

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Limbah Cair

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Limbah cair adalah sisa air buangan yang berasal dari kegiatan rumah tangga maupun industri, umumnya masih mengandung bahan-bahan yang berbahaya bagi lingkungan . Limbah cair adalah limbah yang berwujud cair hasil dari proses industri yang dibuang dan mencemari lingkungan. Pengolahan limbah diperlukan untuk mengubah karakteristik dan komposisi limbah guna menghilangkan atau mengurangi sifat bahaya limbah serta memastikan bahwa limbah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, sehingga aman untuk dibuang (Pasetia *et.,al.*, 2020).

Adapun pengertian RPH menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-6159-1999 tentang rumah potong hewan adalah suatu unit pelayanan masyarakat dalam penyediaan daging yang Aman, Sehat, Utuh, dan Halal (ASUH), tempat memantau dan survailens penyakit hewan serta zoonosis. Pada industri peternakan khususnya pada ternak penghasil daging keberadaan RPH menjadi sangat penting dikarenakan seluruh produk yang dihasilkan dari seekor ternak pedaging harus keluar melalui RPH. RPH wajib memiliki standar minimal yang dipenuhi dari berbagai aspek seperti fisik, teknologi, dan lingkungan. Industri pemotongan hewan jika tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan dampak negatif yang merusak lingkungan dan mengganggu kehidupan manusia

Limbah rumah potong hewan mudah terdegradasi karena merupakan limbah organik yang mengandung protein, karbohidrat, lemak, dan garam mineral yang dapat berfungsi sebagai substrat untuk pertumbuhan dan reproduksi mikroba patogen. Studi terbaru yang dilakukan oleh Meiramkulova dkk. berhasil mengidentifikasi beberapa mikroba patogen (*Escherichia coli* (E.coli), *Salmonella coliphage*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, dan *Enterpococcus fecium*) yang terdapat pada sampel air limbah RPH. Air limbah dapat meningkatkan kebutuhan oksigen biokimia

(*Biochemical Oxygen Demand /BOD*), kebutuhan oksigen kimia (*Chemical Oxygen Demand/COD*), Amonia (NH_3), *Hidrogen sulfida* (H_2S), mempengaruhi pH, dan menghasilkan aroma yang tidak menyenangkan termasuk bau busuk belerang dan amonia.8,9,10,11 Dampak lingkungan dari aktifitas RPH pernah diungkap oleh (Singh dan Sachan 2021) bahwa masyarakat yang bermukim di lingkungan sekitar RPH mengalami penurunan kualitas kesehatan seperti batuk berlebih, diare, demam tifoid, dan malaria akibat dari tercemarnya udara dan sumber air. Demikian pula pada hewan ternak yang sumber air minumannya terkontaminasi mengalami penurunan kualitas kesehatan seperti kasus penurunan hasil susu, demam, maupun diare. (Singh dan Sachan, 2021)

Limbah cair RPH berasal dari proses operasional penyembelihan, pembersihan karkas, serta pencucian peralatan dan lantai. Air yang digunakan untuk mencuci daging, darah, feses, serta bahan organik lainnya bercampur dan keluar melalui saluran drainase sebagai limbah cair yang kaya akan kontaminan. Limbah cair RPH memiliki kandungan bahan organik dan mikroba dalam konsentrasi yang tinggi, yang dapat mencemari badan air penerima bila dibuang tanpa pengolahan yang memadai. (Idu *et. al* 2023)

2.2 Limbah Cair RPH

Limbah Rumah Potong Ternak yang berupa feces urine, isi rumen atau isi lambung, darah daging atau lemak, dan air cucuannya, dapat bertindak sebagai media pertumbuhan dan perkembangan mikroba sehingga limbah tersebut mudah mengalami pembusukan. Dalam proses pembusukannya di dalam air, mengakibatkan kandungan NH_3 dan H_2S di atas maksimum kriteria kualitas air, dankedua gas tersebut menimbulkan bau yang tidak sedap serta dapat menyebabkan gangguan pada saluran pernapasan yang disertai dengan reaksi fisiologik tubuh berupa rasa mual dan kehilangan selera makan. Selain menimbulkan gas berbau busuk juga adanya pemanfaatan oksigen terlarut yang berlebihan dapat mengakibatkan kekurangan oksigen bagi biota air (Widya, 2017).

