentuk flok yang akan mengendap.

Dari hasil percobaan diatas maka dapat disimpulkan bahwa dosis optimum koagulan FeCl_3 adalah 0,8 g/L dimana dosis tersebut dapat menurunkan konsentrasi COD hingga 940 mg/L. Konsentrasi 940 mg/L masih terlalu tinggi untuk masuk kedalam proses adsorpsi maka perlu ditambahkan *coagulant aid* PAC. Dosis optimum dari *coagulant aid* PAC adalah 0,8 g/L dimana dosis tersebut dapat menurunkan konsentrasi COD menjadi 620

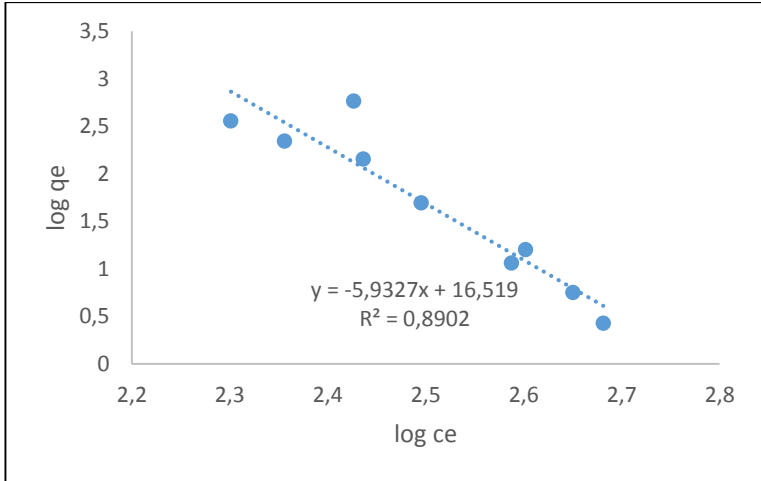
mg/L sehingga selanjutnya air limbah dapat diproses dengan adsorpsi. Kecepatan pengadukan yang digunakan dalam proses koagulasi-flokulasi adalah 250 rpm, selama 1 menit untuk pengadukan cepat. Untuk pengadukan lambat, digunakan kecepatan 60 rpm selama 10 menit.

4.2.4 Isoterm Adsorpsi

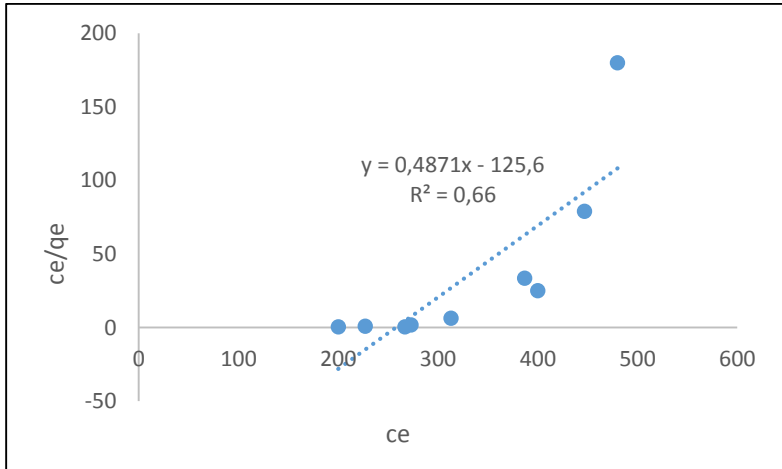
Model isoterm adsorpsi ini ditentukan menggunakan data dosis optimum karbon aktif pada parameter COD. Model adsorpsi ditentukan untuk mengetahui jenis adsorpsi yang terjadi. Data ini sangat bermanfaat untuk mengetahui perlakuan yang tepat yang dilakukan untuk karbon aktif. Jenis isoterm yang digunakan dalam penelitian ini adalah isoterm Freundlich dan Langmuir. Untuk persamaan isoterm Freundlich dan Langmuir dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9, serta rangkuman nilai regresi dari semua isoterm adsorpsi pada setiap parameter dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Persamaan dan Konstanta Isoterm Adsorpsi

Freundlich	Parameter	Persamaan Linear	R ²	Kf	n
	COD	$y = -5.9327 + 16.519x$	0.8902	33.04	-0.1686
Langmuir	Parameter	Persamaan Linear	R	qm	KL
	COD	$y = 0.4871x - 125.6$	0.66	2.05	-0.0039



Gambar 4. 8 Isoterm Freundlich Parameter COD



Gambar 4. 9 Isoterm Langmuir Parameter COD

Model isoterm yang sesuai dengan data hasil penelitian yang diuji dengan analisis regresi linear sederhana, yaitu dengan melihat data nilai koefisien korelasi (R^2). Jika nilai R^2 mendekati 1

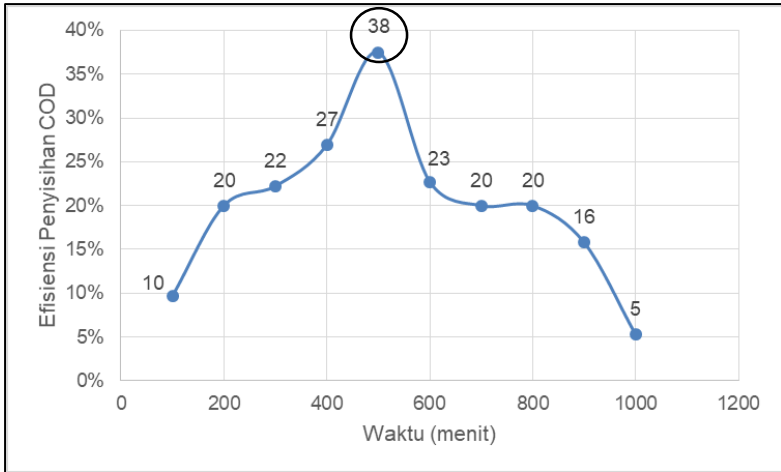
terdapat pengaruh yang semakin besar dan keterikatan antar variabel semakin kuat. Pada penelitian ini, terlihat bahwa nilai R^2 pada isoterm Freundlich lebih mendekati 1 bila dibandingkan dengan isoterm Langmuir. Namun, jika dilihat dari koefisien K_L (untuk Langmuir) dan n (untuk Freundlich), dimana kedua koefisien tersebut bernilai negatif, maka dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi pada penelitian ini kurang sesuai dengan isoterm yang diperhitungkan. Koefisien K_L dan n tidak mungkin negatif karena K_L merupakan koefisien adsorpsi dari isoterm Langmuir dan n merupakan kapasitas adsorpsi dari isoterm Freundlich. Nilai K_f yang merupakan kapasitas penyerapan yang terjadi pada isoterm Freundlich dengan batas maksimal 10 (Dada et al., 2012). Oleh karena itu, nilai K_f yang lebih dari 33 membuat nilainya menjadi tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena dalam penelitian penentuan dosis optimum, belum tercapainya titik equilibrium. Maka dapat disimpulkan bahwa kedua jenis isoterm tidak dapat menentukan proses adsorpsi yang terjadi pada penelitian ini.

