

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Secara umum limbah cair adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya. Limbah cair ini biasanya mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan. Berdasarkan asalnya, limbah cair dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu: limbah cair domestik, limbah cair industri dan air hujan [14].

Limbah cair adalah bahan buangan berbentuk cair yang berbahaya dan mengandung bahan kimia yang sulit untuk dihilangkan, sehingga limbah cair tersebut harus diolah agar tidak membahayakan dan tidak mencemari lingkungan. Limbah cair yaitu air yang bersumber dari daerah pemukiman, perkantoran, institusi dan industri yang telah dipergunakan untuk berbagai keperluan. Limbah cair sebelumnya harus dikumpulkan kemudian dibuang dan diolah untuk menjaga lingkungan agar tidak tercemar [15].

2.1.1 Sumber Limbah Cair

Menurut Metcalf dan Eddy [16], limbah cair berasal dari berbagai sumber. Secara garis besar sumber limbah cair dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu sebagai berikut:

1. Limbah cair domestik

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nasional No. 112 Tahun 2003, limbah cair domestik adalah limbah cair yang berasal dari kawasan komersial dan/atau pemukiman, rumah makan, perkantoran, usaha, apartemen dan asrama. Limbah cair domestik mengandung berbagai zat yaitu kotoran, urin, dan air bekas cucian yang mengandung deterjen, bakteri dan virus.

2. Limbah cair industri

Limbah non-domestik mengacu pada limbah dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi, dan sumber lainnya.

3. Infiltrasi

Infiltrasi adalah masuknya air tanah ke dalam saluran pembuangan melalui sambungan pipa, pipa bocor atau dinding lubang got, sedangkan *inflow* adalah masuknya air permukaan ke saluran pembuangan melalui sambungan silang penutup lubang got, atap, daerah drainase, air hujan dan air limbah.

2.1.2 Karakteristik limbah cair

Karakteristik limbah cair perlu dikenalkan, karena hal ini akan menentukan cara pengolahan yang tepat, sehingga tidak mencemari lingkungan hidup. Menurut Metcalf dan Eddy [14], limbah cair baik domestik maupun non domestik mempunyai beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, dimana karakteristik limbah cair dapat digolongkan pada karakteristik fisik, kimia, dan biologi yang diuraikan sebagai berikut:

1. Karakteristik fisik

Karakteristik fisika limbah cair yang perlu diketahui adalah total solid, bau, temperatur, densitas, warna, konduktivitas, dan turbidity.

a. Total Solid (TS)

Total solid atau total padatan adalah semua bahan yang tersisa setelah proses penguapan pada suhu 103-105°C. Karakteristik saluran air domestik, industri, erosi tanah dan infiltrasi dapat menyebabkan bangunan pengolahan dipenuhi dengan lumpur dan kondisi anaerobik, yang dapat mengganggu proses pengolahan.

b. Total Padatan Terlarut (*Total Dissolved Solid*)

Padatan terlarut (*dissolve solids*) terdiri dari berbagai macam material yang terlarut di dalam air, diantaranya garam, mineral, logam, serta anion. Sedangkan *Total Dissolved Solids* (TDS) merupakan jumlah dari padatan terlarut yang terdiri dari garam anorganik (kalsium, potassium, magnesium, sodium, bicarbonates, chlorides dan sulfates) dan sebagian kecil jumlah organik lain yang larut dalam air.

c. TSS (*Total Suspended Solids*)

TSS adalah hasil akhir penyaringan padatan terlarut dengan bantuan pengendapan gravitasi, biasanya merupakan partikel koloid serta untuk mengindikasikan laju sedimentasi.

d. Bau

Disebabkan oleh udara yang dihasilkan dalam proses penguraian materi atau penambahan bahan pada limbah.

e. Density

Density adalah perbandingan antara massa dan kuantitas yang dinyatakan sebagai slug/ft³ (kg/m³).

f. Warna

Pada dasarnya air yang bersih tidak berwarna, namun dengan waktu dan kondisi anaerobik yang meningkat, warna limbah berubah dari abu-abu menjadi kehitaman.

g. Kekeruhan

Kekeruhan diukur dengan menggunakan perbandingan antara intensitas cahaya yang dipancarkan dengan bantuan pola limbah cair dan cahaya yang dipancarkan dengan menggunakan suspensi standar pada konsentrasi yang sama.

