

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Limbah Cair

Air limbah atau air buang adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya dan pada umumnya bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup. Batasan lain mengatakan bahwa air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah cair yang berasal dari pemukiman, perdagangan, perkantoran dan industri.(Resi Vitra,2015:21)

Limbah cair merupakan cairan yang dihasilkan dari proses produksi.Limbah cair ini umumnya akan dikumpulkan terlebih dahulu kemudian akan mengalami proses pengolahan atau langsung dibuang ke perairan atau lingkungan. Pembuangan limbah cair langsung ke lingkungan akan sangat membahayakan karena adanya bahan-bahan berbahaya dan beracun ataupun kandungan limbah yang ada tidak mampu dicerna oleh mikroorganisme yang ada di lingkungan.

Dalam upaya mengurangi bahaya limbah cair pada lingkungan saat dibuang maka pengetahuan tentang karakteristik limbah menjadi sangat penting. Pengetahuan karakteristik limbah ini diperlukan untuk melakukan proses pengolahan dengan baik dan benar. Karakteristik limbah umumnya dikelompokkan dalam karakteristik fisik, kimia, dan biologis.(Nur Hidayat,2016)

B. Sumber Air Limbah

1. Air Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah air yang berasal dari usaha dan atau kegiatan pemukiman (real estate), rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama yang sebagai mana tercantum dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tahun 2003. Air limbah domestik adalah air yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk di dalamnya air buangan yang berasal dari WC, kamar mandi, tempat cuci dan tempat masak (Wahyudi, 2022).

2. Air Limbah Non Domestik

Limbah non domestik adalah limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi, dan sumber-sumber limbah lainnya. Limbah ini sangat bervariasi lebih-lebih untuk limbah industri yang biasanya menghasilkan bahan berbahaya dan beracun (B3). Perkembangan kota semakin pekat akan meningkatkan aktivitas sehingga menyebabkan peningkatan kebutuhan akan air bersih yang besar (Wahyudi, 2022).

3. Air Limbah Industri

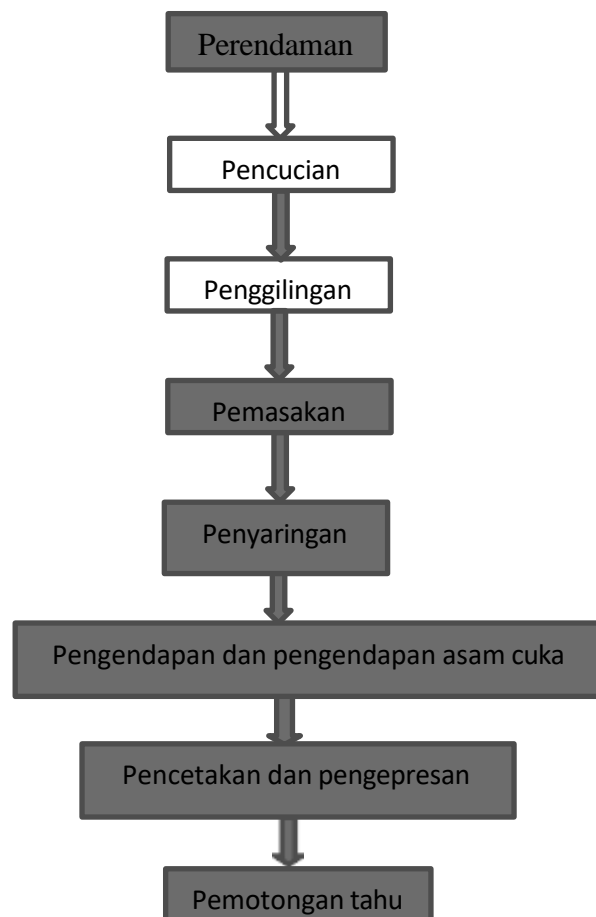
Air limbah industri yang berasal dari berbagai jenis industri akibat proses produksi. Zat-zat yang terkandung didalamnya sangat bervariasi sesuai dengan bahan baku yang digunakan oleh masing-masing industri antara lain: nitrogen sulfide, amoniak, lemak, garam-garam, zat pewarna, mineral, logam berat, zat pelarut, dan sebagainya.

Oleh sebab itu pengolahan jenis air limbah ini menjadi lebih rumit karena harus mempertimbangkan dampaknya pada lingkungan (Wahyudi, 2022).

4. Air Limbah dari Daerah Perkotaan

Air limbah buangan ini berasal daerah perkantoran, perdagangan, hotel, dan tempat-tempat umum lainnya. Pada umumnya zat yang terkandung dalamnya asam dengan air limbah domestik (Wahyudi, 2022).

C. Proses Produksi Tahu



Gambar 2.1 Alur Proses Produksi Tahu

1. Perendaman

Perendaman bertujuan untuk melunakkan struktur selulernya sehingga mempermudah dan mempercepat penggilingan. Biasanya kedelai direndam dalam air sebanyak 3 kali beratnya sampai bobotnya menjadi sekitar 2,2 kali bobot kedelai kering. Lama perendaman kedelai antara 8-12 jam. Lama perendaman kedelai berpengaruh sangat nyata terhadap semua parameter yang diamati. Semakin lama perendaman maka kadar protein dan pH semakin menurun sedangkan kadar air semakin meningkat. Rasa-aroma dan tekstur tahu semakin meningkat sampai lama perendaman 4 jam kemudian menurun kembali pada lama perendaman 6 dan 8 jam. Pada tahapan perendaman ini, kedelai direndam dalam sebuah timba perendam. Langkah pertama adalah memasukan kedelai kedalam wadah yang berisikan air secukupnya, kurang lebih 3 jam. Jumlah air yang dibutuhkan tergantung dari jumlah kedelai, intinya kedelai harus terendam semua (Saleh, Alwi, & Herdhiansyah, 2020).

