

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Limbah cair merupakan salah satu jenis limbah yang banyak dihasilkan dari kegiatan industri maupun domestik. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 mengenai Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah cair diartikan sebagai air sisa yang berasal dari suatu proses dalam kegiatan atau usaha tertentu, yang di dalamnya terkandung berbagai bahan pencemar yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik.

Selanjutnya, menurut Suharto (2011), limbah cair dijelaskan sebagai jenis limbah berbentuk cair yang dihasilkan dari aktivitas industri, yang jika dibuang secara langsung ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu, sangat mungkin menjadi sumber pencemaran.

Merujuk pada kedua pendapat tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa limbah cair adalah buangan hasil dari suatu aktivitas manusia, khususnya aktivitas industri, yang memiliki bentuk cair dan mengandung bahan atau zat pencemar. Keberadaan limbah ini sangat berpotensi mencemari lingkungan sekitar apabila tidak ditangani secara tepat, sehingga diperlukan sistem pengelolaan limbah yang efektif dan efisien

untuk menekan dampak negatifnya terhadap ekosistem dan kesehatan masyarakat.

2.2 Industri Tahu

Industri tahu merupakan salah satu sektor Industri rumah tangga yang berkembang pesat di berbagai wilayah Indonesia karena tingginya permintaan terhadap produk tahu sebagai sumber protein nabati yang murah dan bergizi. Berdasarkan Peraturan Negara Lingkungan Hidup Nomor. 05 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Kegiatan Pengolahan Kedelai, Industri tahu didefinisikan sebagai usaha yang melakukan kegiatan produksi dengan memanfaatan kedelai sebagai bahan baku utama dalam menghasilkan tahu, di mana pada proses pengolahannya dapat menghasilkan limbah, baik limbah berupa padat maupun cair.

Limbah padat dalam industri umumnya berasal dari proses penyaringan dan penggumpalan sari kedelai tahu, sedangkan limbah cairnya dihasilkan dari beberapa tahapan proses produksi seperti pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu, oleh karena itu limbah cair yang dihasilkan juga sangat tinggi (Subekti, S. 2011).

2.3 Limbah Cair Tahu

Menurut pendapat Sudarmadji dan Herawati (2020). Limbah tahu mencakup dua bentuk yang meliputi limbah cair (air sisa pencucian dan pemisahan sari kedelai) dan limbah padat (ampas tahu).

Secara umum, limbah tahu merupakan bagian dari kedelai yang tidak berhasil mengalami proses pembentukan menjadi tahu, dan oleh karena itu dibuang dalam bentuk padat maupun cair. Limbah bentuk cair sangat mendominasi dan berpotensi tinggi mencemari lingkungan perairan jika dibuang tanpa pengolahan. Limbah cair tahu memiliki karakteristik fisik dan kimia tertentu, seperti warna keruh, bau menyengat, dan pH yang rendah. Pada proses pembuangan limbah cair tahu secara langsung ke badan air dapat menyebabkan pencemaran yang serius, di antaranya timbulnya bau busuk dan penurunan kualitas air. (Kaswinarni, 2008).

Limbah cair tahu diketahui mengandung unsur hara makro diantaranya C-Organik sebesar 5,803%, (K) kalium sebesar 1,34%, (P) fosfor sebesar 5,54%, dan (N) nitrogen sebesar 1,24% (Marian, E., & Tuhuteru, S. (2019)

Menurut Rolia & Amran (2015), limbah cair tahu yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan bau, karena mengandung kadar protein yang tinggi sehingga lebih cepat terurai. Maka dari itu, limbah cair tahu perlu dilakukan pengolahan sebelum limbah tersebut dibuang ke perairan untuk mencegah timbulnya masalah dikarenakan buangan limbah tahu (Pagoray, H., Sulistyawati, S., & Fitriyani, F. 2021)

