

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah adalah sisa suatu usaha dan/ atau kegiatan. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia limbah adalah sisa proses, bahan yang tidak mempunyai nilai, tidak berharga, atau rusak/cacat dalam proses produksi dan rumah tangga. Limbah umumnya dibagi menjadi tiga, yaitu limbah yang berbentuk cair (limbah cair), limbah yang berbentuk padat (limbah padat) dan limbah yang berbentuk gas (limbah gas) (Rahmadi et al, 2022).

Limbah cair adalah limbah yang bentuknya cair dan berasal dari sisa-sisa hasil buangan kegiatan domestik atau proses produksi. Limbah cair itu sendiri berupa air yang sudah tercampur atau tersuspensi dengan bahan-bahan buangan hasil dari sisa-sisa produksi (Fernianti, D. 2025).

Menurut (Purwati, 2018), limbah cair merupakan sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan produksi atau rumah tangga yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan.

Klasifikasi Limbah terbagi berdasarkan jenis, wujud, dan sumbernya berdasarkan jenis nya yaitu limbah organik dan anorganik. Sedangkan berdasarkan wujud nya yaitu limbah terbagi menjadi limbah padat, limbah gas dan limbah cair. Dan menurut sumbernya limbah yaitu limbah rumah

tangga (domestik) dan limbah industri.

Salah satu penyumbang limbah cair pada industri yaitu industri limbah tahu. Industri tahu sebagai pengolahan kedelai memiliki produk sampingan yaitu limbah cair, pada limbah cair tahu biasanya didapatkan dari proses, pembersihan kedelai, pembersihan alat, perendaman dan pencetakan tahu (Amelia, et al, 2022).

2.2 Karakteristik Limbah Cair

Karakteristik limbah cair pada sifat-sifat fisik, kimia, dan biologis dari air buangan yang dihasilkan dari aktivitas manusia maupun industri. Beberapa karakteristik limbah cair yaitu

1. Sifat Fisik

Sifat fisik pada limbah cair yaitu kadar padatan yang terlarut, total padatan alknitas, bau, kekeruhan temperatur yang bisa secara langsung tanpa mengubahnya.

a) Bau

Bau pada limbah cair disebabkan adanya kadar zat organik yang telah terurai pada limbah yang mengeluarkan amoniak yang bercampur dari nitrogen, sulfur dan fosfor yang membusukan protein pada limbah cair.

b) Warna

Warna pada air yang disebabkan adanya kadar ion logam mangan, humus, tanaman air dan buangan industri, warna terkait dengan adanya zat yang terlarut tersuspensi.

c) Kekeruhan

Kekeruhan dapat dilihat langsung tanpa harus melakukan

pengujian laboratorium. Ada nya partikel koloidal yang terdiri dari tanah liat, sisa bahan-bahan, protein dan ganggang yang ada pada limbah cair. Kekeruhan pada limbah cair.

d) Temperature

Temperature pada limbah cair memperlihatkan adanya aktivitas kimia dan biologis, pada suhu tinggi pengentalan cairan pada limbah cair berkurang pada sedimentasi,

e) Padatan

Pada limbah cair di temukan padatan yang di umum nya di klasifikasikan kedalam dua golongan besar yaitu larutan TSS dan TDS, jenis pada larutan mau tersuspensi dapat bersifat organik maupun non organik dari sumber limbah ,di samping itu limbah mempunyai diameter yang lebih besar pada dan pada keadaan tenang dalam beberapa waktu pengendapan sendiri nya karena beratnya, pengukuran konsentrasi mikroorganisme dalam limbah di ukur dengan zat padat yang tersuspensi yang menguap pada temperatur tertentu, padatan pada limbah cair memiliki ukuran antara 0,01-0,001 mm.