2.3 Pengelolaan Limbah

Pengolahan air limbah dibagi menjadi 3 bagian yaitu

1. Primary Treatment

Pengolahan primer (*primary treatment*) meliputi penyisihan parsial padatan tersuspensi dan bahan organik yang berasal dari air limbah dengan operasi fisika seperti penyaringan dan sedimentasi (Aditia, 2020).

2. Secondary Treatment

Pengolahan sekunder (*secondary treatment*) bertujuan untuk menghilangkan bahan organik terlarut dan koloid serta padatan tersuspensi yang lolos pada pengolahan primer dan mengurangi konsentrasi BOD dan COD melalui proses biologis. Pada proses ini, mikroorganisme, umumnya bakteri, mengubah bahan organik karbon terlarut dan koloid menjadi berbagai macam gas dan melalui jaringan sel bakteri, mengurangi BOD dan COD (Aditia, 2020).

3. Tertiary Treatment

Tertiary treatment pengolahan tahap terakhir yang bertujuan untuk menghilangkan nutrisi atau unsur hara, khususnya nitrat dan fosfat, serta penambahan klor untuk membunuh mikroorganisme patogen (Willy dan Mukono, 2022).

2.4 Koagulasi-Flokulasi

Alternatif pengolahan air limbah yang dapat diterapkan adalah metode koagulasi-flokulasi. Metode ini merupakan proses pengolahan air yang bertujuan untuk memisahkan partikel-partikel halus dalam jumlah kecil sehingga diperoleh air yang lebih jernih serta bebas dari partikel padat maupun zat tersuspensi (Kusuma, 2021).

2.4.1 Koagulasi

Koagulasi merupakan proses yang memanfaatkan ion-ion yang mempunyai muatan koloid yang terdapat dalam air sehingga menghilangkan kestabilan ion. Koagulan merupakan suatu zat berkation yang dapat mengikat partikel-partikel kecil

dalam suatu sampel air melalui proses koagulasi yang kemudian menghasilkan endapan (Kusniawati *et.,al*, 2023).

Prinsip dasar dalam proses koagulasi adalah adanya gaya tarik menarik antara ion-ion negatif dan ion-ion positif, yang memungkinkan partikel-partikel dalam air menggumpal dan mengendap.

Flok adalah endapan yang terbentuk akibat penambahan koagulan, sedangkan mikro mengacu pada sesuatu yang berukuran kecil. Mikro flok merupakan endapan yang berukuran kecil yang dihasilkan dari penambahan koagulan. Koagulasi bertujuan untuk mengurangi atau menetralkan muatan listrik pada partikel koloid dan tersuspensi. Muatan listrik yang sama pada partikel tersuspensi dalam air yang menyebabkan partikel-partikel saling tolak menolak sehingga membuat partikel -partikel atau koloid kecil terpisah. Pada proses koagulasi, terdapat tahap pengadukan cepat (*flash mixing*) yang berfungsi untuk mempercepat dan meratakan distribusi koagulan dalam air yang diolah, sehingga terjadi gaya tarik menarik antara koagulan dengan partikel koloid, yang dikenal dengan gaya *van der Waals*, akibatnya partikel koloid bergabung dengan gaya tolak menolak antara koagulan dan koloid telah dinetralisasi. Hal ini dapat berpengaruh jika partikel bisa saling mendekati dengan jarak sangat dekat, sedangkan gaya tolak menolak terjadi akibat adanya gaya *Coulomb* antara partikel yang memiliki muatan sejenis (Rachmania, 2020).