2.4 Karakteristik Fisika dan Kimia Limbah Cair Tahu

a. Karakteristik Fisika

Karakteristik fisika dari limbah cair tahu mencakup beberapa parameter penting yang dapat dijadikan indikator pencemaran, di antaranya suhu, warna, bau, kekeruhan, dan padatan tersuspensi. Limbah cair tahu umumnya memiliki suhu tinggi karena berasal dari proses perebusan kedelai. Suhu limbah cair tahu berkisar antara 37°C hingga 45°C, dengan tingkat kekeruhan mencapai 535–585 FTU (Formazin Turbidity Unit). Warna limbah cair tahu juga cukup pekat, yaitu berkisar antara 2.225–2.250 Pt.Co, yang menunjukkan tingkat kekotoran visual yang cukup tinggi. Selain itu, kandungan amonia dalam limbah ini juga cukup signifikan, yaitu antara 3,3–23,5 mg/l, yang dapat menyebabkan bau menyengat. (Herlambang, 2002).

b. Karakteristik Kimia

2.4.1 Ph

pH berasal dari bahasa latin yaitu, *Pondus Hydogenii* atau "Potensial Hidrogen" atau disebut juga satuan konsentrasi ion hidrogen (Daulat et al., 2014). Biasa disebut sebagai ukuran tingkat derajat keasaman untuk menunjukkan indikasi asam ataupun basa pada sebuah larutan (Wardana & Hariadi, 2023).

Menurut hasil penelitian Febrian, Bobby, & Wenny et. al (2020). Menyatakan bahwasanya parameter pH pada limbah cair pabrik tahu bersifat asam, hal ini dikarenakan limbah cair tahu mengandung asam cuka

bersumber dari proses pengumpulan dan perendaman tahu sehingga limbah cairnya yang dihasilkan bersifat asam.

2.5 Dampak pH Asam

Dampak pH Limbah tahu yang asam dapat dipaparkan sebagai berikut.

- a. Rendahnya nilai pH pada limbah tahu dapat menurunkan kadar oksigen terlarut dalam perairan yang mana akan mengakibatkan terancamannya kematian pada biota yang ada di perairan tersebut pada penelitian Abidjulu, J., & Kolengan, H. S. (2019)
- b. Keadaan pH yang bersifat asam ini akan melepaskan zat-zat yang mudah menguap. Hal ini dapat menyebabkan bau yang berasal dari air limbah industri tahu Afridon, A., & Irfan, A. (2023).
- c. Nilai pH yang rendah pada limbah tahu dapat menjadi penyebab kerusakan pada benda yang dilaluinya dikarenakan sifat asam pada limbah tahu tersebut (Kusumawati, dkk., 2014).

2.6 Baku Mutu Parameter pH Limbah Tahu

Air limbah industri tahu dapat dibuang ke lingkungan, apabila telah memenuhi standar yang sudah diatur Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor. 05 Tahun 2014 yang mengatur Tentang Baku Mutu Limbah Industri Tahu/kedelai. Yang dilampirkan pada Tabel 0.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Industri Tahu/kedelai

Parameter	Pengolahan Kedelai		
	Tahu		
	Kadar* (mg/l)	Beban (kg/ton)	
BOD	150	3	
COD	300	6	
TSS	200	4	
pH		6-9	
Kuantitas air limbah paling tinggi (m^3/ton)	10	20	10

(Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup, 2014)

Berdasarkan pada tabel di atas bahwa baku mutu parameter pH pada limbah tahu di angka 6-9. Maka dari itu perlu adanya pengolahan limbah dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

2.7 Pengolahan Limbah Cair Tahu secara fisika

Pengolahan secara fisika umumnya dilakukan sebagai tahapan awal sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut dengan metode kimia atau biologis. Metode fisika bertujuan untuk memisahkan kontaminan atau bahan pencemar yang bersifat partikel tersuspensi atau koloid dari cairan limbah dengan memanfaatkan prinsip-prinsip fisika seperti gaya gravitasi, tekanan, dan ukuran partikel. Salah satu contoh penerapan metode fisika yang sering digunakan dalam pengolahan limbah cair industri tahu adalah

proses filtrasi dan sedimentasi (pengendapan) sebagaimana dijelaskan oleh (MetCalf dan Eddy, 2003).