4.3 Penelitian Utama

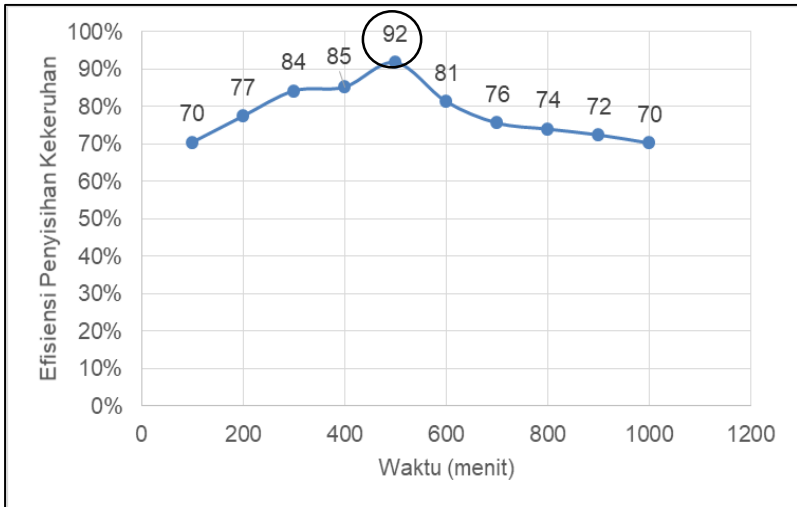
Pelaksanaan penelitian utama bertujuan untuk mengetahui efisiensi penurunan parameter COD, kekeruhan dan warna dengan sistem resirkulasi dan reaktor *batch* menggunakan air limbah yang telah melewati proses koagulasi-flokulasi. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan perbedaan morfologi pori adsorben sebelum dan setelah proses adsorpsi terjadi. Penelitian utama ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu hasil uji secara resirkulasi dan hasil uji SEM.

4.3.1. Hasil Uji Secara Resirkulasi

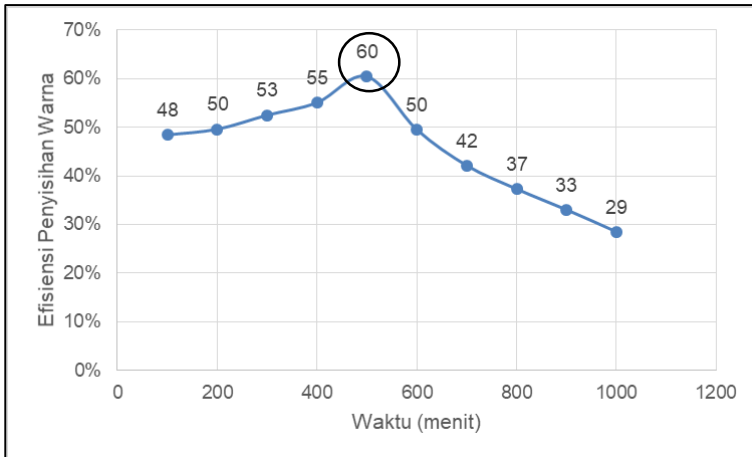
Penelitian ini dilakukan menggunakan dosis karbon aktif optimum yaitu 1g/L. Sampel air limbah untuk diuji parameter COD, kekeruhan dan warna diambil setiap 100 menit. Hasil uji secara resirkulasi dapat dilihat pada Gambar 4.10 hingga Gambar 4.12.



Gambar 4. 10 Efisiensi Penyisihan COD secara Resirkulasi



Gambar 4. 11 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan secara Resirkulasi



Gambar 4. 12 Efisiensi Penyisihan Warna secara Resirkulasi

Dalam percobaan secara resirkulasi terjadi penurunan konsentrasi parameter COD, kekeruhan dan warna. Pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa terjadi penyisihan terbesar parameter COD pada waktu percobaan 500 menit yaitu 38%. Konsentrasi akhir COD setelah 500 menit adalah 300 mg/L. Percobaan berlangsung selama 1000 menit, dimana setelah 500 menit efisiensi penyisihan parameter pencemar COD terus menurun. Penurunan efisiensi penyerapan parameter COD terjadi karena karbon aktif telah mencapai titik jenuh yaitu pada waktu ke-500 menit.

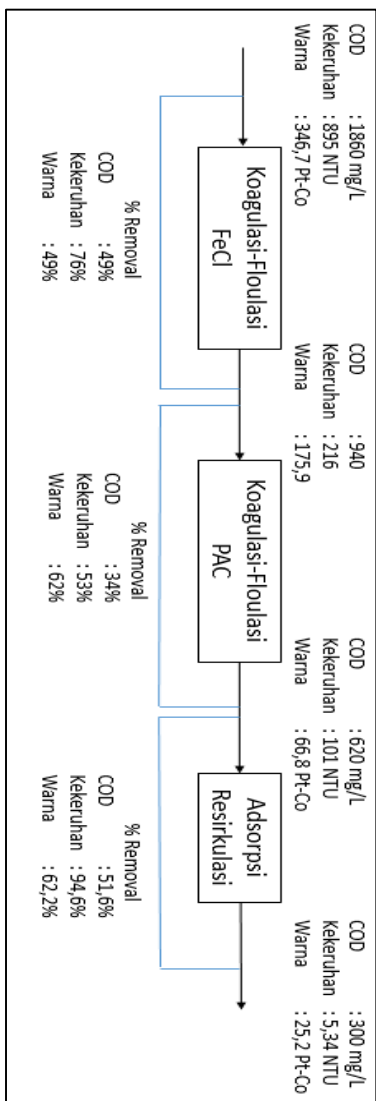
Dalam Gambar 4.11 dapat dilihat efisiensi penyisihan parameter kekeruhan terhadap lamanya waktu percobaan secara resirkulasi. Titik maksimum penyisihan kekeruhan terletak pada menit ke-500, dimana adsorben karbon aktif dapat menyisihkan parameter kekeruhan sebanyak 92% menjadi 5,43 NTU. Efisiensi penyisihan kekeruhan dari menit ke-600 terus menurun karena karbon aktif telah mencapai titik jenuh yaitu pada waktu ke-500 menit. Pada parameter warna, efisiensi penyisihan dapat dilihat pada Gambar 4.12 Pada menit ke-500 terjadi penyisihan sebesar 60% menjadi 25,2 Pt-Co. Efisiensi penyisihan kekeruhan dari

menit ke-600 terus menurun karena karbon aktif telah mencapai titik jenuh yaitu pada waktu ke-500 menit .

