

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cucian

Limbah cucian merupakan air sisa atau air buangan dari kegiatan pencucian yang menggunakan deterjen. Air yang digunakan pada kegiatan cucian bertugas untuk melarutkan deterjen dan juga kotoran yang menempel pada pakaian. Air limbah cucian memiliki kandungan yang bervariasi, yang dipengaruhi oleh komposisi deterjen, pelembut pakaian dan komposisi kotoran dari pakaian. Komposisi yang paling dominan dari air limbah cucian adalah kandungan dari deterjen (Sutanto, 2015).

Deterjen merupakan produk pembersih yang merupakan penyempurnaan dari sabun. Kelebihan deterjen dibandingkan dengan sabun adalah kemampuannya dalam mengatasi air sadah dan larutan asam. (Apriyani, 2017). Deterjen dalam kerjanya memiliki kemampuan yang unik untuk mengangkat kotoran, baik yang larut dalam air maupun yang tidak larut dalam air. Deterjen merupakan molekul amfipatik yang mengandung gugus polar dan nonpolar, sehingga dikenal sebagai surfaktan (*surface active agent*) karena dapat menurunkan tegangan permukaan air.

Limbah cucian yang dihasilkan oleh deterjen mengandung bahan-bahan aktif yang berbahaya bagi kesehatan makhluk hidup dan dapat merusak lingkungan. Sebagian besar deterjen yang digunakan mengandung surfaktan *Linier Alkyl Sulfonat* (LAS), yang merupakan anionik surfaktan yang berfungsi menurunkan tegangan permukaan air, selain itu di dalam deterjen juga mengandung kadar fosfat yang tinggi. Tingginya kandungan fosfat berasal dari *Sodium Tripoly Fosfate* (STPP) yang berfungsi sebagai builder yang merupakan unsur terpenting kedua setelah surfaktan karena kemampuannya menonaktifkan mineral kesadahan dalam air. Apabila kandungan fosfat dalam air limbah cucian semakin tinggi maka hal ini akan mengganggu lingkungan sekitar badan air, yaitu menyebabkan terjadinya eutrofikasi. Eutrofikasi merupakan suatu kondisi dimana badan air menjadi kaya akan nutrisi terlarut, menurunnya kandungan oksigen terlarut serta

kemampuan daya dukung badan air terhadap biota air (Kurniati, 2008). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, batas maksimum konsentrasi total Fosfat sebagai P dalam air yang dipergunakan untuk mengairi tanaman adalah sebesar 5 mg/L.

Limbah cucian mengandung beberapa bahan kimia pada bahan baku deterjen seperti Fosfat, surfaktan serta kadar padatan terlarut, kekeruhan, *Biological Oxygen Demands* (BOD), dan *Chemical Oxygen Demands* (COD) (Padmaningrum, 2014). Uji karakteristik air limbah laundry digunakan untuk mengetahui konsentrasi BOD, COD, fosfat, dan pH air limbah cucian yang selanjutnya akan dibandingkan dengan baku mutu air limbah bagi usaha/kegiatan cucian menurut Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012. Kusuma (2019) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa limbah cucian mempunyai karakteristik yang bisa dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah Cucian

Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Baku Mutu
BOD	mg/L	441	Maks. 75
COD	mg/L	910,50	Maks. 180
Fosfat	mg/L	38,24	Maks. 2
pH	-	9	6-9
Surfaktan	mg/L	47,8	-

2.2 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam proses pemisahan, seperti halnya dengan metode proses absorpsi, distilasi, dan ekstraksi. Adsorpsi adalah proses penjerapan zat terlarut (solute) dari fluida ke permukaan aktif padatan. Fenomena ini terjadi karena terdapat gaya-gaya yang tidak seimbang pada batas antar permukaan. Adanya gaya ini menyebabkan padatan cenderung menarik molekul-molekul yang lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan. Adsorpsi berkaitan dengan proses akumulasi atau pemusatan substansi adsorbat pada permukaan adsorben. Hal ini dapat terjadi melalui antarmuka dua fasa, misal fasa cair dengan cair, fasa gas dengan cair, fasa gas dengan padat atau fasa cair dengan padat. Molekul yang terjerap akan berada dibawah pengaruh medan listrik pada

permukaan adsorben, sehingga molekul akan kehilangan kekuatan bergerak bebas. Proses adsorpsi digambarkan sebagai proses molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat penyerap akibat ikatan fisika dan kimia. Permukaan padatan yang kontak dengan suatu larutan cenderung untuk menghimpun lapisan dari molekul–molekul zat terlarut pada permukaannya akibat kesetimbangan gaya-gaya pada permukaan (Sawyer, dkk. 1994).