Salah satu parameter yaitu, *Total Dissolved Solids* (TDS) atau zat padat terlarut merupakan hasil dari padatan yang larut dalam air. Semakin banyak padatan yang terlarut, semakin tinggi nilai TDS-nya. TDS umumnya diukur dalam satuan parts per million (ppm). Tingginya kadar TDS dapat menyebabkan suhu air permukaan meningkat di luar batas normal. Air limbah yang memiliki kadar TDS sangat tinggi (lebih

dari 500 mg/L) sering kali terasa tidak enak, seperti asin, pahit, atau logam. Hal ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi mineral dan garam. *Total Dissolved Solids*, atau TDS, merupakan istilah yang menggambarkan jumlah keseluruhan padatan terlarut dalam air. Ini mencakup berbagai mineral, garam, logam, dan ion baik organik maupun anorganik. TDS tidak hanya mencerminkan komposisi kimia air, tetapi juga memengaruhi karakteristik fisik seperti rasa, kejernihan, dan konduktivitas listrik. Kadar TDS yang tinggi sering diasosiasikan dengan air keras, yang mungkin memiliki rasa yang kurang enak dan dapat berdampak buruk pada kesehatan jika terdapat kontaminan berbahaya.

Sebagai ukuran kualitas air limbah, TDS sangat penting dalam berbagai bidang, mulai dari pemantauan air minum hingga penggunaan industri seperti pada boiler dan sistem pendingin, di mana kualitas air harus dijaga agar mencegah korosi dan penumpukan skala. Mengukur kadar TDS adalah langkah yang krusial untuk mengevaluasi kelayakan air dalam berbagai aplikasi, dan juga bisa menjadi tanda adanya pencemaran kimia di sumber air.

Mengontrol tingkat TDS pada penting tidak hanya untuk kesehatan dan keselamatan, tetapi juga untuk menjaga keberlanjutan operasional industri yang memerlukan air sebagai elemen vital dalam proses mereka. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang TDS dan dampaknya terhadap berbagai penggunaan air

sangat penting dalam pengelolaan sumber daya air yang baik dan bertanggung jawab.

2. Sifat kimia

Karakteristik limbah secara kimia pada limbah cair yaitu

1) *Biological Oxygen Demand* (BOD)

BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah ukuran yang menggambarkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik di dalam air dalam kondisi aerobik. Ini menunjukkan seberapa banyak oksigen yang digunakan oleh mikroba dalam limbah cair untuk memproses bahan organik yang dapat terurai.

2) *Chemical Oxygen demand* (COD)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang digunakan untuk mendegradasi bahan organik yang terkandung di dalam air melalui proses kimiawi. Besarnya angka COD tersebut menunjukkan bahwa keberadaan zat organik di air berada dalam jumlah yang besar (Saputri, 2023).

3) Logam berat

Jumlah bahan logam yang meningkat dipengaruhi oleh asal air limbah tersebut. Umumnya berupa senyawa-senyawa yang mengandung logam berat (Fe, Cu, Pb, dan Mn), asam kuat dan basa kuat, senyawa fosfat senyawa-senyawa nitrogen (amoniak, nitrit, dan nitrat), dan juga senyawa belerang (sulfat dan hidrogen sulfida).

4) Minyak dan lemak

Amoniak (NH_3) merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH_4^+ pada pH rendah yang disebut dengan amonium. Amoniak dalam air permukaan berasal dari air seni, tinja serta penguraian zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari air alam atau air buangan industri ataupun limbah domestik. Besarnya kadar amoniak pada air permukaan tergantung pada beberapa faktor yaitu sumber asalnya amoniak, keberadaan tanaman air yang menyerap amoniak, konsentrasi oksigen dan temperatur. (Irnawati, 2020)

5) Derajat keasaman atau pH

Limbah cair yang memiliki tingkat keasaman tinggi bersifat korosif dan dapat Ketidakseimbangan pH ini dapat disebabkan oleh larutan- larutan seperti deterjen, sabun, sisa pembusukan dan pelapukan yang terbawa oleh air.