Dari hasil percobaan secara resirkulasi selama 1000 menit, terlihat bahwa karbon aktif mengalami titik jenuh pada menit ke-500 dan apabila diteruskan maka efisiensi penyerapan akan terus menurun karena karbon aktif telah melewati titik jenuhnya. Apabila setelah titik jenuh proses pengolahan terus dilakukan maka memungkinkan terjadinya desorpsi. Desorpsi adalah kejadian dimana parameter pencemar yang telah melekat pada adsorben terlepas kembali. Desorpsi terjadi ketika air limbah yang bersifat asam melewati media karbon aktif yang sudah jenuh, sehingga air limbah yang bersifat asam tersebut dapat dengan mudah melarutkan zat organik lainnya yang telah terikat pada media karbon aktif (Indah dan Rohaniah, 2016). Dari percobaan resirkulasi pada waktu 500 menit menghasilkan konsentrasi COD sebesar 300 mg/L dimana hasil ini masih berada diatas baku mutu berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 52 tahun 2014.

4.3.2. Bagan Alir Proses Pengolahan

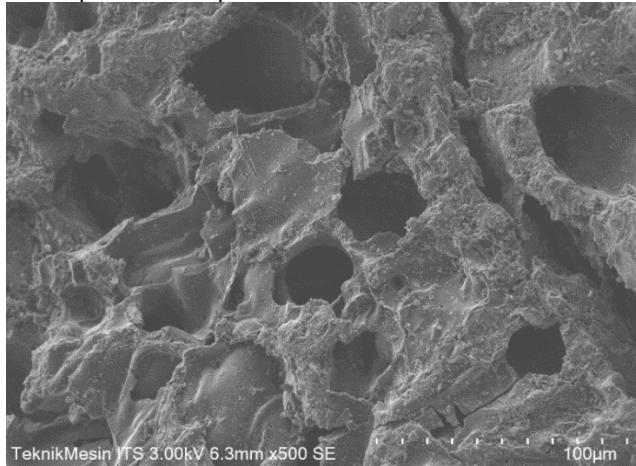
Pada Gambar 4.13 adalah diagram alir parameter COD dari proses koagulasi-flokulasi dan adsorpsi secara resirkulasi. COD awal sebelum diolah adalah 1860 mg/L sedangkan konsentrasi akhir setelah proses adsorpsi secara resirkulasi adalah 300 mg/L. Konsentrasi akhir 300 mg/L adalah hasil penyisihan yang terbesar pada proses resirkulasi selama 500 menit (8 jam, 20 menit). Konsentrasi setelah melewati proses adsorpsi masih dibawah konsentrasi yang diharapkan, yaitu 250 mg/L sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 52 tahun 2014.



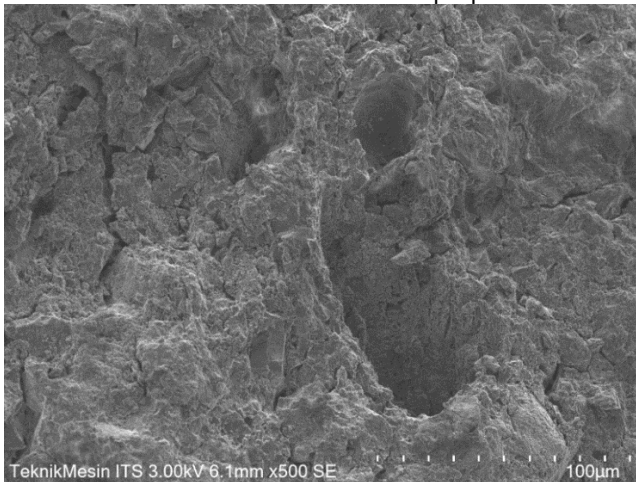
Gambar 4. 13 Bagan Alir Proses Pengolahan

4.3.3. Hasil Uji SEM

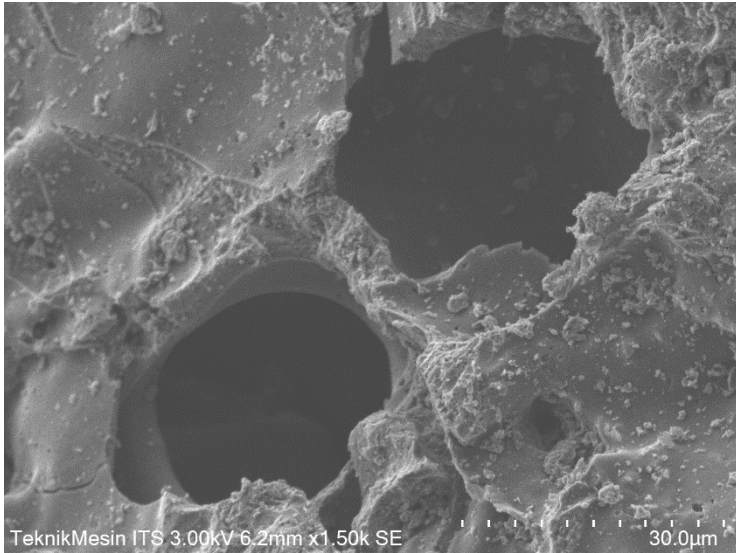
Hasil SEM dapat dilihat pada Gambar 4.14 hingga Gambar 4.16. Perbesaran yang digunakan dalam uji SEM adalah 500x dan 1500x dengan masing-masing dua sampel, yaitu sampel karbon aktif sebelum dan sesudah proses adsorpsi secara resirkulasi.