2. Karakteristik kimiawi

Pada limbah cair terdapat tiga karakteristik kimia yang perlu diidentifikasi yaitu bahan organik, anorganik, dan gas.

a. Bahan organik

Pada limbah cair, bahan organik berasal dari hewan, tumbuhan, dan aktivitas manusia. Bahan organik itu sendiri meliputi C, H, O, N yang karakteristik kimianya adalah protein, karbohidrat, lemak dan minyak, surfaktan, insektisida dan fenol, aset tetap yang berupa limbah domestik, komersial, komersial, selain insektisida yang berasal dari pertanian.

b. Bahan anorganik

Jumlah bahan anorganik akan meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh sumber awal limbah cair. Secara umum berupa senyawa yang mengandung logam berat (Fe, Cu, Pb, dan Mn), asam kuat dan basa kuat, senyawa fosfat, senyawa nitrogen (amonia, nitrit, dan nitrat), dan senyawa belerang (sulfat, dan hidrogen sulfida).

c. Gas

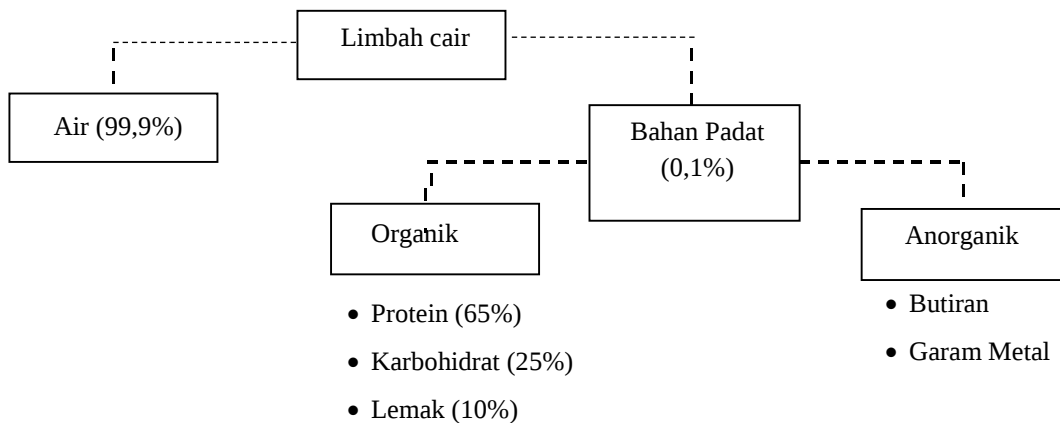
Gas-gas yang biasanya terdapat dalam limbah cair yang tidak diolah adalah nitrogen (N_2), oksigen (O_2), metana (CH_4), hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), dan karbon dioksida.

3. Karakteristik biologi

Karakteristik biologi digunakan untuk mengukur kualitas air, terutama air yang dikonsumsi sebagai air konsumsi dan air bersih. Parameter yang biasanya digunakan adalah jenis mikroorganisme yang terkandung di dalam limbah cair tersebut. Pengolahan limbah cair secara biologi dapat digambarkan sebagai teknik yang melibatkan kegiatan mikroorganisme dalam air untuk mengubah bahan kimia yang terkandung dalam air menjadi jenis atau senyawa lain. Mikroorganisme mengkonsumsi bahan-bahan organik untuk menciptakan biomassa sel baru dan bahan organik serta memanfaatkan daya yang dihasilkan dari reaksi oksidasi untuk metabolismenya.