2. Pencucian

Rendam dalam air bersih selama 8 jam paling sedikit 3 liter air untuk 1 kg kedelai. Kedelai akan mengembang jika direndam. Cuci berkali-kali kedelai yang telah direndam. Apa bila kurang bersih maka tahu yang dihasilkan akan asam. Proses pencucian merupakan proses lanjutan setelah perendaman. Sebelum dilakukan proses pencucian,

kedelai yang didalam timba dikeluarkan dari wadah pencucian dan dimasukan kedalam ember- ember plastik untuk kemudian dicuci dengan air mengalir (Saleh, Alwi, & Herdhiansyah, 2020).

3. Penggilingan

Pada umumnya atau didaerah lain, urutannya adalah pengilingan- perebusan-penyaringan. Namun pada proses pembuatan tahu di Bandungan, urutannya adalah penggilingan-penyaringan-perebusan. Dengan metode ini, sari kedelai hasil penyaringan memungkinkan dapat dibuat tahu maupun susu kedelai. Tumbuk atau giling kacang kedelai dan tambahkan air panas sedikit demi sedikit hingga membentuk bubur. Proses penggilingan dilakukan dengan menggunakan mesin penggiling biji kedelai dengan mesin penggilingan (Saleh, Alwi, & Herdhiansyah, 2020).

4. Pemasakan

Pemasakan menggunakan uap air bertekanan langsung kedalam filtrat. Pemasakan dilakukan selama 15-30 menit. Volume masakan yang dihasilkan 700 L. setelah dilakukan pemasakan sampai suhu 70 °C, ditambah dengan asam cuka/jantu untuk mengendapkan dan mengumpulkan protein sehingga dapat memisahkan whey dengan gumpalan. Perebusan ini dimaksudkan untuk menginaktifaksi trypsin inhibitor, meningkatkan nilai gizi dan kualitas kedelai, mengurangi rasa mentah dan beany pada susu kedelai, menambahkan keawetan produk akhir dan merubah sifat protein kacang kedelai sehingga mudah

dikoagulasikan. Perebusan dilakukan pada suhu 100°C selama 10-15 menit. Masak bubur tersebut, jangan sampai mengental pada suhu 700-800 °C ditandai dengan adanya gelembung-gelembung kecil. Proses pemasakan ini dilakukan di wadah di bagian bawahnya terdapat pemanasan dengan bahan bakar yang digunakan sebagai sumber panas adalah kayu bakar (Saleh, Alwi, & Herdhiansyah, 2020).

5. Penyaringan

Menyaring bubur dan tambahkan menggunakan cairan (cuka tahu) untuk menggumpalkan bubur tahu yang telah dicampurkan air, saring bubur kedelai dan endapan airnya dengan menggunakan batu tahu (kalsium sulfat CaSO_4) sebanyak 1 gram atau 3 ml asam cuka untuk 1 liter sari kedelai, sedikit demi sedikit sambil diaduk perlahan. Proses penyaringan menggunakan kain saring. Pada proses penyaringan ini bubur kedelai yang sedikit mengental, saat penyaringan dilakukan penambahan air pada bagian tepi saringan agar tidak ada padatan yang tersisa di saringan (Saleh, Alwi, & Herdhiansyah, 2020),

6. Pengendapan dan Penambahan Asam Cuka

Pencetakan dan pengepresan sari pati kedelai yang sudah tercampur cuka tahu dengan ditaruh beruba batu yang diangkat secara manual oleh karyawan dengan berat sekitar 10-15 kg selama 30 menit proses terakhir adalah pemotongan tahu dengan alat pisau potong dan potongan bamboo lurus. Proses penyaringan diperoleh filtrat putih seperti susu yang kemudian akan diproses lebih lanjut. Filtrate yang didapat kemudian ditambahkan asam cuka dalam jumlah tertentu.

Fungsi penambahan asam cuka adalah mengendapkan dan menggumpalkan protein tahu sehingga terjadi pemisahan antara dengan gumpalan tahu. Setelah ditambahkan asam cuka terbentuk dua lapisanya itu lapisan atas whey dan lapisan bawah filtrat/endapan tahu. Endapan tersebut terjadi karena adanya koagulasi protein yang disebabkan adanya reaksi antara protein dan asam yang ditambahkan. Endapan tersebut yang merupakan bahan utama yang akan dicetak menjadi tahu. Lapisan atas yang berupa limbah cair merupakan bahan dasar yang akan diolah menjadi Nata De soya. Merupakan cairan yang diperoleh selama proses pengumpulan protein dan susu kedelai (Saleh, Alwi, & Herdhiansyah, 2020).

7. Pencetakan dan Pengepresan

Tahu dikeluarkan dari cetakan besi dan dilepaskan kain saringnya. Selanjutnya tahu dikeringkan kurang dari 3 menit bertujuan untuk mengurangi kandungan air di dalam tahu serta tahu dipotong tidak hancur. Tahap selanjutnya adalah tahu akan dipotong-potong dengan ukuran yang diinginkan sesuai pesanan. Hasil potongan tahu ini disesuaikan dengan harganya. Proses pencetakan dan pengepresan merupakan tahap akhir pembuatan tahu. Cetakan yang digunakan adalah terbuat dari kayu berukuran 70x70cm yang diberi lubang berukuran kecil disekelilingnya. Sebelum proses pencetakan yang harus dilakukan adalah memasang kain saring tipis dipermukaan cetakan. Selain itu, endapan yang telah dihasilkan pada tahap sebelumnya dipindahkan dengan menggunakan alat semacam wajan secara pelan-pelan.