2.4.2 Flokulasi

Flokulasi merupakan kelanjutan dari proses koagulasi, dimana mikroflok hasil koagulasi mulai menggumpalkan partikel-partikel koloid menjadi flok - flok besar yang dapat diendapkan (Kusniawati *et al.*, 2023). Flokulasi merupakan tahap di mana partikel-partikel yang sebelumnya tidak stabil menjadi lebih stabil, setelah melalui proses koagulasi yaitu pengadukan cepat (Rachmania, 2020). Pada proses flokulasi yang melibatkan pengadukan lambat, partikel-partikel kecil saling bergabung, sehingga polutan dalam air limbah dapat mengendap dan mengurangi kadar polutan di dalamnya (Ashari, 2020). Flokulasi merupakan perpaduan antara pencampuran bahan flokulan dan

proses pengadukan, yang menghasilkan agregasi partikel yang dapat mengendap (Sembiring et al., 2022).

Faktor penting pada proses flokulasi yaitu pengadukan lambat. Kecepatan pengadukan yang rendah akan memberikan kesempatan bagi partikel-partikel saling bersentuhan dan bergabung membentuk flok. Pengadukan lambat harus dilakukan dengan hati-hati, karena flok yang telah terbentuk dapat mudah hancur jika terkena pengadukan dengan kecepatan tinggi (Widiyanti *et al.*, 2021). Flok yang terbentuk pada proses koagulasi diperbesar dengan melakukan penambahan flokulan. Flokulan merupakan senyawa tidak bermuatan yang membuat flok - flok yang terbentuk pada proses koagulasi bergabung membentuk flok yang lebih besar melalui proses pengadukan lambat (Kusniawati *et al.*, 2023).

2.5 Faktor-faktor yang mempengaruhi koagulasi-flokulasi

Menurut nafisah, 2024 faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi yaitu:

1. Suhu

Suhu yang rendah dapat mempengaruhi efektivitas proses koagulasi. Penurunan suhu berpotensi mengubah rentang pH optimal untuk koagulasi serta memengaruhi jumlah koagulan yang dibutuhkan.

2. Derajat Keasaman (pH)

Proses koagulasi berjalan efisien pada pH optimal. Setiap jenis koagulan memiliki rentang pH optimal yang bervariasi.

3. Jenis koagulan

Pemilihan koagulan mempertimbangkan efektivitasnya dalam membentuk flok. Koagulan dalam bentuk larutan lebih unggul dibandingkan yang berbentuk serbuk atau butiran.

4. Dosis Koagulan

Dosis koagulan yang tepat diperlukan untuk pembentukan inti flok. Dosis yang sesuai memastikan proses pembentukan flok berlangsung optimal. Dosis koagulan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan partikel yang sudah teragregasi

menjadi berhamburan kembali, sehingga menghambat proses pengendapan partikel koloid.

5. Kecepatan Pengadukan

Pengadukan berperan untuk meratakan koagulan dalam air. Kecepatan pengadukan mempengaruhi proses pembentukan flok, pengadukan terlalu lambat mengakibatkan flok terbentuk lebih lama, sedangkan pengadukan terlalu cepat dapat menyebabkan flok yang sudah terbentuk pecah.

a. Pengadukan cepat (*rapid mixing*)

Pengadukan cepat bertujuan untuk membuat proses penyebaran dari koagulan lebih cepat dan merata dalam air limbah yang diolah.

b. Pengadukan lambat (*slow mixing*)

Pengadukan lambat menghasilkan gerakan pengadukan yang perlahan, sehingga koagulan yang dicampur ke dalam air membentuk flok berukuran lebih besar dan proses pengendapan dapat berlangsung lebih cepat.

6. Tingkat kekeruhan

Pada kekeruhan rendah, destabilisasi berlangsung lebih sulit, pada kekeruhan tinggi mempercepat proses destabilisasi, namun dosis koagulan terlalu rendah, efektivitas pembentukan flok dapat berkurang.

7. Alkalinitas

Alkalinitas air dipengaruhi oleh kandungan asam atau basa. Selama reaksi hidrolisis koagulan, alkalinitas dapat membantu pembentukan flok dengan menghasilkan ion hidroksida.