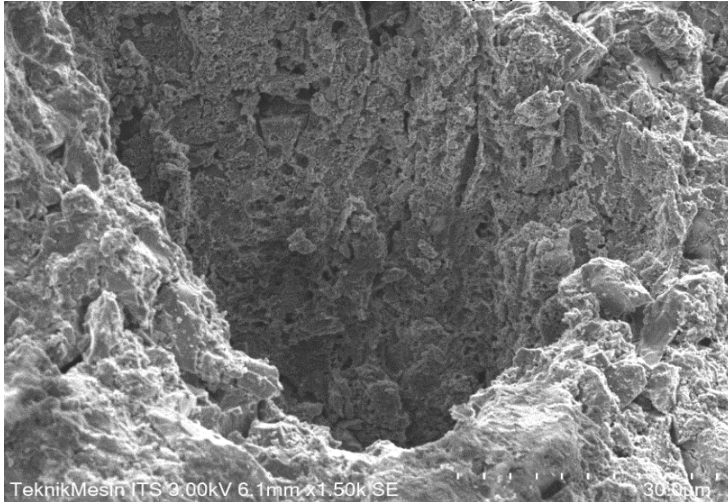
Gambar 4. 14 Hasil SEM sebelum Adsorpsi perbesaran 500x



Gambar 4. 15 Hasil SEM sesudah Adsorpsi perbesaran 500x



Gambar 4. 16 Hasil SEM sebelum Adsorpsi perbesaran 1500x



Gambar 4. 17 Hasil SEM sesudah Adsorpsi perbesaran 1500x

Pada Gambar 4.14 dengan perbesaran 500x, dimana karbon aktif belum digunakan dalam proses adsorpsi, terlihat banyak pori-pori karbon dengan bentuk dominan bulat namun tidak mempunyai pola yang beraturan. Permukaan karbon aktif berstruktur kasar, keropos dan memiliki ukuran pori yang beragam. Pada Gambar 4.16 dengan perbesaran 1500x, dimana karbon aktif belum digunakan untuk proses adsorpsi. Pori dari karbon aktif terlihat sangat jelas dan kosong. Gambar 4.14 dan 4.16 memiliki kesamaan dengan morfologi karbon aktif dalam penelitian Rampe dan Tiwow (2018). Pada Gambar 4.15 dengan perbesaran 300x, dimana karbon aktif sudah digunakan dalam proses adsorpsi, terlihat bahwa hampir semua pori dari karbon aktif telah tertutup oleh zat pencemar. Hal serupa juga terjadi pada Gambar 4.17 dimana pori yang mulanya terlihat kosong hingga ke dasar, menjadi tertutup hingga dasar pori tidak terlihat lagi. Zat pencemar yang menutup pori karbon aktif terlihat sangat padat sehingga menutup rapat hampir semua pori-pori dari karbon aktif. Tertutupnya hampir semua pori dari karbon aktif oleh zat pencemar selaras dengan hasil SEM yang dilakukan oleh Tejada *et al.* (2017).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dihasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dosis optimum FeCl_3 dan PAC untuk penurunan parameter COD, kekeruhan dan warna dalam proses koagulasi-flokulasi adalah sama, yaitu 0,8g/L.
2. Titik jenuh karbon aktif dalam percobaan secara resirkulasi ada pada waktu 500 menit (8 jam, 20 menit), efisiensi penyisihan terbesar parameter COD adalah 38%, kekeruhan adalah 92% dan warna adalah 60%.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, ditambahkan isoterm adsorpsi jenis lainnya agar didapatkan jenis isoterm adsorpsi yang lebih tepat
2. Untuk penelitian selanjutnya, dilakukan adsorpsi resirkulasi dua tahap agar didapatkan penyisihan parameter pencemar yang lebih baik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. A., dan Simestri S. 1984. **Metode Penelitian Air**. Surabaya: Usaha Nasional.
- Alam, M., Mia, M. A. S., Chowdhury, M. J. 2017. "BOD Reduction Using Spent Tea Waste from Tannery Wastewater". **Journal of Scientific and Innovative Research** 6 (2), 58-62.
- Alberty, R.A., and Daniel, F. 1987. **Physical Chemistry, 5th ed, SI Version**. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Alimah, D. 2011. "Sifat dan Mutu Arang Aktif dari Tempurung Biji Mete (*Anacardium occidentale L.*)". **Jurnal Penelitian Hasil Hutan** 35 (2), 123-133.
- Anonim. 1995. SNI 06-3760-1995 Tentang Standar Kualitas Arang Aktif. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2008. SNI 6989.59:2008 Tentang Air dan Air Limbah – Bagian 59: Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Badan Standarisasi Nasional.
- Bennett, L. E., dan Drikas, M. 1993. "The Evaluation of Colour in Natural Waters". **Water Research** 27 (7), 1209-1218.
- Boyd, C. E. 1990. **Water Quality in Ponds for Aquaculture**. Alabama: Spinger Science & Business Media.
- Comstock, S. E. H., Boyer, T. H., Graf, K. C., and Townsend, T. G. 2010. "Effect of Landfill Characteristic on Leachate Organic Matter Properties and Coagulation Treatability". **Chemosphere** 81 (7), 976-983.
- Dada, A.O., Olalekan, A.P., Olatunya, A.M., and Dada, O. 2012. "Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin-Radushkevich Isotherms Studies of Equilibrium Sorption of Zn unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk". **Journal of Applied Chemistry** 3 (1), 38-45.
- Danarto, Y. C., dan Samun, T. 2008. "Pengaruh Aktivasi Karbon dari Sekam Padi pada Proses Adsorpsi Logam Cr (VI)". **Ekuilibrum** 7 (1), 13-16.
- Degremont. 1979. **Water Treatment Handbook**. New York: John Wiley & Sons.
- Fauzzia, M., Rahmawati, I., dan Widiyasa, N. I. 2013. "Penyisihan Amoniak dan Kekeruhan pada Sistem Resirkulasi Budidaya Kepiting dengan Teknologi Membran Biofilter". **Jurnal Teknologi Kimia dan Industri** 2 (2), 155-161.