Gaya tarik menarik dari suatu padatan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu gaya fisika yang menghasilkan adsorpsi fisika dan gaya kimia yang menghasilkan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika melibatkan gaya antar molekul. Adsorpsi fisika biasanya berlangsung pada temperatur rendah, jumlah zat yang terjerap semakin kecil dengan naiknya temperatur. Hal ini dikarenakan entalpi proses ini tidak mencukupi untuk terjadinya pemutusan ikatan, sehingga spesies yang teradsorpsi secara fisika umumnya tetap utuh.

Adsorpsi fisika menghasilkan ikatan yang lemah pada permukaan adsorben dan bersifat *reversible*, sehingga substansi yang sudah terikat tersebut relatif mudah dilepaskan kembali dengan cara menurunkan tekanan gas atau konsentrasi zat terlarut. Akibat lemahnya ikatan yang terbentuk, proses desorpsi (pelepasan kembali zat yang terserap) dimungkinkan terjadi pada temperatur yang sama (Udyani, 2014).

Adsorpsi kimia berlangsung dengan melibatkan ikatan koordinasi dari hasil penggunaan pasangan elektron secara bersama-sama oleh adsorben dan adsorbat. Pada adsorpsi jenis ini dihasilkan panas yang tinggi, yaitu mendekati harga untuk terjadinya ikatan kimia. Besarnya energi yang terlibat menyebabkan adsorbat sangat sukar dilepaskan kembali, dan banyaknya substansi yang teradsorpsi merupakan fungsi dari tekanan, konsentrasi serta temperatur (Udyani, 2014).

Daya adsorpsi merupakan ukuran kemampuan suatu adsorben menarik sejumlah adsorbat. Proses adsorpsi tergantung pada luas spesifik padatan atau luas permukaan adsorben, konsentrasi keseimbangan zat terlarut atau tekanan adsorpsi gas, temperatur pada saat proses berlangsung dan sifat adsorbat atau adsorben itu sendiri. Makin besar luas

permukaannya, maka daya adsorpsinya akan makin kuat. Sifat adsorpsi pada permukaan zat padat sangat selektif artinya pada campuran zat hanya satu komponen yang diadsorpsi oleh zat padat tertentu. Temperatur pada proses adsorpsi tidak hanya mempengaruhi daya adsorpsi, tetapi juga hasil adsorpsi.

Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut:

1. Luas permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben.

2. Jenis adsorbat

Peningkatan polarisabilitas adsorbat akan meningkatkan kemampuan adsorpsi molekul yang mempunyai polarisabilitas yang tinggi (polar) memiliki kemampuan tarik menarik terhadap molekul lain dibandingkan molekul yang tidak dapat membentuk dipol (non polar); Peningkatan berat molekul adsorbat dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi. Adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah diadsorpsi dibandingkan rantai yang lurus.

3. Struktur molekul adsorbat

Hidroksil dan amino mengakibatkan penurunan kemampuan penyisihan sedangkan Nitrogen meningkatkan kemampuan penyisihan.

4. Konsentrasi Adsorbat

Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.

5. Temperatur

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun.

6. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi. Syarat – syarat adsorben yang baik antara lain mempunyai daya serap yang besar, berupa zat padat yang mempunyai luas permukaan yang besar, tidak boleh larut dalam zat yang akan diadsorpsi, tidak boleh mengadakan reaksi kimia dengan campuran yang akan dimurnikan, dapat diregenerasi kembali dengan mudah dan tidak beracun (Udyani, 2014).

7. Kecepatan pengadukan

Menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, tetapi bila pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

8. Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.

9. Waktu kesetimbangan

Waktu kesetimbangan dipengaruhi oleh:

- tipe biomasa (jumlah dan jenis ruang pengikatan),
- ukuran dan fisiologi biomasa (aktif atau tidak aktif),
- ion yang terlibat dalam sistem biosorpsi
- konsentrasi ion logam.