2.1.3 Komposisi Limbah Cair

Menurut Sugiharto [17], sesuai dengan sumbernya, limbah cair memiliki komposisi yang sangat beragam dari satu lokasi ke lokasi lain dan setiap saat. Polutan yang terkandung dalam limbah cair biasanya dapat dikategorikan menjadi tiga kategori, yaitu zat terapung, zat tersuspensi dan zat terlarut. Secara garis besar, bahan-bahan yang terkandung dalam limbah cair dapat dikelompokkan sebagaimana digambarkan dalam skema Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam limbah cair [17]

2.1.4 Dampak Limbah cair

Limbah cair/air limbah dapat menimbulkan dampak yang besar dan penting terhadap lingkungan dan manusia, khususnya menimbulkan polutan dan penyakit menular. Menurut Sugiharto [17], limbah cair dapat berdampak buruk pada banyak hal, karena dapat bertindak sebagai penyedia penyakit termasuk kolera, radang usus, hepatitis menular dan schistosomiasis, dan juga terdapat banyak mikroorganisme patogen yang menyebabkan penyakit. Selain itu, dapat menyebabkan kerusakan pada bahan bangunan dan tanaman, dapat mengganggu kehidupan dalam air termasuk ikan dan hewan peliharaan lainnya. Dengan banyaknya bahan pencemar atau racun yang ada di dalam limbah cair tersebut, maka dapat menyebabkan kadar oksigen terlarut di dalam limbah cair tersebut menjadi berkurang. Akibatnya, kehidupan di air yang membutuhkan oksigen bisa terganggu sehingga dapat mengurangi perkembangannya.

Limbah cair yang memiliki TSS atau angka materi tersuspensi yang berlebihan juga dapat menimbulkan buruknya kualitas air karena dapat menyebabkan kekeruhan dan menghalangi cahaya matahari masuk ke dalam air. Oleh karena itu, kehidupan biota perairan juga dapat terganggu [18]. Menurut Sugiharto [17] mengatakan bahwa kisaran BOD dan COD yang berlebihan dan waktu tinggal sebanyak 18 jam dapat menyebabkan bau busuk dan mengganggu kehidupan perairan. Hal tersebut karena degradasi anaerobik yang terjadi.

2.2 Limbah Cair Rumah Makan

Rumah makan adalah usaha komersial yang menyajikan makanan kepada masyarakat dan menyediakan area untuk menikmati makanan serta menentukan tarif tertentu untuk majkanan dan pelayanannya. Rumah makan menyajikan makanannya di tempat, namun ada juga yang menyajikan layanan *take away* dan *delivery* sebagai bentuk pelayanan kepada konsumennya [19]. Rumah makan mulai dari warung makan, rumah makan dalam skala kecil dan besar, rumah makan cepat saji dalam skala beragam mulai dari gerai kecil hingga besar. Limbah cair rumah makan bersumber dari pencucian peralatan makan, limbah cair dari limbah makanan yang dibuang mengandung bahan organik. Jumlah bahan organik yang terkandung dalam limbah rumah makan dapat terurai atau terdegradasi melalui mikroorganisme sehingga setelah dibuang ke dalam badan air akan meningkatkan potensi populasi mikroorganisme, sehingga konsentrasi BOD akan meningkat bersamaan dengan sabun pembersih yang dapat meningkatkan naiknya pH dalam air [20].

Limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan rumah makan memiliki komposisi dan kandungan bahan yang berbeda. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan kandungan bahan pengotor dalam peralatan masak atau makan, komposisi dan jumlah bahan mentah yang digunakan untuk memasak. Perbedaan antara limbah cair rumah tangga dan limbah cair tempat makan, meskipun persyaratan baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah adalah sama, yaitu bahwa limbah dari rumah makan terdiri dari minyak dan lemak, padatan tersuspensi dan limbah organik dalam jumlah yang tinggi. Limbah cair rumah makan juga memiliki bau yang tidak sedap karena sisa-sisa makanan atau cairan langsung dibuang ke saluran air.