- Fidiastuti, H. R., dan Suarsini E. 2017. "Potensi Bakteri Idigen dalam Mendegradasi Limbah Cair Pabrik Kulit Secara In Vitro". **Bioeksperimen** 3(1), ISSN 2460-1365
- Foo, K.Y., and Hameed, B.H. 2010. "Insights into the Modeling of Adsorption Isotherm Systems". **Chemical Engineering Journal** 156, 2-10.
- Garcia, R., and Baez, A. P. 2012. **Atomic Absorption Spectroscopy**. Croatia: InTech.
- Gebbie, P. 2006. "An Operator's Guide to Water Treatment Coagulant". **31st Annual Water Industry Water Industry Workshop**.
- Handayani, M., dan Sulistiyono, E. 2009. "Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) oleh Zeolit". **Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir**, 130-136.
- Hariyadi, S. 2004. "BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah". **Pengantar Falsafah Sains, Sekolah Pascasarjana**. Institut Pertanian Bogor.
- Hefni, E. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Yogyakarta: Kanisius
- Husaini, Stefanus, S. C., Sugalal, dan Hidayat, K. N. 2018. "Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan dengan Koagulan Komersial Menggunakan Metode *Jar Test*". **Jurnal Teknologi Mineral dan Batu Bara** 14 (1), 31-45.
- Imran, Q., Hanif, M. A., Riaz, M. S., Noreen, S., Ansari, T. M., and Bhatti, H. N. 2012. "Coagulation/ Flocculation of Tannery Wastewater Using Immobilized Chemical Coagulants". **Jurnal of Applied Research and Technology** 10, 79-86.
- Indah, S., dan Rohaniah. 2016. "Studi Regenerasi Adsorben Kulit Jagung (*Zae mays L.*) untuk Menyisihkan Logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dari Air Tanah". **Artikel Ilmiah Penelitian Dosen Muda** Unand Limau Manis Padang.
- Islam, B. I., Musa, A. E., Ibrahim, E. H., Salma, A. A., Sharafa, and Elfaki, B. M. 2014. "Evaluation and Characterization of Tannery Wastewater". **Journal of Forest Products & Industries** 3 (3), 141-150.
- Jahan, M. A. A., Akhtar, N., Khan, N. M. S., Roy, C. K., Islam, R., and Nurunnabi. 2014. "Characterization of Tannery Wastewater and Its Treatment by Aquatic Macrophytes and Algae". **Bangladesh J. Sci. Ind. Res**, 49(4), 233-242.

- Kamaruddin, M. A., Abdullah, M. M. A., Yusoff, M. S., Alrozi, R., and Neculai, O. 2017. "Coagulation-Flocculation Process in Landfil Leachate Treatment: Focus on Coagulants and Coagulants Aid". **IOP Conference Series: Material Science and Engineering** 209.
- Khairunnisa, Rezagama, A., dan Arianto, F. 2017. "Penurunan Kadar COD dan Warns pada Limbah Artifisial Batik Zat Warna Turunan Azo Menggunakan Metode Adsorpsi Arang Aktif dan Ozonasi". **Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro** 6 (3), 1-7.
- Kristianto, H. 2017. "Review: Sintesis Karbon Aktif dengan Menggunakan Aktivasi Kimia $ZnCl_2$ ". **Jurnal Integrasi Proses** 6 (3), 104-111.
- Laos, L. E., dan Selan, A. 2016. Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. **Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika** 1 (1), 32-36.
- Liu, M., Ma, J., Lyu, B., Gao, D., and Zhang, J. 2016. "Enchancement of Chromium Uptake in Tanning Process of Goat Garment Leather Using Nanocomposite". **Journal of Clean Production**, 133, 487-494.
- Lofrano, G., Meric, S., Zengin, G. E., and Orhon, D. 2013. "Chemical and Biological Treatment Technologies for Leather Tannery Chemicals and Wastewater: A review". **Science of The Total Environment**, 461-462, 265-281.
- Marsono, B., D. 1996. **Hidrolika Teknik Penyehatan dan Lingkungan**. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
- Masduqi, A. dan Assomadi, A. B. 2012. **Operasi dan Proses Pengolahan Air Edisi Kedua**. Surabaya: ITS Press.
- Mella, B., Glanert, A. C., and Gutterres, M. 2015. "Removal of Chromium from Tanning Wastewater and its Reuse". **Journal of Process Safety and Environmental Protection** 95, 195-201.
- Metcalf & Eddy, Inc. 1991. **Wastewater Engineering: Treatment , Disposal, Reuse 3rd ed.** New York: McGraw-Hill, Inc.
- Metcalf & Eddy, Inc. 2003. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 4rd ed.** New York: McGraw-Hill, Inc.
- Muttamara, S. 1996. "Waste Characteristics". **Resource, Conservation and Recycling** 16, 145-159.
- Nomanbhay, S., and Palanisamy, K. 2005. "Removal of Heavy Metal from Industrial Wastewater Using Chitosan Coated Oil

- Palm Shell Charcoal". **Electronic Journal of Biotechnology** 8 (1), 43-53.
- Oscik, J. 1982. **Adsorption**. New York: John Willey & Sons, Inc.
- Pan, Y., Zhu, Y., Xu, Z., Lu, R., Zhang, Z., Liang, M., and Liu, H. 2011. "Adsorption Removal of COD from Wastewater by The Activated Carbon Prepared from Sugarcane Bagasse". **iCBBE** 5, 54-59.
- Pari, G., Santoso, A., dan Hendra, D. 2006. "Pembuatan dan Pemanfaatan Arang Aktif sebagai Reduktor Emisi Formaldehida Kayu Lapis". **Jurnal Penelitian Hasil Hutan** 24 (5), 425-436.
- Polii, F. F. 2017. "Pengaruh Suhu dan Lama Aktifasi Terhadap Mutu Arang Aktif dari Kayu Kelapa". **Jurnal Industri Hasil Perkebunan** 12 (2), 21-28.
- Prasetyo, A. 2012. "Adsorpsi Metilen Blue pada Karbon Aktif dari Ban Bekas dengan Variasi Konsentrasi NaCl pada Suhu Pengaktifan 600 C dan 650 C". **Journal Neutrino** 4 (1), 16-23.
- Purwaningsih, I. 2013. "Penyusunan Strategi Pengembangan Industri Penyamakan Kulit di Yogyakarta". **Jurnal Teknologi Pertanian** 4, 155-168.
- Rahimah, Z., Heldawati, H., dan Syaughiah, I. 2016. "Pengolahan Limbah Detergen dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC". **Jurnal Konversi** 5 (2), 13-19.
- Rampe, M. J., and Tiwow, V. A. 2018. "Fabrication and Characterization of Activated Carbon from Charcoal Coconut Shell Minahasa, Indonesia". **International Conference on Statistics, Mathematics, Teaching and Research** 1028, 1-7.
- Razif, M., dan Yuniarto, A. 1999. "Pengaruh Konsentrasi Detergen, Massa dan Ukuran Batu Bara Terhadap Efisiensi Penyisihan Proses Adsorpsi Secara Batch". **Majalah Iptek ITS** 10 (4).
- Reynolds, T. D., dan Richards, P. A. 1995. **Unit Operation and Processes in Environmental Engineering**. Boston: International Thomson Publishing.
- Risfiandi, F., Yusnimar, Helianty, S. 2016. Penentuan Daya Jerap Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Terhadap Ion Cu (II). **Jurnal Fakultas Teknik** 3 (1), 1-6.
- Rosu, L., Varganici, C. D., Crudu, A. M., and Bele, A. 2018. "Ecofriendly Wet-white Leather vs Conventional Tanned