Selanjutnya kain saring ditutup rapat dan kemudian diletakan kayu yang berukuran hampir sama dengan cetakan di bagian atasnya. Setelah itu, bagian atas cetakan diberi beban untuk membantu mempercepat proses pengepresan tahu. Waktu untung pengepresan ini tidak ditentukan secara tepat, pemilik mitra hanya memperkirakan dan membuka kain saring pada waktu tertentu (Saleh, Alwi, & Herdhiansyah, 2020).

8. Pemotongan Tahu

Gumpalan tahu yang sudah dipisahkan dengan air asam diletakan didalam cetakan kayu yang sebelumnya dilapisi dengan kain belacu. Setelah itu cetakan ditutup dan ditindih agar air yang masih tercampur pada gumpalan tahu dapat dibuang. Setelah tidak ada air lagi, maka tahu dikeluarkan dari cetakan lalu dipotong-potong dan diletakan di dalam tong bercampur air asam. Maka proses pengolahan selesai dan tahu siap dijual. Sebelum dikirim, tahu akan diperiksa kualitasnya dengan diliat langsung oleh pemiliknya. Setelah proses pencetakan selesai, tahu yang sudah jadi dikeluarkan dari cetakan dengan cara membalik cetakan kemudian membuka kain saring yang melapisi tahu. Setelah itu tahu dipindahkan kedalam bak yang berisi air agar tahu tidak hancur. Sebelum siap dipasarkan tahu terlebih dahulu dipotong sesuai ukuran. Pemotongan dilakukan didalam air dan dilakukan secara cepat agar tahu tidak hancur (Saleh, Alwi, & Herdhiansyah, 2020).

D. Limbah Cair Industri Tahu

Limbah industri tahu adalah limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu mampu menghasilkan ± 700 kg/hari tahu dengan pemakaian air bersih +6000 l/hari dan menghasilkan limbah cair +4800 l/hari (Ridwan, 2017).

Pada pengolahan tahu akan menghasilkan buangan berupa limbah. Limbah tahu merupakan sisa pengolahan kedelai yang terbuang karena tidak terbentuk menjadi tahu. Limbah tahu ada dalam bentuk padat dan cair. Limbah bentuk padat yang merupakan kotoran hasil pembersihan kedelai, sisa bubur biasa disebut ampas tahu, sedangkan hasil pencucian tahu, berupa limbah cair. Limbah yang dominan terbuang yaitu dalam bentuk cair dan berpotensi mencemari perairan. Pada proses produksi tahu akan menghasilkan limbah cair yang berasal dari pembersihan kedelai, pembersihan peralatan, perendaman, pencetakan dan apabila dibuang langsung keperairan akan berbau busuk dan mencemari lingkungan (Pagoray, Sulistyawati, & Fitriyani, 2021)

Industri tahu yang menghasilkan limbah cair, apabila tidak dilakukan pengelolaan dan dibuang keperairan, akan mempengaruhi sifat fisik, kimia air yang berpengaruh pada kelangsungan hidup organisme perairan. Para pelaku usaha tidak menyadari dan minimnya wawasan tentang pengelolaan limbah cair tahu yang akan berdampak ke lingkungan. Air limbah tahu harus dilakukan pengolahan sebelum limbah tersebut dibuang keperairan

untuk mencegah timbulnya masalah buangan limbah tahu (Pagoray, Sulistyawati, & Fitriyani, 2021).

E. Dampak Limbah Cair Industri Tahu

Limbah cair industri tahu dapat menimbulkan pencemaran lingkungan yang cukup berat, karena mengandung zat organik dan anorganik yang cukup tinggi. Limbah cair mengandung polutan organik yang apabila terbuang ke badan

air penerima tanpa pengolahan sebelumnya akan mengakibatkan terganggunya kualitas air dan menurunnya daya dukung lingkungan perairan di sekitar industri tahu. Penurunan daya dukung lingkungan tersebut menyebabkan kematian organisme air, terjadinya alga blooming sehingga menghambat pertumbuhan tanaman air lainnya dan menimbulkan bau yang dapat menjadi media yang sangat baik untuk pertumbuhan dan perkembangan bakteri, baik bakteri patogen (bakteri dapat menyebabkan penyakit pada inang) maupun non patogen (bakteri yang tidak menimbulkan gangguan yang Dampak yang berat) (Ridwan, 2017).

Dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran bahan organik limbah industri tahu adalah gangguan terhadap biotik, turunnya kualitas air perairan akibat meningkatnya kandungan bahan organik. Aktivitas organisme dapat memecah molekul organik yang kompleks menjadi molekul organik yang sederhana. Bahan organik seperti ion fosfat dan nitrat dapat dipakai sebagai makanan oleh tumbuhan yang melakukan fotosintesis. Selama proses metabolisme oksigen yang banyak dikonsumsi, sehingga apabila bahan

organik dalam air sedikit, oksigen yang hilang dari air akan segera diganti oleh oksigen hasil proses fotosintesis dan oleh aerasi dari udara. Sebaliknya jika konsentrasi beban organik terlalu tinggi, maka akan tercipta kondisi anaerobik yang menghasilkan produk dekomposisi berupa ammonia, karbon dioksida, asam asetat, hidrogen sulfida, dan metana. Senyawa-senyawa tersebut sangat toksik bagi sebagian besar hewan air, dan akan menimbulkan gangguan terhadap keindahan (gangguan estetika) yang berupa rasa tidak nyaman dan menimbulkan bau (Afifah, 2019).

Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan hayati yang akan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan karena menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya kuman penyakit atau kuman lainnya yang merugikan baik pada produk maupun tubuh manusia. Bila dibiarkan air limbah akan berubah menjadi warna coklat kehitaman dan berbau busuk. Bau busuk ini mengakibatkan sakit pernapasan. Apabila air limbah ini merembes ke dalam tanah yang dekat dengan sumur itu tidak dapat dimanfaatkan lagi. Apabila limbah ini dialirkan kesungai maka akan mencemari sungai dan bila masih digunakan akan menimbulkan gangguan kesehatan yang berupa penyakit gatal, diare, kolera, radang usus, dan penyakit lainnya. Khususnya yang berkaitan dengan air yang kotor dan sanitasi lingkungan yang tidak baik (Afifah, 2019). Limbah cair industri tahu mempunyai kadar BOD sekitar 5.000-10.000 mg/l, dan kadar COD sekitar 7.000-12.000 mg/l serta mempunyai keasaman yang rendah yaitu pH 4-5 (Ridwan, 2017).

F. Karakteristik Limbah Cair

Dalam menentukan karakteristik limbah maka ada tiga jenis sifat yang harus diketahui yaitu :

1. Karakteristik fisik

a. Temperatur

Ukuran panas atau dinginnya suatu limbah cair disebut dengan temperatur. Pada umumnya, temperatur limbah cair lebih tinggi daripada temperatur air normal karena kadar oksigen terlarut dalam limbah lebih kecil jika dibandingkan dengan kadar oksigen dalam air normal (Mubin, Binilang and Halim, 2016). Oleh karena itu, temperatur merupakan salah satu parameter yang sangat penting untuk menentukan suatu air merupakan air limbah atau tidak. Temperatur berdampak pada reaksi kimia, laju reaksi, kehidupan organisme air dan penggunaan air untuk berbagai aktivitas sehari-hari. Semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi reaksi kimia yang terjadi tetapi kadar oksigen pada air permukaan mengalami penurunan (Mubin, Binilang and Halim, 2016). Turunnya konsentrasi oksigen terlarut dalam air mengindikasikan air tersebut merupakan air limbah. Limbah yang mempunyai temperatur tinggi akan mengganggu pertumbuhan biota tertentu.

b. Padatan

1) Jumlah Padatan Terlarut (Total Dissolved Solid/TDS)

TDS mengandung berbagai zat terlarut (baik itu zat organik, anorganik, atau material lainnya) dengan diameter $< 10^{-3}$ μm yang terdapat pada sebuah larutan yang terlarut dalam air. Sumber utama untuk TDS dalam perairan adalah limbah dari pertanian, limbah rumah tangga, dan industri (Rinawati, 2016). Perubahan dalam konsentrasi TDS dapat berbahaya karena dapat menyebabkan perubahan salinitas, perubahan komposisi ion-ion, dan toksisitas masing-masing ion. Perubahan salinitas dapat mengganggu keseimbangan biota air, biodiversitas, menimbulkan spesies yang kurang toleran, dan menyebabkan toksisitas yang tinggi pada tahapan hidup suatu organisme.

2) Jumlah Padatan Tersuspensi (Total Suspended Solid/TSS)

Zat padat tersuspensi (Total Suspended Solid) adalah semua zat padat atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, ataupun komponen mati (abiotik) seperti detritus dan partikel-partikel anorganik. Zat padat tersuspensi merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia yang heterogen, dan berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan. Dampak TSS terhadap kualitas air dapat menyebabkan kekeruhan dan mengurangi jumlah cahaya

yang dapat masuk ke dalam air. Oleh karena itu, manfaat air menjadi berkurang dan organisme yang membutuhkan cahaya akan mati. Ketika jumlah padatan tersuspensi berkurang, pembentukan lumpur secara signifikan mengganggu aliran di saluran dan menyebabkan lumpur yang cepat, yang memiliki implikasi kesehatan tidak langsung. Total Suspended Solid (TSS) juga menyebabkan penurunan kejernihan air. Kandungan TDS perairan sangat dipengaruhi oleh pelapukan batuan, limpasan dari tanah dan pengaruh antropogenik (limbah domestik dan industri) (Suharjono, 2021). Bahan-bahan tersuspensi dan terlarut di perairan tidak bersifat toksik, namun jika berlebihan dapat meningkatkan kandungan kekeruhan dan mempengaruhi proses fotosintesis di perairan.

c. Kekeruhan

(Mubin, Binilang and Halim, 2016) mengatakan bahwa kekeruhan air erat sekali hubungannya dengan nilai TSS karena kekeruhan pada air salah satunya memang disebabkan oleh adanya kandungan zat padat tersuspensi. Zat tersuspensi yang ada di dalam air terdiri dari berbagai macam zat, misalnya pasir halus, tanah liat, dan lumpur alami yang merupakan bahan-bahan anorganik atau dapat pula berupa bahan-bahan organik yang melayang-layang di dalam air.

d. Daya Hantar Listrik Konduktivitas (daya hantar listrik/DHL)