Upaya yang dilakukan oleh pihak berwenang untuk menangani laju beban pencemar pada limbah cair rumah makan adalah melalui penetapan peraturan terbaru tentang persyaratan baku mutu limbah cair domestik, yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016/2016 tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik [21]. Pengendalian pencemaran air dilakukan untuk memastikan bahwa kualitas air sesuai dengan persyaratan baku mutu air melalui pencegahan pencemar air,

pencegahan dan pemulihan kualitas air. Pada Tabel 2.1 dapat dilihat baku mutu limbah cair rumah makan.

Tabel 2.1 Baku mutu limbah cair domestik [21]

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	Jumlah/100ml	3000

2.3 Parameter Penelitian

2.3.1 *Total Suspended Solid (TSS)*

TSS adalah zat tersuspensi (diameter > 1µm) yang tertahan pada saringan mili-pori dengan diameter pori 0,45µm [22]. Sedangkan menurut Kristiana [23], TSS atau padatan tersuspensi adalah padatan yang menjadi penyebab kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap secara langsung, meliputi partikel-partikel yang ukuran dan beratnya lebih kecil daripada sedimen. Pengukuran TSS didasarkan pada berat kering partikel yang terperangkap pada filter, umumnya dengan panjang pori tertentu. Umumnya filter yang digunakan memiliki ukuran pori sebesar 0,45 µm. Padatan tersuspensi dalam air dapat berupa komponen hidup (biotik) yang meliputi *fitoplankton*, *zooplankton*, mikro organisme, atau komponen mati (abiotik) yang meliputi detritus dan sampah anorganik. Cara menghitung TSS dari data hasil penelitian adalah sebagai berikut:

$$TSS = \frac{mg}{l} = \frac{(Tb-Ta)}{v} \dots\dots\dots (2.1)$$

Di mana:

TSS = Total Padatan Tersuspensi (mg/l)

Ta = Berat kertas saring awal (mg)

Tb = Berat kertas saring terakhir (mg)

V = Volume air yang disaring (l)

TSS yang tinggi menghalangi masuknya cahaya matahari ke dalam air, sehingga akan mengganggu proses fotosintesis yang menyebabkan rendahnya oksigen terlarut yang dilepaskan ke dalam air oleh tanaman. Jika cahaya matahari terhalang untuk mencapai titik terendah dari air, tanaman akan berhenti menghasilkan oksigen dan akan mati. TSS juga menyebabkan penurunan kejernihan dalam air [24]. Padatan tersuspensi yang dapat menyebabkan kekeruhan air, tidak larut dan tidak dapat mengendap secara langsung, termasuk partikel-partikel yang ukuran dan beratnya lebih kecil daripada sedimen, misalnya tanah liat, bahan organik tertentu, sel mikroorganisme, dan sebagainya [25].

2.3.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD atau kebutuhan oksigen kimia (KOK) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik yang terdapat dalam sampel air atau jumlah oksigen yang harus mengoksidasi bahan organik menjadi CO_2 dan H_2O [22]. Dalam reaksi ini, hampir semua bahan yaitu sekitar 85% dapat dioksidasi menjadi CO_2 dan H_2O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak semua bahan organik dapat diuraikan dengan bantuan mikroorganisme. Besaran COD merupakan ukuran pencemar air oleh bahan-bahan organik yang secara alami dapat dioksidasi melalui proses mikroorganisme dan menyebabkan penurunan oksigen terlarut dalam air [26].

Nilai COD yang terlalu tinggi menunjukkan adanya pencemaran air oleh bahan-bahan organik yang berasal dari berbagai sumber antara lain limbah fasilitas pabrik, limbah rumah tangga dan lain-lain [27]. Nilai COD adalah suatu ukuran pencemaran air oleh bahan-bahan organik yang dapat teroksidasi dan mengakibatkan penurunan oksigen terlarut di dalam air, maka konsentrasi COD dalam air harus memenuhi persyaratan baku mutu yang telah ditetapkan agar tidak mencemari lingkungan. Pemeriksaan COD adalah pemeriksaan yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan-bahan organik yang terkandung dalam air. Pengukuran COD didasarkan pada kenyataan bahwa sebagian besar bahan

organik dapat dioksidasi menjadi karbon dioksida dan air dengan bantuan zat pengoksidasi yang kuat, khususnya kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) dalam suasana asam. Dengan penggunaan dikromat sebagai oksidator, diperkirakan sekitar 95%-100% bahan organik dapat teroksidasi [22]. COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan anorganik dan bahan organik termasuk BOD. Besaran COD adalah ukuran pencemaran air oleh bahan organik. Semakin dekat nilai BOD terhadap COD, menunjukkan semakin sedikit bahan organik yang dapat teroksidasi dengan bahan kimia [24].