- Wet-blue Leather. A Photochemical Approach". **Journal of Clean Production** 177, 708-720.
- Sanou, Y., Pare, S., Baba, G., Segbeaya, N. K., Coulibaly, L. Y. 2016. "Removal of COD in Wastewater by Activated Charcoal from Rise Husk". **Journal of Water Science** 29 (3), 265-277.
- Sembodo, B. S. T. 2005. "Isoterm Kesetimbangan Adsorpsi Timbal pada Abu Sekam Padi". **Ekulibrium** 4 (2), 100-105.
- Shagufta, Dhar, R., Kim, B. S., Alblooshi, A., and Ahmad, I. 2018. "Removal of Synthetic Cationic dye from Aqueous Solution using Date Palm Leaf Fibers as an Adsorbent". **International Journal of Engineering & Technology** 7 (4), 3007-3013.
- Sholeh, M., Prasetya, A., dan Sarto. 2012. "Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Abu Terbang Bagas Secara Batch". **Majalah Kulit, Karet, dan Plastik** 28 (1), 26-34.
- Silaban, R. 2012. "Pengaruh Berat Molekul Kitosan Terhadap Aktivitas Enzim d-Alad Mencit *Mus musculus L.* Strain BALBC yang Dipapar Plumbum". **Prosiding-Seminar Nasional**, 23-31.
- Sinaga, E. L. R., Muhtadi, A., dan Bakti, D. 2016. "Profil Suhu, Oksigen Terlarut, dan pH Secara Vertikal Selama 24 Jam di Danau Kelapa Gading Kabupaten Asahan Sumatera Utara". **Omini-Akuatika** 12 (2): 114-124.
- Sirajuddin, Syahrir, M., dan Syahrir, I. 2017. "Optimasi Kecepatan Pengadukan pada Proses Adsorpsi Limbah Cair *Laundry* untuk Menurunkan Kadar Surfaktan Menggunakan Batu Bara". **Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta** 1, 1-8.
- Solovyov, L. A., Shmakov, A. N., Zaikovski, V. I., Joo, S. H., and Ryoo, R. 2002. "Detailed Structure of the Hexagonally Packed Mesostuctured Carbon Material CMK-3". **Elsevier Journal** 40 (13), 2477-2481.
- Sufnarski, M. D. 1999. **The Regeneration of Granular Activated Carbon Using Hydrothermal Technology**. Texas: Texas University.
- Suparno, O., Covington, A. D., dan Evans, C. S. 2017. "Teknologi Baru Penyamakan Kulit Ramah Lingkungan: Penyamakan Kombinasi Menggunakan Penyamakan Nabati, Naftol dan Oksazolidin". **Jurnal Teknologi Industri Pertanian** 18 (2), 17-84.

- Syauqiah, I., Amalia, M., dan Kartini, A. 2011. "Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif". **Info Teknik**, 12 (1): 11-20.
- Tejada, C. N., Almanza, D., Villabona, A., Colpas, F., and Granados, C. 2017. "Characterization of Activated Carbon Synthesized at Low Temperature from Cocoa Shell (*Theobroma cacao*) for Adsorbing Amoxicillin". **SciELO** 12 (2), 26-32.
- Treybal, R. E. 1980. **Mass Transfer Operations**. New York: McGraw-Hill.
- Wardhani, E., Dirgawati, M., Astadipura, D. F. 2017. "Penentuan Jenis dan Dosis Koagulan dalam Mengolah Limbah Industri Penyamakan Kulit". **Tugas Akhir Itenas Bandung**.
- Weast, and Hodgman, S. 1972. **Handbook of Chemistry and Physics**. Ohio: Chemical Rubber Company.
- Wijayanti, A., Susatyo, E. B., Kurniawan, C., dan Sukarjo. 2018. "Adsorpsi Logam Cr (VI) dan Cu (III) pada Tanah dan Pengaruh Penambahan Pupuk Organik". **Indonesian Journal of Chemical Science** 7 (3), 242-248.
- Yogesh, R. E., and Sekaran, V. 2016. "COD Removal Efficiency of Activated Carbon Adsorbent for Tannery Wastewater Treatment". **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology** 5, 18213-18215.
- Yusuf, M. A., dan Tjahjani, A. 2013. "Adsorpsi Ion Cr (VI) oleh Arang Aktif Sekam Padi". **Unesa Journal of Chemistry** 2 (1), 84-88.

BIOGRAFI PENULIS



Crisda Yana merupakan putri pertama dari Bapak Yanson Riyedie dan Ibu Elia yang lahir pada 31 Maret 1998 di Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah. Pada tahun 2015 penulis diterima sebagai mahasiswa S1 Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya dan terdaftar dengan NRP 03211540000034.

Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia di berbagai kegiatan Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) ITS. Pada tahun

ke-tiga penulis menjadi kepala Divisi Hubungan Luar HMTL 17/18. Penulis juga turut andil dalam mengonsep kaderisasi atau Masa Kenal Lingkungan (MKL) dengan menjadi *Steering Committe* (SC) yang ditujukan untuk mengembangkan mahasiswa baru tahun pertama sehingga dapat beradaptasi dengan lingkungan perkuliahan. Di tahun keduanya berkuliah, penulis sudah berpartisipasi di lingkup organisasi institut dengan menjadi Staff Kementerian Hubungan Luar (HUBLU) BEM ITS 16/17. Penulis dapat dihubungi via e-mail crisdayana31398@gmail.com.