Filtrasi menurut Khear dan Nursyafitri (2017), didefinisikan sebagai proses pemisahan kontaminan dari cairan limbah dengan cara melewatkannya melalui suatu media berpori, di mana media tersebut dapat menahan partikel padat atau koloid yang terbawa dalam limbah. Sejalan dengan itu, Suharto (2011), menjelaskan bahwa filtrasi merupakan teknik pemisahan padatan dari cairan dengan memanfaatkan media yang memiliki pori-pori, sehingga hanya zat cair yang dapat lolos melewatkannya sementara partikel padat tertahan di media penyaring.

Berdasarkan uraian filtrasi di atas, dapat dimaknai bahwasanya Filtrasi merupakan metode untuk memisahkan bahan baik berbentuk padatan maupun cairan yang mana menggunakan gaya fisika untuk melewati campuran media melalui pori-pori.

2.8. Jenis-jenis Filtrasi

Menurut penelitian Khear dan Nursyafitri (2007), berjudul Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Filtrasi *Updown*. Jenis aliran filtrasi dibagi menjadi 3 (Tiga) bagian, yaitu:

a. Filtrasi aliran *down flow*

Sistem filtrasi aliran *down flow* yaitu mengalirkan limbah cair dari bagian atas menuju ke bawah melalui media saringan yang bertujuan untuk mengurangi kandungan tersuspensi dan kandungan

padatan tersuspensi serta zat kimia sehingga diperoleh hasil dibawah media penyaring (Asmadi et al., 2011).

b. Filtrasi aliran *up flow*

Berbeda dari sistem sebelumnya, sistem filtrasi aliran naik bekerja dengan cara mengalirkan limbah cair dari bagian bawah kolom filtrasi menuju ke atas melalui media penyaring. Keunggulan sistem ini adalah kemampuan pencucian sendiri (*self-cleaning*) media filtrasi melalui proses yang dikenal sebagai *backwash*, yakni dengan membuka kran pembuangan di bagian atas atau bawah sistem sehingga kotoran dapat terangkat dan dibersihkan tanpa perlu membongkar sistem penyaring secara manual (Said, 2008).

c. Filtrasi aliran *horizontal*

Filtrasi horizontal adalah sistem di mana aliran limbah cair melewati media penyaring secara mendatar dari satu sisi ke sisi lainnya. Sistem ini umumnya digunakan sebagai unit pra-penyaringan (*pretreatment*) sebelum memasuki unit filtrasi lainnya, seperti filtrasi pasir lambat. Filtrasi horizontal memiliki keunggulan dalam mengurangi tingkat kekeruhan air secara signifikan tanpa memerlukan bahan kimia tambahan. Selain itu, sistem ini juga efektif untuk menyaring partikel mikro seperti bakteri (10–20 mikron) dan virus (0,2–0,4 mikron), sehingga sangat cocok untuk sistem pengolahan air skala kecil hingga menengah dengan teknologi sederhana namun efisien. (Artiyani & Firmansyah, 2016).

2.8.1 Media Filtrasi Cangkang Telur Bebek

Telur bebek termasuk termasuk dalam telur yang berukuran besar. Berat telurnya ± 60 g/butir. Warna kulit telur bebek bewarna hijau kebiruan. Telur yang dihasilkan dari jenis bebek alabio akan menghasilkan telur bewarna putih. Cangkang telur bebek lebih tebal sehingga telur bebek jarangkali retak. Pori-pori teluk bebek lebih besar jika dibanding telur ayam.