8. Kadar ion terlarut

Ion terlarut dalam air mempengaruhi proses koagulasi, dimana anion memiliki dampak lebih besar dibandingkan kation. Sementara itu, ion natrium, kalsium, dan magnesium memberikan pengaruh yang kurang signifikan.

9. Waktu pengadukan

Dalam proses koagulasi, waktu pengadukan berpengaruh terhadap pembentukan flok. Jika pengadukan berlangsung terlalu lama melebihi waktu optimal, flok tidak dapat menggumpal menjadi lebih besar karena telah mencapai kondisi

jenuh. Selain itu, penambahan waktu pengadukan dapat menurunkan efektivitas koagulasi, sebab flok yang sudah jenuh bisa terurai kembali menjadi partikel kecil yang sulit mengendap dalam air.

2.6 Koagulan

Koagulan adalah senyawa yang mempunyai kemampuan untuk mendestabilisasi dengan cara menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid sehingga partikel koloid dapat saling bergabung yang menyebabkan terjadinya pembentukan flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga lebih mudah mengendap (Rachmania, 2020). Dalam proses koagulasi, koagulan ditambahkan ke air limbah dengan tujuan untuk mengurangi kekeruhan yang disebabkan oleh partikel koloid, baik organik maupun anorganik, serta mengurangi warna, rasa, dan bau yang dihasilkan oleh partikel koloid dalam air (Oktavia, 2023). Berdasarkan jenisnya koagulan terdiri atas 2 jenis yaitu koagulan kimia dan koagulan alami.

Koagulan kimia merupakan koagulan yang menggunakan bahan-bahan kimia. Jenis koagulan kimia antara lain *Aluminium sulphate* (alum), *polyaluminium chloride* (PAC), *ferric chloride*, *ferric sulphate*, dan *polyelectrolyte*. Koagulan kimia memiliki kelebihan dalam proses pengolahan air dan limbah, di antaranya yaitu mampu dengan cepat menetralkan muatan partikel koloid dan menggabungkannya menjadi flok yang lebih besar dan mempercepat proses pemisahan padatan dari air dibandingkan dengan metode alami. Penggunaan koagulan kimia dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan risiko, karena dosis tinggi dapat menghasilkan lumpur atau endapan berbahaya yang masih mengandung zat kimia beracun jika dibuang ke lingkungan. Selain itu, koagulan kimia juga dapat meninggalkan residu zat kimia di badan air yang menerimanya (Putra *et al.*, 2019)

Biokoagulan merupakan koagulan alami yang bersifat ramah lingkungan. Koagulan alami yang digunakan berasal dari protein, tanin, dan pektin yang terkandung pada suatu bahan alam yang dapat berperan sebagai polielektrolit alami yang kerjanya mirip pada koagulan kimia. Polielektrolit adalah senyawa polimer yang mengandung gugus ionik dan digunakan sebagai koagulan atau flokulan dalam proses pengolahan air.

Polielektrolit dapat bersifat anionik, kationik, atau non-ionik, tergantung pada muatan yang dikandungnya. Fungsi utama polielektrolit dalam koagulasi dan flokulasi adalah membantu agregasi partikel koloid agar membentuk flok yang lebih besar dan mudah mengendap, sehingga meningkatkan efektivitas pemisahan zat pencemar dari air atau air limbah. Penjernihan air dapat dilakukan dengan beberapa cara. Cara yang paling sederhana adalah menggunakan serbuk dari biji tanaman yang sudah dikeringkan (Kusniawati et al., 2021). Koagulan alami yang diperoleh dari cangkang hewan atau biji tanaman yang mengandung protein polikationik, yang berfungsi menetralkan partikel dalam koloid. Dalam proses pengolahan air, penting untuk memperhatikan dosis koagulan. Dosis ini merujuk pada jumlah koagulan yang harus dilarutkan untuk mengikat bahan pencemar dalam air. Penggunaan dosis yang tepat memungkinkan koagulan bekerja secara optimal dalam menangkap partikel pencemar, sehingga air menjadi lebih jernih. Koagulan alami memiliki beberapa keunggulan, antara lain kemampuan terdegradasi secara alami, lebih aman bagi kesehatan manusia, dan lebih ekonomis (Susilawati, 2020). Koagulan alami memiliki kelemahan, yaitu cenderung kehilangan efektivitas jika disimpan dalam jangka waktu lama, terutama saat terpapar suhu tinggi atau kelembapan. Selain itu, penggunaannya sering kali membutuhkan dosis yang lebih besar dibandingkan dengan koagulan kimia (Diver et al., 2023).