LAMPIRAN A PROSEDUR ANALISIS LABORATORIUM

A. Analisis COD Metode Titimetri

Alat :

1. Spektroquant
2. Vials
3. Propipet
4. Rak COD
5. Pipet ukur 10 mL

Bahan :

1. Digestion solution ($K_2Cr_2O_7$)
2. Larutan FAS
3. Sulfuric Acid
4. Indikator ferroin

Prosedur :

1. Masukkan sampel sebanyak 2,5 mL kedalam vials
2. Tambahkan $K_2Cr_2O_7$ sebanyak 1,5 mL
3. Tambahkan Sulfuric Acid sebanyak 2,5 mL
4. Tutup botol vials dengan rapat panaskan didalam COD digestion selama 2 jam dengan suhu $150^\circ C$
5. Setelah 2 jam tunggu hingga dingin, suhu turun sampai $100^\circ C$
6. Tambahkan 2 tetes indikator ferroin
7. Titrasi dengan larutan FAS hingga muncul warna merah bata
8. Hitung hasil titrasi dengan rumus :

$$\frac{((A - B)) \times N \times 8000}{2,5} \times P$$

Keterangan : A = mL titrasi blangko
 B = mL titrasi sampel
 N = Normalitas FAS
 P = Jumlah Pengenceran

B. Analisis Kekerusuhan

Peralatan:

1. Spektrofotometer dan kuvet
2. Beaker glass 100 mL

Prosedur Kerja Analisis:

1. Endapkan padatan yang terdapat pada sampel
2. Ambil 100 mL sampel dalam beaker glass 100 mL
3. Atur spektrofotometer pada panjang gelombang 390 nm
4. Isi kuvet dengan aquadest sebagai blanko, letakkan pada spektrofotometer dan set zero (0)
5. Gantikan aquadest dengan sampel
6. Bandingkan hasil sampel dengan kurva kalibrasi

C. Analisis Warna

Peralatan:

1. Turbidimeter

Prosedur Kerja Analisis:

1. Nyalakan turbidimeter
2. Masukkan blanko ke dalam kuvet turbidimeter dan set zero (0)
3. Ganti larutan blanko dengan larutan air sampel pada kuvet
4. Catat angka yang dihasilkan

LAMPIRAN B DATA HASIL ANALISIS

A. Hasil Perhitungan Uji Media

a. Ketahanan Fisik Media

- Berat media = 10 gram
- Larutan HCl (20%) = 50 ml (untuk merendam media ± 24 jam)
- Berat media setelah di oven 105°C ± 24 jam, desikator 15 menit = 9,886 g
- Hasil Perhitungan:

$$\begin{aligned}\text{Ketahanan Fisik Media} &= \frac{(A-B)}{A} \times 100\% \\ &= \frac{(10-9.886)}{10} \times 100\% \\ &= 1,14 \%\end{aligned}$$

b. Uji Densitas

1. True Bulk Density

- Berat media awal = 50 g (P)
- Volume terbaca saat perendaman dengan aquades = 150 mL
- Berat media setelah ditiriskan = 72,914 g
- Hasil Perhitungan:

$$\begin{aligned}\text{PTd} \left(\frac{g}{mL}\right) &= \frac{50}{\frac{(V-P-50)}{50}} \\ &= \frac{50}{(150-72,914-50)} \\ &= 1,846 \text{ g/mL}\end{aligned}$$

2. Apparent Density

- Berat media kering = 50 g
- Volume gelas ukur = 23,7 ml
- Hasil Perhitungan

$$\begin{aligned}\text{PAD} \left(\frac{g}{mL}\right) &= \frac{\text{Berat kering karbon}}{50 \text{ mL}} \\ &= \frac{23,7}{50 \text{ mL}} \\ &= 0,474 \text{ g/mL}\end{aligned}$$

B. Hasil Perhitungan Kadar Air Karbon Aktif

- Berat sampel = 2 g
- Suhu oven = 105°C

- Waktu pengeringan = 3 jam
- Desikator = 15 menit

Data Pengamatan Uji Kadar Air

Massa Cawan Kosong	Massa Cawan + Sampel	Massa setelah oven	Kadar Air
(g)	(g)	(g)	(%)
33,8214	35,8214	35,7362	4,26

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Air (\%)} &= \frac{\text{massa awal sampel} - \text{massa akhir sampel}}{\text{massa awal sampel}} \times 100\% \\
 &= \frac{35,8214 - 35,7362}{2} \times 100\% \\
 &= 4,26\%
 \end{aligned}$$

C. Hasil Perhitungan Kadar Abu Karbon Aktif

- Berat sampel = 2 g
- Suhu furnace = 550°C
- Waktu furnace = 2 jam
- Waktu Oven = 15 menit
- Waktu Desikator = 15 menit

Data Pengamatan Uji Kadar Abu

Massa Cawan Kosong	Massa Cawan + Sampel	Massa setelah oven	Kadar Air
(g)	(g)	(g)	(%)
37,6853	39,6853	39,6427	2,13

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Air (\%)} &= \frac{\text{massa awal sampel} - \text{massa akhir sampel}}{\text{massa awal sampel}} \times 100\% \\
 &= \frac{39,6853 - 39,6427}{2} \times 100\% \\
 &= 2,13\%
 \end{aligned}$$

D. Perhitungan Kecepatan Pengadukan

- Kecepatan 250 rpm (Pengadukan Cepat)

$$NR_e = \frac{Di^2 n \rho}{\mu} = \frac{0,07^2 m \times \left(\frac{240}{60}\right) rps \times 996,26 kg/m^3}{0,8363 \times 10^{-3} N det/m^2} = 24322 > 10000$$

(turbulen)

$$\begin{aligned} P &= K_T n^3 Di^5 \rho \\ &= 2,25 \times \left(\frac{250}{60}\right)^3 rps \times (0,07)^5 m \times 996,26 kg/m^3 \\ &= 0,27 N-m/det \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G &= \sqrt{\frac{P}{\mu V}} \\ &= \sqrt{\frac{0,27 N-m/det}{0,8363 \times 10^{-3} N \frac{det}{m} \times 0,0005 m^3}} \\ &= 807,3/s \end{aligned}$$

$$G_{td} = 807,3/s \times 60 s = 48438$$

- Kecepatan 60 rpm (Pengadukan Lambat)

$$NR_e = \frac{Di^2 n \rho}{\mu} = \frac{0,07^2 m \times \left(\frac{40}{60}\right) rps \times 996,26 kg/m^3}{0,8363 \times 10^{-3} N det/m^2} = 5837 > 20 \text{ (turbulen)}$$

$$\begin{aligned} P &= K_T n^3 Di^5 \rho \\ &= 2,25 \times \left(\frac{60}{60}\right)^3 rps \times (0,07)^5 m \times 996,26 kg/m^3 \\ &= 3,77 \times 10^{-3} N-m/det \end{aligned}$$