3. Sifat biologis

Bahan organik yang terdapat pada limbah cair dari berbagai macam senyawa yaitu protein, fosfor, oksigen, hydrogen, oksigen dan senyawa terurai lainnya.

2.3 Pengelohan Limbah Cair

Pengolahan limbah cair merupakan serangkaian proses yang dilakukan untuk mengurangi kadar zat pencemar dalam limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan. Proses pengolahan ini bertujuan untuk memastikan bahwa limbah cair yang dihasilkan dari berbagai aktivitas, baik rumah tangga, industri, pertanian, maupun fasilitas pelayanan kesehatan,

tidak mencemari lingkungan dan tidak membahayakan kesehatan manusia.

Filtrasi merupakan salah satu proses pengolahan air yang mampu menghilangkan partikel-partikel koloid yang terdapat dalam air sehingga mampu meningkatkan kualitas air dengan hasil air menjadi lebih jernih dan layak untuk digunakan. Media filter pada unit filter berfungsi untuk menyaring pengotor yang terdapat dalam air, sehingga output air yang dihasilkan bersih (Widystuti, et all, 2011).

Sedangkan menurut Husaini (2020), Filtrasi adalah proses penyaringan air melalui media berpori yang telah dimodifikasi, seperti ijuk, pasir, arang, kerikil, dan lain-lain. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan partikel padat yang terlarut yang tidak dapat mengendap selama proses sedimentasi. Fungsi filtrasi pada air limbah yaitu proses pemisahan zat padat atau partikel halus, baik yang tersuspensi maupun koloid, dari fluida menggunakan media berpori. Penghilangan zat padat terlarut (TDS), bakteri, serta penghilangan warna, rasa, bau, besi, dan mangan.

2.4 Ampas Tebu

Tebu (*Saccharum Officinarum L*) adalah salah satu jenis tanaman yang hanya dapat tumbuh di wilayah dengan iklim tropis. Ciri-ciri morfologi tebu antara lain memiliki batang berbentuk konis, dengan ruas yang terpisah dan berbuku, penampang melintang yang agak pipih, serta batang berwarna hijau kekuningan dan dilapisi lapisan lilin tipis. Buku ruasnya berbentuk konis terbalik dengan 3-4 baris mata akar, sementara daunnya berwarna hijau kekuningan, dengan lebar sekitar 4-6 Cm dan melengkung kurang dari setengah panjang daun (Abdillah, 2024).

Batang tebu memiliki lapisan lilin berwarna putih keabu-abuan. Tebu dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian sekitar 5.500 meter di atas permukaan laut (mdpl). Tanaman ini cocok di daerah dengan iklim panas dan lembab, dengan kelembaban di atas 70%, hujan merata setelah tanaman berumur 8 bulan, dan suhu udara berkisar antara 28-34°C. (Santoso dan Slamet, 2004).

Perkebunan tebu di Indonesia mencapai 321.000 ha dengan total produksi tebu nasional tahun 2021 lebih dari 2 juta ton (Dirjen Perkebunan, 2021). Pada industri, tebu di manfaatkan sebagai bahan pembuatan gula sebagai pemanis alami untuk kebutuhan rumah tangga dan industri lainnya. Sari tebu merupakan hasil utama dari tebu yang kemudian dijadikan bahan utama dalam pembuatan gula. Dalam skala besar, mayoritas penggunaan tebu adalah untuk pembuatan gula di pabrik-pabrik gula putih namun tak jarang ditemukan dalam skala kecil tebu juga digunakan dalam pembuatan gula merah. Dalam proses produksinya, tebu menghasilkan 90% ampas tebu, 5% molase dan 5% air (Laula Li-An'Amie, 2014).