Adalah gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik. Oleh karena itu, semakin banyak garam-

garam terlarut yang terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL. Kemampuan air sebagai penghantar listrik dipengaruhi oleh jumlah ion atau garam yang terlarut di dalam air. Jadi, nilai DHL berkaitan erat dengan nilai total padatan terlarut (TDS). Semakin banyak garam yang terlarut semakin tinggi daya hantar listrik yang terjadi. Daya hantar listrik dapat dijadikan sebagai indikator jumlah bahan organik dan mineral yang tergolong sebagai limbah dalam perairan.

e. Warna

Menurut (Suyasa, 2015), air memiliki dua warna, warna yang terlihat (*visible color*) dan warna yang sebenarnya (*true color*). Warna sebenarnya disebabkan karena adanya partikel terlarut dalam air dan warna yang terlihat disebabkan karena adanya partikel terlarut dan tersuspensi. Warna air di perairan disebabkan oleh bahan organik dan anorganik. Munculnya warna dalam air disebabkan oleh adanya bahan organik terlarut dan tersuspensi, termasuk koloid. Dengan demikian, diketahui bahwa intensitas warna berbanding lurus dengan konsentrasi polutan dalam limbah, yang artinya intensitas warna dapat memperlihatkan kualitas suatu limbah.

f. Salinitas

Deskripsi jumlah garam terlarut dalam air yang dinyatakan dalam ribuan (ppt) disebut dengan salinitas. Salah satu syarat air yang dapat digunakan sebagai air bersih adalah air dengan nilai salinitas 0,5 ppt. Air dengan salinitas tinggi ($\geq 0,5$ ppt) dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti dehidrasi, diare, dan penyakit kulit.

g. Bau

Bau dan rasa dalam air limbah disebabkan oleh dekomposisi mikroba dari bahan organik terlarut. Misalnya sulfida atau amonia, campuran nitrogen, belerang dan fosfor yang dihasilkan oleh pembusukan protein yang terkandung dalam limbah dapat menyebabkan bau yang tidak sedap. Adanya bau yang disebabkan oleh limbah merupakan indikator pencemaran air. Dengan adanya bau tersebut maka akan lebih mudah untuk mengidentifikasi tingkat bahayanya dibandingkan dengan sampah yang tidak menghasilkan bau.

2. Karakteristik kimia

Selain karakteristik fisik, limbah cair juga dipengaruhi oleh karakteristik kimia. Karakteristik kimia adalah beberapa sifat yang terbentuk akibat terjadinya reaksi kimia yang melibatkan unsur ionik, masuknya unsur maupun senyawa kimia ke dalam air dan terjadi reaksi yang dapat mengubah zat/unsur semula. Beberapa karakteristik kimia tersebut adalah sebagai berikut:

a. pH

Nilai pH ditentukan oleh konsentrasi ion hidrogen dalam air, semakin besar konsentrasi ion hidrogen dalam air, semakin rendah nilai pH dan perairan semakin bersifat toksik (Suyasa, 2015). Kondisi pH sangat mempengaruhi dinamika kimiawi unsur/senyawa dan proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan terhambat dengan menurunnya pH perairan. Penurunan pH perairan

mulai dari pH 6 akan mempengaruhi kelimpahan keanekaragaman plankton dan bentos, sementara pH 5 kebawah akan mempengaruhi penurunan yang signifikan pada biomassa zooplankton dan peningkatan filamen alga hijau, dan pada pH 4 sebagian besar tumbuhan hijau akan mati. Jadi, sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH, dan menyukai kondisi pH yang berkisar antara 7,0-8,5.

b. Logam

Limbah cair mengandung logam-logam berat dan beracun. Biasanya berasal dari limbah industri dan limpasan daerah perkotaan. Peningkatan ion logam berat dan beracun di perairan disebabkan oleh limbah/bahan buangan tersebut tidak dapat didegradasi/sulit diurai oleh mikroorganisme. Contoh limbah logam yang berasal dari industri adalah timbal, kadmium, besi dan fosfat.

c. Bahan Organik

1.) Oksigen Terlarut/*Disolved Oxygen* (DO)

Oksigen merupakan salah satu gas yang dapat larut dalam air. Kadar oksigen yang terlarut di perairan alami bervariasi tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air dan tekanan atmosfer. Kadar logam berat yang tinggi dapat mempengaruhi sistem pernafasan organisme akuatik sehingga pada saat kadar oksigen terlarut rendah dan kadar logam berat tinggi akan dapat membahayakan kehidupan organisme akuatik. Ikan dan

organisme akuatik di perairan membutuhkan oksigen terlarut dalam jumlah yang cukup.

2.) Kebutuhan Oksigen Biokimiawi/*Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Kebutuhan oksigen bagi sejumlah bakteri untuk mendegradasi/menguraikan semua zat-zat organik yang terlarut maupun tersuspensi dalam air menjadi bahan organik yang lebih sederhana disebut sebagai BOD (Pradana, Suharno and Apriansyah, 2018). Penguraian zat-zat organik ini terjadi secara alami. Aktifnya bakteri dalam menguraikan bahan-bahan organik seiring dengan habisnya konsumsi oksigen. Keberadaan bahan-bahan toksik dapat mengganggu kemampuan bakteri dalam mengoksidasi bahan organik. Perairan yang telah memiliki kandungan BOD 5.0 - 7.0 mg/L dianggap masih alami. Sedangkan perairan yang memiliki kandungan BOD > 10 mg/L dianggap telah mengalami pencemaran.