Pengujian COD pada limbah cair memiliki beberapa keunggulan dibandingkan pengujian BOD. Keunggulan tersebut meliputi:

- a. Mampu menguji limbah cair komersial beracun yang tidak dapat diuji dengan BOD karena mikroorganisme akan mati.
- b. Waktu pengujian lebih singkat, sekitar tiga jam saja.

2.4 Pengolahan Limbah Cair

Limbah cair mencakup satu atau lebih parameter pencemar yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Kemungkinan di dalamnya terdapat minyak, lemak, zat anorganik yang meliputi besi, aluminium, nikel, plum-bum, barium, fenol, dan lain-lain, sehingga pengolahannya memerlukan kombinasi berbagai metode dan peralatan [28]. Berdasarkan karakteristik limbahnya, cara penanggulangannya dapat dikategorikan menjadi tiga bagian, yaitu proses fisik, kimia, dan biologi. Cara ini tidak bisa berjalan sendiri-sendiri, namun terkadang harus dilakukan secara kombinasi. Pemisahan proses sejalan dengan karakteristik limbah untuk memudahkan pengidentifikasian peralatan.

a. Proses fisik

Pengolahan limbah cair dengan menggunakan cara fisika, yaitu pengolahan secara mekanis tanpa atau dengan penambahan bahan kimia. Pendekatan-pendekatan ini meliputi: penyaringan, penghancuran, perataan air, penggumpalan, sedimentasi, pengapungan dan filtrasi. Tahap penyaringan adalah cara yang baik dan lebih murah untuk menyisihkan bahan tersuspensi besar, biasanya menggunakan *sand filter* dengan ukuran silika yang disesuaikan

dengan bahan tersuspensi yang akan disaring [29]. Bahan tersuspensi yang mengendap dengan mudah dapat dihilangkan dengan menggunakan metode ini, pada metode ini dapat diselesaikan tanpa bahan kimia tambahan jika skalanya besar dan halus untuk mengendap namun di bawah situasi tertentu di mana bahan tersuspensi tersebut sulit diendapkan, bahan kimia dapat digunakan sebagai pembantu dalam metode sedimentasi, pada metode ini mungkin terjadi pembentukan flok-flok dalam ukuran yang cukup besar sehingga mudah diendapkan dalam metode yang memanfaatkannya bahan kimia ini pengkondisian pH diperlukan untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Parameter desain yang penting untuk metode ini adalah kecepatan pengendapan partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendapan [30].

b. Proses kimia

Pengolahan limbah cair dengan cara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam berat, senyawa fosfor, dan bahan organik beracun: dengan menggunakan bahan kimia tertentu sesuai kebutuhan. Penyisihan bahan-bahan tersebut dalam prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat, yaitu dari tidak mudah mengendap menjadi mudah diendapkan (flokulasi-koagulasi), baik tanpa atau dengan reaksi oksidasi-reduksi, dan juga berlangsung karena reaksi oksidasi. Proses secara kimia menggunakan bahan kimia untuk mengurangi konsentrasi bahan pencemar di dalam limbah. Kegiatan yang termasuk dalam metode kimia meliputi pengendapan, klorinasi, oksidasi dan reduksi, netralisasi, penggantian ion dan desinfeksi [30].