Ukuran partikel koagulan berperan penting dalam menentukan efektivitas dan efisiensi dalam pengolahan limbah. Semakin kecil ukuran partikel, semakin besar luas permukaan pada koagulan, sehingga partikel koloid dalam limbah lebih mudah berinteraksi dengan koagulan. Hal ini mempercepat proses pembentukan serta pengendapan flok, yang pada akhirnya membantu mengurangi toksisitas dalam limbah (Balaji et al., 2018).

2.7 Biji Kelor (*moringa Oleifera*)

Biji kelor (*moringa Oleifera*) merupakan sumber koagulan alami yang efisien yang digunakan untuk membersihkan air limbah dari kotoran. Biji kelor (*Moringa Oleifera*) mengandung senyawa-senyawa bioaktif seperti protein kationik yang memiliki muatan positif, polikasarida, dan senyawa fenolik. Ketika biji kelor (*Moringa*

Oleifera) diekstraksi dan diolah menjadi larutan, senyawa-senyawa tersebut berinteraksi dengan partikel-partikel tersuspensi dan zat-zat terlarut dalam limbah cair. Protein kationik pada biji kelor (*Moringa Oleifera*) akan berinteraksi elektrostatik dengan partikel-partikel bermuatan negatif dalam limbah, membentuk-flok-flok besar yang dapat meenggumpal dan mengendap secara efisien (Ndabigengesere, *et.,al* 2021).

2.8 Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Desinfektan Alami

Biji kelor (*Moringa oleifera*) dikenal memiliki kandungan senyawa bioaktif yang berpotensi memberikan aktivitas antibakteri, sehingga dapat berperan sebagai agen desinfeksi alami dalam pengolahan air dan limbah. Senyawa seperti protein kationik, *flavonoid*, tanin, dan saponin di dalam biji maupun daun kelor mampu berinteraksi dengan membran sel bakteri, menyebabkan gangguan struktur sel dan menghambat pertumbuhan bakteri patogen seperti *Escherichia Coli* (E.Coli) dan Total *Coliform*. Hal ini menunjukkan bahwa biji kelor (*Moringa oleifera*) tidak hanya berfungsi sebagai bahan koagulan, tetapi juga memiliki sifat *antimicrobial* yang dapat mendukung proses desinfeksi. Keunggulan ini membuat biji kelor (*Moringa oleifera*) menjadi alternatif yang menarik dibandingkan agen kimia sintetik karena bersifat lebih ramah lingkungan dan tidak menghasilkan residu berbahaya di lingkungan perairan (Delelegn *et.,al*, 2018).

Aktivitas antibakteri biji kelor (*Moringa Oleifera*) dipengaruhi oleh kemampuan protein kationiknya dalam menetralkan muatan permukaan sel bakteri, sehingga menghambat kemampuan bakteri untuk bertahan hidup dan berkembang biak di dalam media air. Mekanisme ini dilaporkan efektif terhadap bakteri indikator seperti *Escherichia Coli* (E.Coli) serta kelompok Total *Coliform* yang umum digunakan sebagai parameter kualitas mikrobiologi air (Lea, 2024)

2.8.1 Mekanisme Penghilangan Bakteri dalam pengolahan Limbah Cair RPH

Penghilangan bakteri dalam pengolahan air limbah dapat terjadi melalui beberapa mekanisme, antara lain pemisahan fisik, inaktivasi biologis, dan gangguan struktur sel mikroorganisme. Proses pengolahan primer dan sekunder mampu menurunkan jumlah bakteri melalui pengendapan partikel tersuspensi yang menjadi

media melekatnya mikroorganisme. Bakteri indikator seperti *Escherichia coli* dan Total *Coliform* umumnya berasosiasi dengan partikel organik dan koloid, sehingga proses pemisahan partikel turut berkontribusi terhadap penurunan jumlah bakteri (Metcalf dan Eddy, 2024).