2.8.2 Sifat Fisika dan Kimia Cangkang Telur Bebek

Berdasarkan penelitian Tangboriboon & Suttiprapar (2016) komposisi kimia pada cangkang telur bebek khususnya kalsium karbonat sebesar 96,35% dan protein pada K yang membentuk matriks. Protein akan membantu menjaga struktur cangkang dan mengurangi kerusakan fisik. Kulit telur memiliki permukaan yang halus, sangat terikat dengan bagian luar lapisan membran dan tekstur yang keras serta dilapisi oleh kutikula, karena 95,1% terdiri atas garam-garam anorganik dan 3,3% bahan organik (terutama protein) serta 1,6% air. Bahan anorganik yang menyusunnya terdiri dari Ca, Mg, P, Fe dan S. Bahan anorganik tersebut membentuk senyawa kalsium karbonat sebesar 98-98% dan magnesium karbonat sebesar 0.85%. protein yang terdapat pada kulit telur membentuk serat-serat yang menyerupai kolagen pada tulang rawan, maka dari itu peneliti menggunakan filtrasi dengan media cangkang telur bebek. Berikut adalah penjelasan mengenai Struktur telur dari telur.



Gambar 0.1 Cangkang Telur Bebek

a) Kulit telur

Kulit telur terdiri dari 4 lapis, yaitu kutikula, lapisan bunga karang (lapisan kapur busa/*spongycalcareous layer*), lapisan mamilaris dan lapisan membran. Kulit telur dikelilingi lapisan setebal 0,2-0,4 mm yang berkapur dan berpori. Pori-pori pada kulit telur berfungsi sebagai tempat pertukaran udara untuk memenuhi kebutuhan embrio. Jumlah pori-pori antara 100-200 buah per/cm². Ukuran pori-pori telur memiliki lebar sekitar 9-38 mikron dan panjang 14-54 mikron. Bagian telur yang tumpul memiliki jumlah pori-pori yang lebih banyak (7.000-14.000), jika dibandingkan dengan bagian yang lain. Kulit telur mengandung 3,5% protein dan 1,5% air.

Bagian dalam kulit telur ditutupi oleh dua lapisan yang menempel, tetapi akan terpisah dibagian ujung tumpul telur dan membentuk kantung udara. Kantung udara berdiameter ±5 mm pada telur segar, dan ukurannya akan semakin bertambah besar jika terlalu lama disimpan. Kantung udara telur dapat digunakan untuk menentukan umur telur.

Cangkang telur merupakan pintu gerbang yang berfungsi sebagai pelindung bagian isi telur untuk menjaga kualitas telur dan mencegah dari kerusakan fisik. Keretakan sekecil apapun dapat menyebabkan masuknya mikroba, dan memfasilitasi transfer gas dan kelembabapan ke dalam telur sehingga kualitas telur akan menurun. Berdasarkan pemaparan di atas kandungan kalsium karbonat pada telur cangkang bebek dalam pengolahan limbah cair tahu juga berfungsi dalam meningkatkan pH pada limbah cair (Baharsyah, A. A., & Suryanto, A. 2023).

2.8.3 Reaksi Kimia Kalsium Karbonat Dengan Limbah Cair Tahu

Reaksi yang terjadi antara kandungan kalsium karbonat dalam cangkang telur dengan limbah cair tahu sebagai berikut:

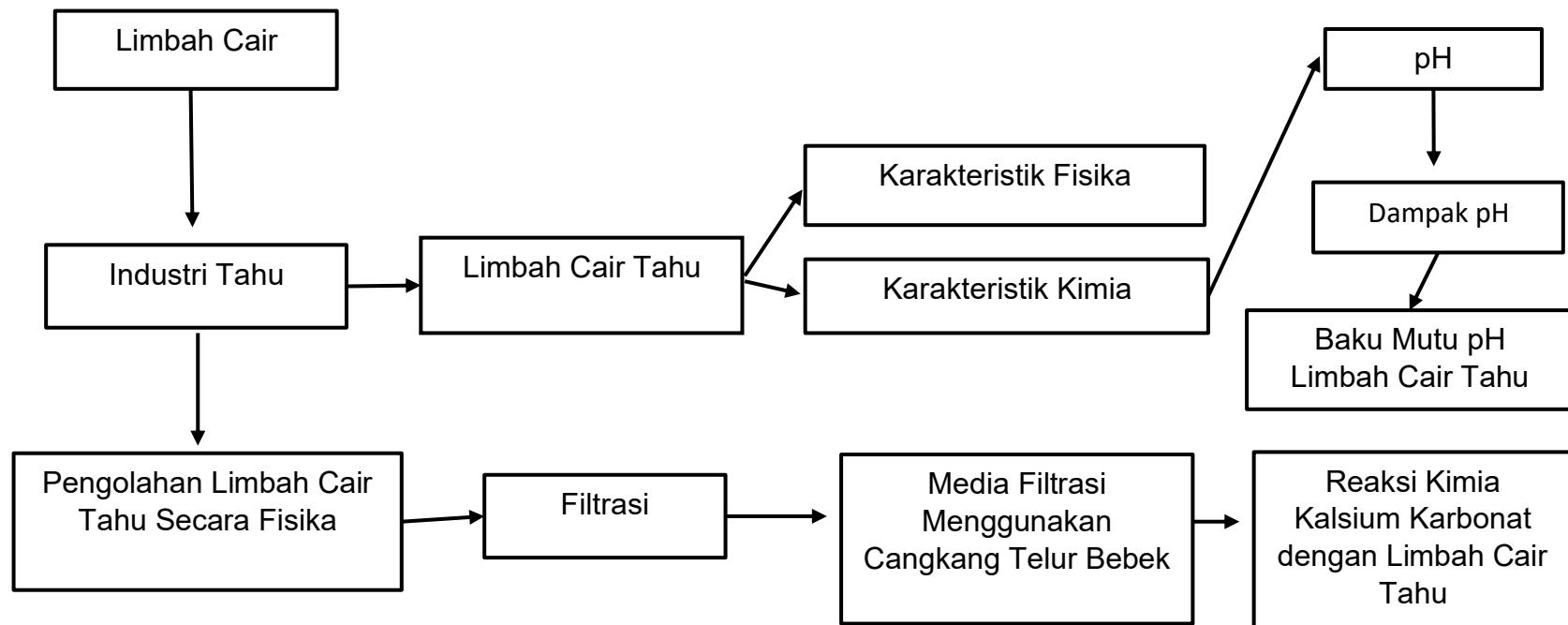


Reaksi tersebut menunjukkan bahwa kalsium karbonat dalam cangkang telur, jika dilarutkan dalam air, akan melepaskan ion hidroksida (OH^-) ke dalam larutan. Ion OH^- ini kemudian akan berinteraksi dengan ion hidrogen (H^+) dalam limbah cair tahu, sehingga dapat menurunkan tingkat keasaman dan meningkatkan nilai pH.

Reaksi ini sejalan dengan teori asam-basa Arrhenius, yang menyatakan bahwa basa adalah senyawa yang dapat melepaskan ion OH^- ke dalam larutan, sementara asam melepaskan ion H^+ . Dengan demikian, penambahan cangkang telur bebek ke dalam limbah cair tahu yang awalnya

bersifat asam akan menghasilkan reaksi netralisasi. Hasil dari reaksi tersebut adalah peningkatan nilai pH limbah, menjadikannya lebih aman untuk dibuang ke lingkungan. Senyawa Ca(OH)_2 yang terbentuk juga dikenal sebagai senyawa alkali kuat yang sangat efektif dalam menetralisasi senyawa asam pada air limbah.

2.9 Kerangka Teori



Gambar 0.2 Kerangka Teori