c. Proses Biologi

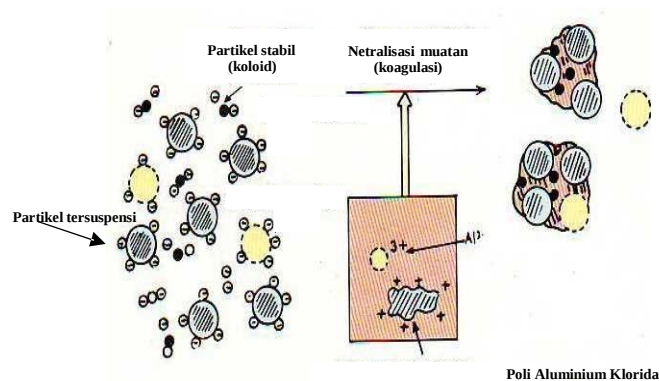
Pengolahan limbah cair secara biologi adalah metode pengolahan yang ditujukan untuk mengurangi atau menurunkan substrat tertentu di dalam limbah cair dengan menggunakan pemanfaatan mikroorganisme untuk mengubah substrat. Metode pengolahan limbah secara biologi adalah dengan memanfaatkan mikroorganisme (algae, bakteri, protozoa) untuk mereduksi senyawa-senyawa organik dalam limbah cair menjadi senyawa-senyawa yang sederhana sehingga mudah untuk diambil [31].

2.5 Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi adalah proses kimia untuk menyisihkan bahan tersuspensi atau koloid dalam air. Dimana partikel-partikel koloid tersebut tidak dapat mengendap sendiri dan sulit untuk ditangani dengan bantuan pengolahan fisik. Pada sistem koagulasi dan flokulasi dapat dilakukan penambahan bahan koagulan yang berfungsi sebagai pengikat bahan pencemar di dalam air. Koagulan dapat berupa garam logam (anorganik) atau polimer (organik). Koagulan anorganik terdiri dari bahan kimia berbasis aluminium dan besi sedangkan koagulan polimer terdiri dari kationik (bermuatan positif), anionik (bermuatan negatif) dan nonionik (bermuatan netral) [32].

Koagulasi dan flokulasi adalah proses yang dirangkai secara kolektif menjadi satu sistem yang tidak terpisahkan. Koagulasi dijelaskan sebagai sistem destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi dengan koagulan sehingga terbentuk flok-flok yang dapat diendapkan. Pengadukan cepat adalah bagian dari proses koagulasi. Tujuan pengadukan cepat ini adalah untuk meningkatkan dan meratakan penyebaran bahan kimia melalui air yang diolah. Sedangkan flokulasi adalah pengadukan lambat yang dapat membentuk flok-flok besar sehingga pengendapan dapat terjadi dengan cepat. Koagulasi dan flokulasi yang efektif terjadi pada kisaran pH tertentu. Ketika koagulan direaksikan dengan limbah cair, partikel-partikel koloid yang terkandung di dalam limbah akan membentuk agregasi atau penggabungan partikel-partikel kecil untuk membentuk partikel-partikel besar, karena perbedaan muatan antara partikel koloid dan koagulan [33].

Koagulasi adalah proses pencampuran koagulan atau pengendap ke dalam limbah cair dengan kecepatan rotasi berlebihan dalam waktu singkat. Koagulan adalah bahan kimia yang dibutuhkan dalam limbah cair untuk membantu proses pengendapan partikel-partikel kecil yang tidak dapat mengendap secara gravimetri. Koagulasi adalah sistem perbaikan kualitas air di mana padatan dan koloid melayang yang sangat kecil dicampur dan membentuk flok dengan bantuan bahan kimia [34]. Proses koagulasi dapat dilihat pada Gambar 2.2.

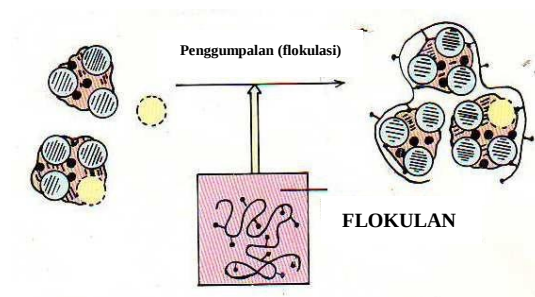


Gambar 2.2 Proses koagulasi [34]