Porositas adsorben juga mempengaruhi daya adsorpsi dari suatu adsorben. Adsorben dengan porositas yang besar mempunyai kemampuan menyerap yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben yang memiliki porositas kecil. Untuk meningkatkan porositas dapat dilakukan dengan mengaktivasi secara fisika seperti mengalirkan uap air panas ke dalam pori-pori adsorben atau mengaktivasi secara kimia.

Daya adsorpsi suatu adsorben dapat diukur menggunakan berbagai alat, mulai dari yang paling sederhana hingga yang canggih seperti teknik spektroskopi. Pada instrument sederhana pengukuran dilakukan dengan membandingkan konsentrasi adsorbat sebelum dan sesudah adsorpsi. Tentu saja dengan asumsi tertentu. Sedangkan dengan instrument spektroskopi

yang diteliti adalah adsorbennya yaitu dengan menganalisis komposisi adsorbennya. Saat ini spektroskopi yang banyak digunakan adalah spektroskopi photoelektron sinar-X atau spektroskopi infra merah refleksi – adsorpsi.

Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan interaksi antara adsorbat dan adsorben yang digunakan untuk menghilangkan polutan organik. Kapasitas adsorpsi (q) adalah jumlah adsorbat yang teradsorb atau terikat pada adsorben yang dapat dihitung menggunakan Persamaan (1) berikut :

$$Q_e = \frac{C_0 - C_e}{W} V \dots\dots\dots(1)$$

Dimana : Q_e = Jumlah adsorbat terserap per massa padatan saat setimbang(mg/gr)

C_0 = Konsentrasi fosfat awal (mg/L)

C_e = Konsentrasi fosfat akhir (mg/L)

V = Volume sampel limbah (L)

W = Massa adsorben yang digunakan (gr)

Terdapat beberapa jenis persamaan isotherm adsorpsi yang sering digunakan secara luas, yaitu isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich.

1. Persamaan Langmuir

Langmuir menurunkan teori isotherm adsorpsi dengan menggunakan model sederhana berupa padatan yang mengadsorpsi gas pada permukaannya. Model ini mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum mengakibatkan adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben.

Model isotherm Langmuir ini didasarkan pada asumsi bahwa laju adsorpsi akan bergantung pada factor ukuran dan struktur molekul adsorbat, sifat pelarut dan porositas adsorben, situs pada permukaan yang homogeny, dan adsorpsi terjadi secara *monolayer*. Proses adsorpsi memiliki dua tahap yaitu perpindahan adsorbat dari fasa larutan ke permukaan adsorben dan adsorpsi pada permukaan adsorben.

Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir (Zahroh, 2010) sebagaimana pada Pers. (2) :

$$Q = \frac{b \cdot K \cdot C_e}{(1 + K \cdot C_e)} \dots\dots\dots(2)$$

Pers. (2) dapat diturunkan secara linier menjadi Pers. (3) :

$$\frac{C_e}{Q} = \frac{1}{Kb} + \frac{1}{b} C_e \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

C_e = konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (mg/L)

Q = jumlah adsorbat teradsorpsi per bobot adsorben (mg/g)

K = konstanta kesetimbangan adsorpsi (L/mg)

B = kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben (mg/g)

2. Persamaan Freundlich

Model Freundlich menjelaskan bahwa proses adsorpsi terjadi pada permukaan yang heterogen dan kapasitas adsorpsi berhubungan dengan konsentrasi adsorbat. Persamaan umum Freundlich dapat dijelaskan pada Pers. (4).

$$\log Q = \log k + \frac{1}{n} \log C_e \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

C_e = konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (mg/L)

K = konstanta adsorpsi Freundlich

N = konstanta empiris

Q = jumlah adsorbat teradsorpsi per bobot adsorben (mg/g)

Kurva persamaan garis lurus Langmuir dan Freundlich diperoleh dengan memplot berturut-turut C_e/q_e terhadap C_e dan $\log q_e$ terhadap $\log C_e$.