Pada skala kecil penggunaan tebu yaitu pada pedagang kaki lima, tebu di jual dalam bentuk minuman, dalam proses tersebut tebu di giling dengan menggunakan mesin untuk mengambil kadar air tebu yang dihasilkan dari proses pengolahan dan pemerasan batang tebu dalam pembuatan sari tebu memiliki komposisi kimia diantaranya kadar bahan kering, kadar abu, serat kasar, lemak kasar dan protein kasarnya. Zat makanan itu ada 6 jenis, yaitu air, karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral. Hasil dari Hasil

sampingan dari pengilangan tersebut yaitu ampas tebu. Ampas tebu adalah limbah yang dihasilkan oleh gula. Biasanya, ampas tebu dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler, pupuk, pakan ternak, dan campuran bahan pembuatan kertas. Namun, pemanfaatan tersebut masih dianggap belum optimal. Pada kenyataannya, masih terdapat sisa ampas tebu yang tersimpan, dan dalam kondisi tertentu, ampas tebu tersebut dapat terbakar karena zat-zat yang terkandung di dalamnya (Ariningsih, 2014).

Ampas tebu adalah biomassa terutama tersusun dari lignoselulosa yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin, sejumlah kecil abu dan beberapa bahan lain. Ampas tebu mengandung 40-50% selulosa dan 25-35% hemiselulosa, lignin, beberapa mineral, lilin dan senyawa lain. Berdasarkan hal tersebut, ampas tebu direkomendasikan untuk dijadikan sumber selulosa (Isnaeni, 2024). Ampas tebu merupakan limbah padat, limbah ini seringkali tidak dimanfaatkan secara optimal. Padahal, ampas tebu bukanlah limbah yang tidak memiliki nilai guna. Sebagai limbah organik lignoselulosa, ampas tebu mengandung senyawa-senyawa penting seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang menjadikannya berpotensi tinggi untuk dimanfaatkan kembali. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan dan pengelolaan limbah yang ramah lingkungan, pengolahan ampas tebu sangat relevan jika dikaitkan dengan prinsip 3R yaitu *Reduce* (mengurangi), *Reuse* (menggunakan kembali), dan *Recycle* (mendaur ulang).

Reduce bertujuan mengurangi volume limbah yang dibuang ke

lingkungan melalui upaya pemanfaatan langsung di sumbernya. Reuse mengacu pada penggunaan kembali limbah secara langsung tanpa proses kompleks, misalnya sebagai bahan bakar padat, pakan ternak setelah fermentasi, atau media tanam organik. Sementara itu, recycle melibatkan proses pengolahan limbah menjadi produk baru yang memiliki nilai tambah, seperti kompos, briket energi, bahan baku kerajinan, atau media filtrasi air limbah.

2.5 Selulosa

Salah satu kadar pada ampas tebu yaitu selulosa. Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tumbuhan. Sebagai polimer yang banyak ditemukan di alam, selulosa yang ada di alam tidak ditemukan dalam bentuk murni. Biasanya, selulosa di alam terdapat dalam bentuk lignoselulosa, yaitu campuran berbagai komponen seperti lignin, hemiselulosa, dan selulosa, yang semuanya merupakan bahan penyusun dinding sel tumbuhan yang dapat terlihat. (Prayoga, 2024).

Ampas tebu dipertimbangkan sebagai kandidat sumber selulosa karena jumlahnya melimpah dan merupakan limbah yang pemanfaatannya belum optimal. Pada ampas tebu Kadar selulosa yang cukup tinggi pada ampas tebu memiliki potensi sebagai salah satu media filtrasi karena ada nya kadar dan karakteristik ampas tebu yang memungkinkan sebagai media filtrasi untuk menurunkan kadar TDS pada limbah cair tahu. Shreyas dan Suresh Babu (2024) menunjukkan bahwa arang ampas tebu yang kaya selulosa dapat menurunkan kadar TDS limbah rumah potong hewan secara signifikan, dengan efisiensi penurunan mencapai lebih dari 21%. Penelitian

oleh Nurfadilah et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan selulosa dari ampas tebu mampu menurunkan konsentrasi TDS lebih dari 25% dalam air limbah domestik, menunjukkan kemampuan ionik yang signifikan antara selulosa dan zat terlarut.