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}}$$

$$= \sqrt{\frac{3,77 \times 10^{-3} \text{ N-m/det}}{0,8363 \times 10^{-3} \text{ N} \frac{\text{det}}{\text{m}} \times 0,0005 \text{ m}^3}}$$

$$= 94,9/\text{s}$$

$$\text{Gtd} = 94,9/\text{s} \times (60 \text{ detik} \times 10 \text{ menit}) = 56940$$

Tabel LB. 1 Hasil Perhitungan Isoterm Parameter COD

Dosis (g/L)	Konsentrasi (mg/L)		% Removal	Volume (L)	Massa (g)	qe (mg/g)	ce/qe	log ce	log qe
	Awal	Akhir							
0,5	560	267	52%	1	0,5	586,0	0,46	2,43	2,77
1	560	200	64%	1	1	360,0	0,56	2,30	2,56
1,5	560	227	59%	1	1,5	222,0	1,02	2,36	2,35
2	560	273	51%	1	2	143,5	1,90	2,44	2,16
5	560	313	44%	1	5	49,4	6,34	2,50	1,69
10	560	400	29%	1	10	16,0	25,00	2,60	1,20
15	560	387	31%	1	15	11,5	33,55	2,59	1,06
20	560	447	20%	1	20	5,7	79,12	2,65	0,75
30	560	480	14%	1	30	2,7	180,00	2,68	0,43

Contoh perhitungan parameter COD waktu 100 menit

Konsentrasi awal (Co) = 560 mg/L

Konsentrasi akhir (Ce) = 267 mg/L

$$\% \text{ Removal} = \frac{(Co - Ce)}{Co} \times 100\%$$

80

$$= \frac{560-267}{560} \times 100\%$$

$$= 52\%$$

Volume = 1 L

Massa (m) = 0,5 g

$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m}$
 $= \frac{560 - 267 \times 1}{0,5}$
 $= 586,0 \text{ mg/g}$

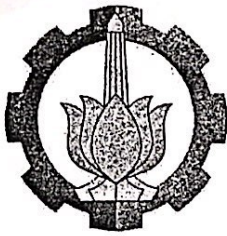
$C_e / q_e = 267 / 586,0$
 $= 0,46$

$\text{Log } q_e = \text{Log } (586)$
 $= 2,77$

$\text{Log } c_e = \text{Log } (267)$
 $= 2,55$

$\text{Log } C_e = \text{Log } (820)$
 $= 2,913$

$\text{Log } q_e = \text{Log } (1,18)$
 $= 0,0725$



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : CRISDA YANA
NRP : 03211540000034
Judul : Efisiensi Pengujian BOD, COD, TSS dan Cr pada Limbah Industri
Pencampuran Kulit dengan Proses Adsorpsi.

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	25 Feb 2019	- Ace Revisi Proposal - Persiapan sampling - Pengawetan sampel - Jumlah sampel yang diambil	
2	19 Maret 2019	- karakteristik awal - Hasil uji variasi massa pertama - karbon aktif yang membuat sampel bening - Perilaku terhadap karbon aktif. - Foto COD / BOD	
3.	28 Maret 2019	- Variasi massa dengan pengaluturan lebih lambat (60rpm) - Hasil uji lab parameter Cr - Berdiskusi terus mengambil massa yg mana	
4.	10 April 2019	- Memaparkan hasil running variasi pH - Memotuskan pH yg digunakan - Mencari kelarutan Cr pada pH berapa - Diskusi tentang pengambilan limbah - Menampilkan desain reaktor	
5.	26 April 2019	- Menampilkan hasil running reaktor - Berdiskusi tentang kelarutan Cr - Membahas outline laporan	
6.	27 Mei	- Perbaikan setelah progres - asistensi revisi - Massa karbon aktif. - Sampling	

Surabaya, 30 April 2019
Dosen Pembimbing

7. 13 Juni

8.



FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Crisda Ybra
NRP : 032115410000034
Judul Tugas Akhir : pengolahan Air Limbah Industri penyamakan kulit dengan
proses Koagulasi-Flokulasi dan Adsorpsi,

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Apa yang disebut dengan warna susu? Berikan ukuran pori filter	Sudah dilengkapi dengan literatur
2.	Jelaskan mekanisme terbentuknya destabilisasi flok.	Sudah terjawab
3.	Tidak usah diberikan (%) pada grafik	Sudah diperbaiki
4.	Membuat diagram alir pengolahan	Sudah dilengkapi
5.	Membuat kurva penyisihan terhadap dosis koagulan mulai dari dosis terkecil	Sudah ditambahkan
6.	Tuliskan bahan kimia apa saja yg ditambahkan pada proses penyamakan kulit?	Sudah ditambahkan sesuai literatur.

Dosen Pembimbing,

Mahasiswa Ybs.,

Crisda Ybra



UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
 Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
 No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
 Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
 Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 15 Juli 2019
 Pukul : 09.30
 Lokasi : TL-105
 Judul : Efisiensi Penyisihan COD, Kekeruhan dan Warna pada Limbah Industri Penyamakan Kulit dengan Proses Koagulasi-Flokulasi dan Adsorpsi
 Nama : Crisda Yana
 NRP. : 03211540000034
 Topik : Penelitian

Nilai TOEFL 487

Tanda Tangan

Crisda Yana

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
①	<u>Harmon</u> data matematika serum → 0 mg/L.
②	Prof. Juliana ① Mekanisme fine dan fine part adsorpsi.
③	<u>Bu. Ellina</u> ① Gambar reactor. ② Gambar 4,16 → lengkapi. ③ Pembakuan + Cromium. ④ Pembakuan SEM. ⑤ Buku Benefield.
	④ <u>Harmin</u> Data → batch → hilang Data → kolom/reaktor → hanya sampai jam/menit maksimum. spt. 24/7/2019

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
 Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
 Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

- ① Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D.