Selain mekanisme fisik, penghilangan bakteri juga dapat terjadi akibat kerusakan membran sel. Gangguan pada dinding sel dan membran sitoplasma bakteri dapat menyebabkan kebocoran komponen intraseluler, yang pada akhirnya menurunkan kemampuan bakteri untuk bertahan hidup. Mekanisme ini banyak terjadi pada proses desinfeksi, baik menggunakan bahan kimia maupun senyawa alami yang memiliki aktivitas antimikroba (Madigan *et al.*, 2020).

2.8.2 Hubungan Koagulan dengan Proses Desinfeksi

Koagulan pada dasarnya digunakan untuk menurunkan kekeruhan dan kandungan partikel tersuspensi melalui proses netralisasi muatan dan pembentukan flok. Namun, beberapa koagulan alami memiliki fungsi tambahan sebagai agen desinfeksi. Biji kelor (*Moringa Oleifera*) mengandung protein kationik yang tidak hanya berperan dalam pembentukan flok, tetapi juga berinteraksi langsung dengan mikroorganisme (Ndabigengesere dan Narasiah, 2020).

Protein bermuatan positif pada koagulan alami mampu berikatan dengan permukaan sel bakteri yang bermuatan negatif. Interaksi elektrostatis tersebut dapat menyebabkan gangguan pada struktur dinding sel bakteri, sehingga menghambat aktivitas metabolik mikroorganisme. Dengan demikian, proses koagulasi tidak hanya berfungsi sebagai pemisahan fisik, tetapi juga berpotensi berkontribusi pada penurunan viabilitas bakteri (Ghebremichael *et al.* 2020).

2.9 Bakteri *Escherichia coli* (E.coli) dan Total *Coliform*

Beberapa bakteri yang merupakan indikator kualitas suatu perairan adalah *coliform*, *Escherichia coli* (E-coli) dan *Salmonella* (Arifudin, et., al 2013). *Escherichia coli* adalah bakteri penyebab diare terbanyak setelah rotavirus. Bakteri *Escherichia coli*

(E-coli) dapat mengakibatkan keracunan makanan serius pada manusia, antara lain diare berdarah karena eksotoksin yang dihasilkan bernama *verotoksin*. (Halim et al. 2017).

Indikator pencemaran mikroba air adalah Total *Coliform* dan *Escherichia coli* (E. coli). Total *Coliform* adalah suatu kelompok bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya polusi kotoran. Total *coliform* yang berada di dalam makanan atau minuman menunjukkan kemungkinan adanya mikroba yang bersifat *enteropatogenik* dan atau *toksigenik* yang berbahaya bagi kesehatan. Total *Coliform* dibagi menjadi dua golongan, yaitu *Coliform* fekal, seperti *Escherichia coli* (E. Coli) yang berasal dari tinja manusia, hewan berdarah panas, dan *Coliform* nonfekal, seperti *Aerobacter* dan *Klebsiella* yang bukan berasal dari tinja manusia, tetapi berasal dari hewan atau tanaman yang telah mati. (Halim et al. 2017).

2.10 Mekanisme Pengambilan Sampel

Sampel untuk pengujian kandungan bakteri *Escherichia coli* (E-Coli) dan total *coliform* pada limbah cair pada RPH adalah di dua titik yaitu inlet dan outlet. Teknik pengambilan sampel air limbah menggunakan metode grab sample. Berdasarkan SNI 6989.59:2008, grab sample merupakan metode pengambilan air limbah yang dilakukan sesaat pada satu lokasi tertentu. Berdasarkan SNI 6989.59:2008 pemilihan lokasi pengambilan sampel air limbah industri harus mempertimbangkan ada atau tidaknya Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan sampel harus diambil pada lokasi yang telah mengalami pencampuran secara sempurna. Pendekatan dalam menentukan waktu pengambilan sampel adalah dengan mengasumsikan saat media lingkungan yang akan diambil sampelnya cukup homogen atau kosntan sehingga sampel dapat mewakili kondisi yang disyaratkan. Proses pemotongan hewan berlangsung pada pukul 03.00-05.00 WIB. Namun, proses pembersihan ruang pemotongan dilakukan pukul 06.00-07.00 WIB dan proses pengolahan limbah dimulai pukul 07.00-10.00 WIB. Sehingga waktu pengambilan sampel adalah saat proses pengolahan limbah tersebut berlangsung (Sri Widystuti dan Sari, 2019).