3.) Kebutuhan Oksigen Kimiawi/*Chemical Oxygen Demand* (COD)

Untuk mengukur kebutuhan oksigen dalam limbah dapat menggunakan metode COD. Metode ini lebih singkat dibandingkan menggunakan BOD. Alasannya adalah

pengukuran menggunakan metode COD menggunakan pengukuran secara kimiawi. COD menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat kimia secara kimia, baik yang dapat diurai secara biologi atau yang sulit diurai secara biologi. Ukuran terjadinya pencemaran air oleh zat anorganik disebut sebagai angka COD. Kandungan COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya berkisar kurang dari 20 mg/L. Sedangkan pada perairan yang tercemar lebih dari 200 mg/L dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/L.

d. Minyak/Lemak

Limbah cair yang berupa minyak/lemak banyak berasal dari kendaraan bermotor yang beroperasi di perairan, buangan domestik dan buangan industri. Dapat ditemukan mengapung diatas air. Adanya minyak/lemak dapat menurunkan konsentrasi oksigen terlarut dan dapat menghalangi masuknya cahaya matahari ke dalam air sehingga hal ini dapat mengganggu kehidupan dalam perairan. Bakteri merupakan jenis mikroba yang tidak mudah menguraikan minyak/lemak.

3. Karakteristik biologi

Tingginya jumlah bakteri *Coliform* di perairan dapat mempengaruhi kehidupan biota air seperti contohnya dapat menyebabkan kematian pada ikan. Secara mikrobiologis, keberadaan bakteri *Coliform* pada air dapat dijadikan sebagai penentu apakah air

tersebut layak digunakan untuk keperluan air minum, perikanan, pertanian, peternakan dan lain-lain. Bakteri *Coliform* dapat tumbuh pada kisaran pH netral hingga basa. pH mempengaruhi proses metabolisme bakteri. Bakteri *Coliform* khususnya *E. coli* merupakan bakteri nonhalofilik, yaitu bakteri yang dapat tumbuh optimal tanpa adanya kandungan garam, tetapi masih dapat tumbuh baik pada kadar garam yang rendah.

Bakteri *Coliform* dapat hidup dalam kondisi ada oksigen maupun tidak ada oksigen tetapi lebih memilih untuk menggunakan oksigen ketika berada di lingkungan (*extraintestinal* habitat). Oksigen tidak mempengaruhi adanya bakteri *Coliform* di perairan. Bakteri *Coliform* dapat tumbuh pada kondisi lingkungan yang berfluktuasi. Oleh karenanya, bakteri *Coliform* disebut sebagai bakteri anaerob fakultatif. Tapi pada kondisi aerob, bakteri mengalami proses dekomposisi sehingga menghasilkan nutrisi yang baik untuk proses metabolisme selnya. Hal ini berpengaruh pada jumlah bakteri *Coliform* yang semakin meningkat. (Sumber:Lovi Sandra; dkk, 2022)

G. Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Tahu

Dalam rangka mengendalikan pencemaran air limbah oleh perusahaan. Menteri lingkungan hidup menetapkan berbagai peraturan yang berkaitan dengan kualitas air limbah. Pada proses pengelolaan limbah cair pada industri harus memenuhi standar baku mutu air limbah yang dihasilkan dari proses produksi tersebut, didalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup

Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2019 mengatur Tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri pada sebagai berikut:

Parameter	Kader Paling Tinggi (mg/l)	Beban pencemaran paling tinggi (kg/ton)
BOD5	60	6
COD	150	15
TTS	50	5
Fenol Total	0,5	0,05
Krom Total (Cr)	1,0	0,1
Amonia Total (NH ₃ -N)	8,0	0,8
Sulfida (sebagai S)	0,3	0,03
Minyak dan lemak	3,0	0,3
PH	6,0-9,0	
Debit Limbah Paling Tinggi	100m ³ /ton produk tekstil	

(Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 16 Tahun 2019)

H. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu

Menurut Kusumadewi (2016) pengolahan air limbah secara umum terdiri dari pengolahan fisika, kimia dan biologi yang dapat diaplikasikan secara bersamaan maupun terpisah, diantaranya yaitu:

1. Pengolahan Fisika

Pengolahan secara fisika merupakan proses menghilangkan benda-benda terapung kasar dan partikel-partikel mineral yang berat

(seperti pasir dan kerikil). Umumnya proses ini dilakukan dengan menggunakan penyaring kasar (screening) dan bak pengumpul/bak ekualisasi (Kusumadewi, 2016). Pengolahan limbah secara fisika juga dapat dilakukan dengan proses filtrasi dan flotasi.

a. Filtrasi (Penyaringan)

Pengolahan air limbah dalam proses filtrasi digunakan untuk pemisahan partikel dalam air limbah secara kimia dan biologi. Proses filtrasi dilakukan dengan menggunakan media filter. Media filter yang dapat digunakan adalah material padat seperti pasir, batu bara, kerikil, dan lain-lain yang disusun sedemikian rupa sehingga padatan yang terpisah tertahan antara permukaan dan media filter (Said, 2017).

b. Flotasi (Pengapungan)

Flotasi adalah proses pemisahan padatan-cairan atau cairan-cairan yang dalam hal ini partikel atau cairan yang dipisahkan mempunyai berat jenis yang lebih kecil daripada cairan. Apabila perbedaan berat jenis secara alamiah cukup untuk dilakukan pemisahan, maka proses flotasi tersebut dinamakan “flotasi alamiah”. Apabila ditambahkan sesuatu dari luar untuk mempercepat pemisahan partikel dinamakan “flotasi dibantu” (Said, 2017).