Hal ini didukung oleh penelitian Faradila et al. (2023) yang menunjukkan bahwa kombinasi media berbasis selulosa dengan metode filtrasi mekanik mampu menyisihkan polutan organik dan anorganik dalam air limbah. Penelitian oleh Legawa et al. (2024) menyatakan bahwa media selulosa dari limbah biomassa seperti ampas tebu dapat digunakan secara langsung atau dikombinasikan dengan metode filtrasi lanjutan untuk menurunkan kadar TDS dan kontaminan lain.

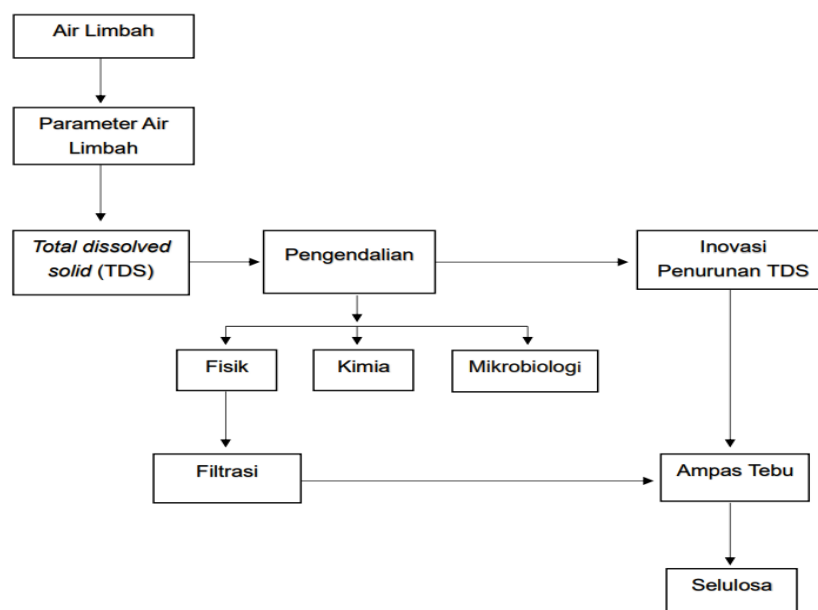
Walaupun berbagai penelitian telah dilakukan mengenai pemanfaatan ampas tebu sebagai media filtrasi, sebagian besar fokus tertuju pada bentuk yang telah mengalami proses karbonisasi menjadi arang aktif atau modifikasi kimia menjadi karbon aktif. Studi-studi tersebut menunjukkan kemampuan ampas tebu dalam menurunkan berbagai parameter kualitas air seperti TDS, COD, dan logam berat. Namun, hingga saat ini belum ditemukan penelitian yang secara eksplisit mengevaluasi kemampuan ampas tebu segar secara alami, tanpa perlakuan khusus, sebagai media penyaring untuk menurunkan kadar *Total Dissolved Solids* (TDS).

Selain itu, pendekatan dalam penelitian terdahulu umumnya menggunakan sistem filtrasi bertekanan atau kolom berkesinambungan, bukan sistem filtrasi pasif berbasis variasi ketebalan media alami yang

sederhana dan dapat diterapkan pada skala rumah tangga atau industri kecil. Dengan demikian, terdapat kekosongan dalam literatur ilmiah mengenai potensi pemanfaatan langsung ampas tebu segar untuk pengolahan air limbah, khususnya pada limbah cair tahu yang merupakan salah satu jenis limbah domestik yang umum ditemukan.

Penelitian ini dirancang untuk menjawab celah tersebut dengan menguji variasi ketebalan ampas tebu segar (30 cm, 40 cm, dan 50 cm) dalam sistem filtrasi pasif guna mengetahui kemampuannya dalam menurunkan kadar TDS. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi penyaringan air yang murah, ramah lingkungan, dan mudah direplikasi, terutama di wilayah pedesaan atau skala industri rumah tangga.

2.6 Kerangka Teori



Gambar 2. 1 Kerangka Teori