2.3 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan suatu bahan karbon yang diproses dengan menghasilkan struktur daya serap tinggi dan khususnya luas permukaan area internal yang besar. Tentunya, hal ini terdiri dari karbon (87-97%), tetapi juga mengandung elemen-elemen seperti hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen maupun berbagai senyawa lain dari bahan mentah yang digunakan dalam pembuatan atau dihasilkan selama proses produksi. Karbon aktif bersifat hidrofobik, yaitu molekul pada karbon aktif cenderung tidak bisa berinteraksi dengan molekul air. Karbon aktif dapat ditingkatkan daya adsorpsinya melalui proses aktivasi, dimana pada proses ini terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaannya. Di samping itu pada proses aktivasi juga terbentuk pori-pori baru karena adanya pengikisan atom karbon melalui pemanasan. Pada karbon aktif bubuk, semakin luas permukaan pori adsorben maka daya adsorpsinya juga akan semakin besar. Karbon aktif berbentuk granular dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Karbon Aktif

Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/g dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. (Sembiring, 2003).

Sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serap. Daya serap karbon aktif sangat besar yaitu 25-100 % terhadap berat karbon aktif. Untuk menghilangkan bahan-bahan terlarut dalam air, biasanya digunakan karbon aktif dengan mengubah sifat permukaan partikel karbon melalui proses

oksidasi. Partikel ini akan menyerap bahan-bahan organik dan akan terakumulasi pada bidang permukaannya. Adsorpsi oleh karbon aktif akan melepaskan gas, cairan dan zat padat dari larutan dimana kecepatan reaksi dan kesempurnaan pelepasan tergantung pada pH, suhu, konsentrasi awal, ukuran molekul, berat molekul dan struktur molekul, sementara penyerapan terbesar adalah pada pH rendah (Jankowska, 1991).

Daya serap karbon aktif ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap karbon aktif dilakukan aktivasi dengan aktivator bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, karbon aktif akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia.

Daya adsorpsi karbon aktif disebabkan karena karbon mempunyai pori-pori dalam jumlah besar dan proses adsorpsi akan terjadi karena adanya perbedaan energi potensial antara permukaan karbon dan zat yang diserap. Karbon merupakan bahan padat berpori dan umumnya diperoleh dari hasil pembakaran kayu atau bahan yang mengandung unsur karbon. Umumnya karbon mempunyai daya adsorpsi yang rendah terhadap zat warna dan daya adsorpsi tersebut dapat diperbesar dengan cara mengaktifkan karbon menggunakan uap atau bahan kimia (Ketaren, 1998).

Secara umum pembuatan karbon aktif berlangsung tiga tahap yaitu:

1. Proses Dehidrasi

Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan bahan baku tersebut pada suhu 105 - 170 °C selama 18 - 24 jam dengan tujuan untuk menguapkan seluruh kandungan air pada bahan baku.

2. Proses Karbonisasi

Proses ini dilakukan dengan cara pengubahan komposisi bahan baku yang mengandung karbon untuk memisahkan bahan non karbon yang terperangkap dalam bahan baku, sehingga sebagian besar yang tersisa dari bahan adalah karbon. Proses karbonisasi ini dilakukan pada suhu 450 – 750 °C. Selain bahan non karbon, sebagian karbon akan ikut menguap karena bahan non karbon terikat pada rantai karbon, yaitu berupa CO

(karbon monoksida), CO₂ (karbon dioksida) maupun hidrokarbon ringan yang berupa gas.

3. Proses Aktivasi

Proses Aktivasi adalah suatu perubahan fisika dimana permukaan karbon aktif menjadi jauh lebih banyak karena hidrokarbon yang terkandung dalam karbon dihilangkan. Untuk memperoleh karbon yang berpori dan luas permukaan yang besar dapat diperoleh dengan cara mengaktivasi bahan. Ada dua cara dalam melakukan proses aktivasi yaitu:

a. Aktivasi Fisika

Proses aktivasi ini dilakukan dengan mengalirkan aktivator dalam reaktor pada suhu tinggi. Aktivasi dengan uap air biasanya dilakukan pada suhu 750 – 900 °C dan aktivasi dengan CO₂ (karbon dioksida) dilakukan pada suhu 850 - 1100 °C. Namun aktivasi dengan CO₂ (karbon dioksida) jarang dilakukan karena reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis sehingga lebih sulit untuk dikontrol. Proses ini harus mengontrol suhu, lama waktu aktivasi dan laju alir aktivator sehingga dihasilkan karbon aktif dengan susunan karbon yang padat dan memiliki pori-pori yang luas.