2. Pengolahan Kimia

Pengolahan secara kimia dilakukan dengan menambahkan bahan kimia atau reaksi kimia lainnya yang bertujuan menghilangkan atau

mengkonversi senyawa- senyawa polutan dalam limbah cair. Pengolahan air limbah secara kimia dapat dilakukan dengan koagulasi-flokulasi, pertukaran ion, dan klorinasi (Kusumadewi, 2016).

3. Pengolahan Biologi

Pengolahan secara biologi merupakan pengolahan yang memanfaatkan kemampuan mikroorganisme untuk memisahkan polutan yang ada di dalam air limbah. Pengolahan secara biologi bertujuan untuk menghilangkan zat padat organik terlarut yang biodegradable (Kusumadewi, 2016).

Proses pengolahan secara biologi biasanya dilakukan dengan menggunakan aerobik, anaerobik, lumpur aktif, bioreaktor (Simanjuntak, 2020). Pengolahan limbah secara biologi juga dapat dilakukan dengan proses fitoremediasi.

a. Anaerobik dan Aerobik

Pengolahan secara anaerobik dapat mengolah air limbah yang memiliki kandungan organik tinggi. Pengolahan secara anaerobic dan aerobik cocok untuk mengolah air limbah yang memiliki konsentrasi BOD sebesar 3.000 – 8.000 mg/L. Pengolahan secara anaerobik yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah tahu antara lain anaerobic digester, biofilter anaerobik dengan media sarang tawon, dan anaerobic baffled reactor. Pengolahan Aerobik efektif untuk mengolah air limbah dengan konsentrasi organik yang tidak terlalu tinggi yaitu $BOD < 3.000 \text{ mg/L}$. Selain itu, pengolahan

aerobik dapat membantu mengurangi bau yang ditimbulkan dari pengolahan secara aerobik (Simajuntak, 2020).

b. Fitoremediasi

Fitoremediasi (*Phytoremediation*) merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral, dan air). Proses fitoremediasi dapat mengubah zat kontaminan atau pencemar menjadi tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi (Disyamto, Elystia, dan Andesgur, 2014). Menurut Hidayah dan Wahyu (2010) dalam Pamungkas (2017) ada beberapa tanaman yang bisa digunakan, namun menurut wahyu tanaman Cattail (*Typha latifolia*) memiliki efisiensi removal yang lebih baik. Cattail adalah jenis tumbuhan herba serta bersifat kolorfial. Tumbuhan ini mempunyai rizom serta berbentuk Panjang dan ramping. Cattail mempunyai jangka hayat selama beberapa musim dan akan terus membiak apabila mencapai tahap kematangan tumbuh secara rumpun. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Hidayah dan Wahyu (2010) dalam Pamungkas (2017) menunjukkan efisiensi pengolahan dari fitoremediasi menggunakan tanaman Cattail. Efisiensi removal untuk parameter COD, BOD, TSS dengan jarak tanaman 15 cm dan waktu tinggal 1 hari adalah COD 77,6%, BOD 58% dan TSS 50%.

Menurut Suharto (2011) dalam Dhianti (2018) pengolahan air limbah dibagi dalam beberapa tahapan, yaitu:

1. Pengolahan Pendahuluan (*Pretreatment*)

Pengolahan pendahuluan merupakan pembersihan air limbah dari padatan kasar. Padatan kasar yang dibersihkan dari limbah cair adalah benda-benda terapung dan pasir yang mengendap dengan cara melewatkan air limbah melalui saringan. Pengolahan pendahuluan dimaksudkan untuk mempercepat dan mempermudah proses pengolahan limbah cair (Dhianti, 2018).

2. Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)

Limbah cair ditampung pada bak dan dilakukan proses pemisahan bahan organik dengan bahan anorganik. Jika limbah cair pada tahap ini sudah bersih dan memenuhi standar baku mutu yang berlaku, limbah cair dapat langsung dibuang ke tempat pembuangan. Apabila limbah cair tidak memenuhi baku mutu yang berlaku maka diperlukan tahapan proses pengolahan limbah cair selanjutnya (Dhianti, 2018).

3. Pengolahan Kedua (*Secondary Treatment*)

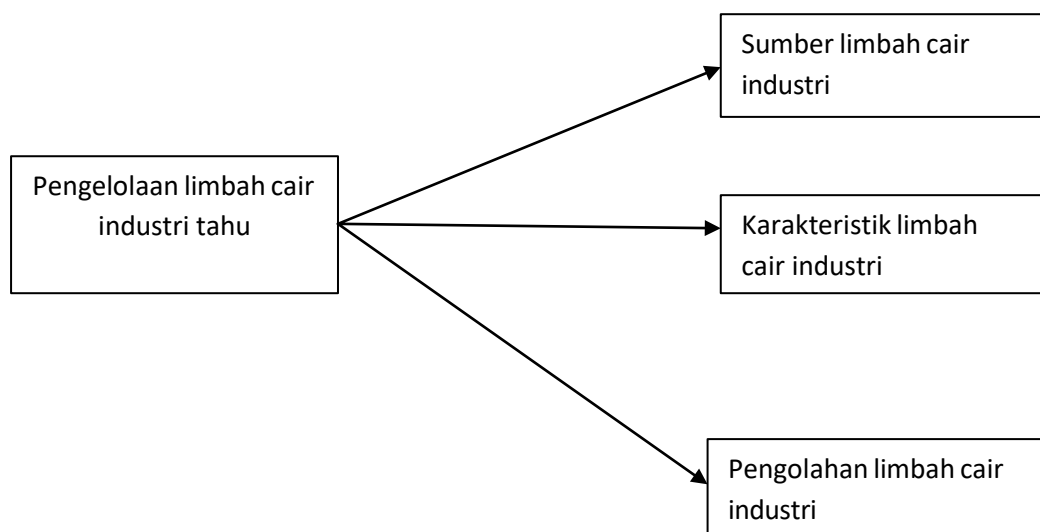
Dalam pengolahan ini dilakukan pemisahan cairan dari Total Suspended Solid (TSS) yang terkandung dalam limbah cair. Zat kimia seperti tawas ditambahkan untuk memungkinkan partikel koloid mengendap dengan baik. Oksigen perlu ditambahkan kedalam proses ini agar dapat memenuhi kebutuhan Biochemical Oxygen Demand