2.11 Standar Baku Mutu

Air limbah memiliki standar baku mutu yang telah ditetapkan dalam peraturan perundang-undangan untuk memastikan bahwa pembuangannya ke lingkungan tidak menimbulkan dampak negatif. Standar baku mutu yang diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Lampiran VI kelas 3, yang menetapkan batas maksimum kandungan zat pencemar dalam air limbah sebelum dibuang atau dimanfaatkan kembali. Baku mutu dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku mutu air sungai dan sejenisnya

no	Air sungai	Parameter	Kelas
1	/kualitas air badan	Total <i>coliform</i>	Kelas III/IV:10.000 MPN/100ml
2	air (kelas I,II,III,IV)	<i>Escherichia coli</i> (E-Coli)	Kelas III/IV: 2.000 CFU/100ml

No	Judul	Penulis	Parameter	Metode	Hasil
1.	Cemaran Air Limbah Rumah Potong Hewan di Kota Mataram (2020)	Aini, Made Sriasih, dan Djoko Kisworo	Parameter Fisika dan Kimia: BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>) COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>) TSS (<i>Total Suspended Solids</i>) pH Ammonia (NH ₃ -N) Minyak dan Lemak Parameter Mikrobiologi: ALT (Jumlah koloni mikroba total) E. coli <i>Salmonella Pseudomonas aeruginosa Klebsiella pneumoniae</i>	pengambilan sampel air limbah secara purposive pada saat pemotongan di RPH sapi dan ayam.	Penelitian menunjukkan bahwa air limbah dari RPH sapi dan ayam di Kota Mataram sangat tercemar. Parameter kimia seperti BOD dan COD di RPH sapi berturut-turut sebesar rata-rata 7256 mg/l dan 1862,2 mg/l, sedangkan di RPH ayam sebesar rata-rata 20.213 mg/l dan 4.964,6 mg/l, keduanya jauh melebihi baku mutu masing-masing 100 mg/l dan 200 mg/l. Selain itu, TSS di RPH sapi rata-rata 612 mg/l dan di RPH ayam mencapai 11.810,6 mg/l, juga di atas standar. Mikroba patogen seperti E. coli dan Salmonella ditemukan dalam limbah.
2.	Pengolahan air limbah berkelanjutan berdasarkan koagulan tumbuhan alami biji elor	Bahati Shabani Nzeyimana· A. Daisy Caroline Mary	Parameter Fisika pH, Kekeruhan (<i>Turbidity</i>), Konduktivitas listrik (<i>Electrical Conductivity / EC</i>), Total padatan (<i>Total Solids / TS</i>), Total padatan	Percobaan lapangan dan laboratorium dengan teknik jar test untuk menentukan dosis optimal Kelor oleifera sebagai koagulan alami.	Parameter fisika dan kimia air baku dan air olahan dianalisis, dan menunjukkan bahwa dosis optimum 0,4 g/1000 mL menghasilkan penurunan yang signifikan pada berbagai parameter kualitas air:

	(<i>Moringa Oleifera</i>)		<p>terlarut (<i>Total Dissolved Solids / TDS</i>), Total padatan tersuspensi (<i>Total Suspended Solids / TSS</i>)</p> <p>-Parameter Kimia Keasaman total Alkalinitas total Kesadahan total Kesadahan kalsium Kesadahan magnesium Fluorida (F^-) Nitrit (NO_2^-) Nitrat (NO_3^-) Silikat (SiO_2) (PO_4^{3-}) Fosfor anorganik Klorida (Cl^-) Kalium (K^+) Natrium (Na^+) Sulfat (SO_4^{2-}) Permintaan oksigen biokimia (BOD) Permintaan oksigen kimia (COD) Oksigen terlarut (DO).</p>		<p>kekeruhan sebesar 92%, COD sebesar 88%, total padatan sebesar 96%, klorida sebesar 75%, kesadahan total sebesar 74%, dan fosfor anorganik sebesar 68%. Penurunan spesifik BOD tidak dilaporkan, sehingga perlu dilakukan investigasi lebih lanjut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelor oleifera dapat menawarkan peningkatan signifikan dalam kualitas air dan kesehatan masyarakat sekaligus mendorong keberlanjutan dan keselarasan lingkungan.</p>
3	Pemberian Serbuk Biji Kelor pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam	I Dewa Ketut Ari Saputra, I Ketut Suada, I Made Merdana	COD, BOD dan e-coli	metode <i>spread plate</i> dan analisis statistik untuk menentukan pengaruh perlakuan.	Penggunaan serbuk biji kelor secara signifikan menurunkan jumlah bakteri E. coli dalam limbah RPA tradisional. Konsentrasi serbuk biji kelor yang optimal adalah 200 mg/L dengan waktu

	Tradisional Mampu Menurunkan Jumlah <i>Escherichia coli</i> (2023)				pengendapan 60 menit, yang memberi penurunan paling besar pada jumlah <i>E. coli</i> . Data statistik menunjukkan pengaruh serbuk biji kelor dan waktu pengendapan terhadap jumlah <i>E. coli</i> sangat signifikan ($P < 0,01$).
4	Potensi Cemaran Bakteri <i>Escherichia Coli</i> Pada Limbah Cair Rumah Potong Ayam (Rpa) Terhadap Lingkungan Di Kota Magelang (2025)	Alfian Syarifuddin, Fitriana Yuliasuti, Missya Putri Kurnia Pradani	bakteria <i>Escherichia coli</i> (CFU/ml) dan Angka Lempeng Total (ALT)	TBX menggunakan teknik spread plate, diinkubasi selama 18-24 jam pada suhu 37°C, lalu jumlah koloni bakteri dihitung dengan colony counter untuk menentukan nilai ALT	Hasil penelitian menunjukkan bahwa 61,1% sampel air bilasan dari RPA di Kota Magelang tercemar dengan angka cemaran <i>Escherichia coli</i> yang melebihi batas aman (lebih dari 1×10^1 CFU/ml), dengan nilai ALT tertinggi mencapai >300 CFU/ml.
5	penghasil ESBL Bakteri <i>Escherichia coli</i> dalam air limbah dari rumah pemotongan hewan di Jerman	Jette F., KleistA, Lisa BachmannA,B, Christiane HuxdorffC, Elias EgerDKatharina	ESBL- <i>producing E. coli</i>	isolasi dan subkultur bakteri ESBL- <i>producing E. coli</i> menggunakan media selektif, pengujian resistensi antibiotik dengan sistem VITEK2, serta analisis genetik	Hasil studi menunjukkan bahwa ESBL- <i>producing E. coli</i> ditemukan secara konsisten dalam air limbah dari fasilitas pemotongan hewan di Jerman, terutama pada rumah potong babi dan unggas, dengan 86 isolat yang diidentifikasi. Dari jumlah

	(2025)			melalui pengurutan genom utuh (WGS).	tersebut, 40 isolat (sekitar 47%) adalah multiresisten (MDR), dengan 27 dari 37 isolate unggas dan 13 dari 49 isolate babi menunjukkan resistensi terhadap berbagai antibiotik. Analisis genom memperlihatkan adanya varian clonal tertentu (ST410 dan ST4981), dengan pola penyebaran yang menunjukkan bahwa bakteri ini diperoleh dari hewan yang diproses, bukan kolonisasi jangka panjang di fasilitas.
--	--------	--	--	--------------------------------------	---