b. Aktivasi Kimia

Proses aktivasi ini dilakukan dengan cara merendam bahan baku pada bahan kimia seperti asam klorida (HCl), asam nitrat (HNO₃), asam phosphate (H₃PO₄), sianida (CN), kalsium hidroksida (Ca(OH)₂), kalsium klorida (CaCl₂), kalsium fosfat (Ca(PO₄)₂), natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), natrium sulfat (Na₂SO₄), zink klorida (ZnCl₂) dan natrium karbonat (Na₂CO₃) sebelum proses karbonisasi. Metode aktivasi kimia juga dapat dilakukan dengan merendam bahan baku yang telah dikarbonisasi.

Aktivasi sangat penting untuk menghasilkan produk menjadi adsorben yang mempunyai porositas yang besar dan permukaan yang luas yaitu 500-1500 m²/gr. Verayana (2018) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa karbon aktif yang diaktivasi menggunakan HCl dan H₃PO₄

mengandung kadar air yang lebih sedikit dibandingkan dengan tidak diaktivasi. Semakin rendah kadar air menunjukkan sedikitnya air yang tertinggal dan menutupi pori karbon aktif. Semakin besar pori-pori maka luas permukaan karbon aktif semakin bertambah (Lyliana, 2013).

Adsorpsi karbon aktif dari fase cairan banyak digunakan di industri makanan untuk berbagai produksi dan proses pembuatan makanan, seperti pada industri gula yang menggunakan adsorben karbon aktif untuk pemurnian sirup dan proses deklorinasi gula sirup yang merupakan tahapan terakhir dalam pemurnian gula. Secara teknologi, sistem pemurnian air dengan karbon aktif digunakan untuk menghilangkan substansi yang berasa dan berbau tidak enak, serta untuk menghilangkan oksidasi produk yang dihasilkan dari *treatment* air dengan oksidator yang kuat (Jankowska, 1991).

Menurut SII (Standar Internasional Indonesia), karbon aktif yang baik mempunyai persyaratan seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persyaratan Karbon Aktif Menurut SII No. 0258-79

Jenis	Persyaratan (%)
Bagian yang hilang pada pemanasan	Maks. 15
Air	Maks. 10
Abu	Maks. 2,1
Daya serap terhadap Iod	Min. 20

2.4 Fosfor bagi Tanaman

Kebutuhan tanaman akan unsur hara Fosfor untuk tumbuh kembang tanaman sangatlah penting. Petani harus bisa mencukupi kebutuhan akan unsur ini agar tanaman budi dayanya dapat tumbuh dengan subur dan memberikan hasil yang maksimal. Unsur Fosfor diperlukan dalam jumlah yang lebih sedikit daripada unsur Nitrogen dan Kalium. Ini karena, Fosfor tidak mudah terlarut dalam air dan cenderung memiliki pergerakan yang lambat di dalam tanah. Meskipun begitu, Fosfor merupakan kunci kehidupan dalam pertanian yang tidak bisa dilewatkan peranannya.

Unsur Fosfor (P) sangat berguna bagi tanaman karena berperan penting dalam pembentukan albumin, pembelahan sel untuk daun, buah dan biji serta untuk pembentukan bunga. Unsur Fosfor bagi tanaman berguna untuk merangsang pertumbuhan akar, khususnya akar benih dan tanaman muda. Selain itu, fosfor berfungsi sebagai bahan mentah untuk pembentukan sejumlah protein tertentu, membantu asimilasi dan pernapasan serta mempercepat pembungaan, pemasakan biji, dan buah (Lingga, 2013).

Pemupukan fosfor dapat merangsang pertumbuhan awal bibit tanaman. Fosfor merangsang pembentukan bunga, buah, dan biji. Bahkan mampu mempercepat pemasakan buah dan membuat biji menjadi lebih bernaas. Pemupukan fosfor sangat diperlukan oleh tanaman yang tumbuh didaerah dingin, tanaman dengan perkembangan akar yang lambat atau terhambat, dan tanaman yang seluruh bagiannya dipanen. Contoh tanaman yang perlu fosfor dalam jumlah besar diantaranya kedelai, kubis dan kacang-kacangan.