(BOD), yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah (Suharto, 2011) dalam (Dhianti, 2018).

4. Pengolahan Lanjutan (*Advanced Treatment*)

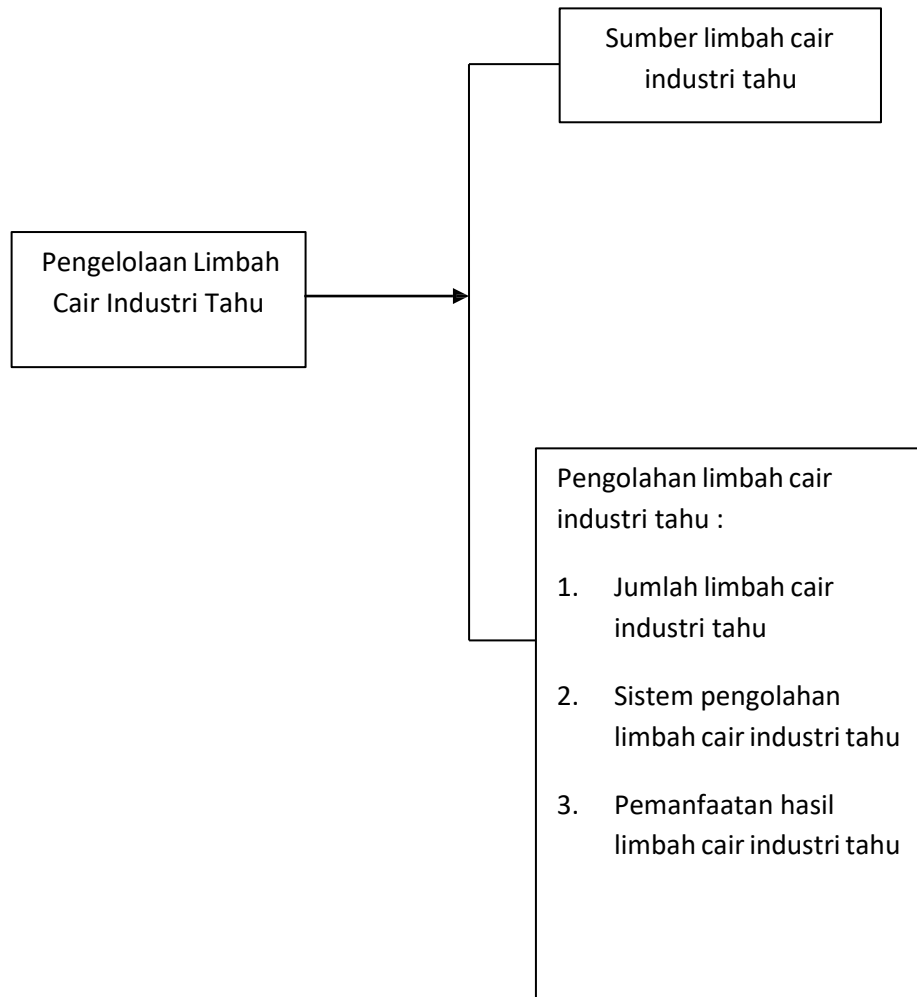
Pada pengolahan ini, limbah cair diharapkan sudah bersih agar dapat dibuang kembali ke lingkungan. Sering kali ditemukan bahwa pada proses ini, limbah cair masih mengandung bahan kimia berbahaya. Karenanya karbon aktif digunakan untuk mengadsorpsi bahan kimia berbahaya tersebut, sehingga menjadikan limbah cair lebih netral (Suharto, 2011) dalam (Dhianti, 2018).

I. Kerangka Teori



(Sumber: Kusumadewi,2016(Lovi Sandra;dkk,2022))

J. Kerangka Konsep



K. Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi	Alat ukur	Cara ukur	Hasil ukur	Skala
1.	Sumber limbah cair industri tahu	Setiap proses pembuatan tahu yang menghasilkan limbah cair	Kuesioner	Wawancara	Proses perendaman, pencucian, penggilingan, pemasakan, penyaringan, pengendapan, pencetakan, pengemasan.	Ordinal
2.	Pengolahan Limbah Cair	pengolahan air limbah secara umum terdiri dari pengolahan fisika, kimia dan biologi yang dapat diaplikasikan secara bersamaan maupun terpisah.	Checklist	Observasi	Iya/Tidak	Ordinal

3.	Pemanfaatan hasil limbah cair	Memfaatkan hasil limbah cair.	Kuesioner	Wawancara	Iya/Tidak (Jika iya pemanfaatan apa yang dilakukan)	Ordinal
4.	Jumlah Air limbah	Limbahcair yang dihasilkan industri tahu per hari dalam satuan liter.	Kuesioner	Wawancara	l/hari	Nominal