Tujuan koagulasi adalah untuk mengubah partikel-partikel koloid dalam limbah cair yang tidak dapat mengendap menjadi mudah diendapkan. Hal ini karena proses pencampuran koagulan ke dalam limbah cair, menyebabkan partikel koloid yang memiliki padatan ringan dan ukuran kecil menjadi lebih berat dan besar (flok) yang mudah untuk mengendap [34].

proses koagulasi dapat dilakukan melalui tahap pengadukan antara koagulan dan limbah cair dan netralisasi muatan. Prinsip koagulasi adalah limbah cair mengandung partikel-partikel koloid yang sebagian besar bermuatan listrik negatif. Partikel-partikel ini umumnya cenderung untuk saling tolak menolak satu sama lainnya sehingga tetap stabil dalam bentuk suspensi atau koloid dalam air. Netralisasi muatan negatif padatan dilakukan dengan memasukkan koagulan bermuatan positif ke dalam air yang diamati melalui pengadukan cepat [34].

Flokulasi adalah penghilangan kekeruhan air melalui penggumpalan partikel-partikel kecil menjadi partikel-partikel besar. Gaya antarmolekul yang diterima dari agitasi adalah salah satu elemen yang berpengaruh pada laju pembentukan partikel-flok. Salah satu unsur yang berpengaruh terhadap tercapainya proses flokulasi adalah pengadukan yang lambat, keadaan ini memberikan kemungkinan bagi partikel-partikel untuk bersentuhan membentuk suatu kombinasi. Pengadukan lambat ini dilakukan dengan hati-hati karena flok-flok besar akan mudah pecah pada kecepatan tinggi [34]. Gambar 2.3 berikut adalah proses flokulasi.



Gambar 2.3 Proses flokulasi [34]

2.6 Koagulan

Koagulan adalah bahan kimia yang dibutuhkan air untuk membantu proses pengendapan partikel-partikel kecil yang tidak dapat mengendap sendiri. Koagulan yang biasanya digunakan di dalam industri pengolahan air adalah koagulan kimia termasuk tawas, polialuminium klorida, ferri klorida, ferri sulfat dan kation polimer. Meskipun koagulan kimia lebih kuat daripada koagulan alami, namun koagulan kimia dalam dosis berlebihan dapat menyebabkan endapan yang sulit ditangani, sehingga koagulan alami merupakan alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti untuk koagulan kimia [35].

Koagulan adalah bagian yang terdiri dari ion-ion logam termasuk aluminium dan besi yang akan dihidrolisis untuk membentuk endapan yang tidak larut dan polielektrolit organik alami atau buatan yang akan membantu pembentukan agregat dari partikel-partikel koloid. Banyak koagulan secara luas digunakan dalam pengolahan limbah cair yang dapat dikategorikan ke dalam koagulan anorganik (termasuk aluminium dan garam besi) dan polimer alami buatan (termasuk turunan poliasil amida dan polietilen amina). Harga koagulan ini cukup mahal dan di beberapa negara diimpor. Untuk membuat proses koagulasi efektif dan dengan biaya yang lebih rendah dengan kemampuan koagulasi yang lebih baik, digunakan koagulan alami. Banyak penelitian tertarik dengan penggunaan koagulan alami selain murah namun juga terbarukan [36].

2.7 Kulit Pisang (*Musa paradisiaca*)

Pisang kepok merupakan tanaman buah berupa herba yang berasal dari daerah di Asia Tenggara termasuk Indonesia dan dapat tumbuh di dataran rendah hingga

pegunungan dengan ketinggian 2000 m di atas permukaan laut. Pisang dapat tumbuh di iklim tropis basah, lembab, dan hangat dengan curah hujan tertinggi 1.520–3.800 mm/tahun dengan 2 bulan kering. Pisang kepok memiliki kulit yang tebal dengan warna kuning kehijauan dan kadang terdapat bintik-bintik coklat, serta daging buahnya manis. Bentuk pisang kepok hampir gepeng dan bersegi [37].

Kategori tanaman pisang kepok menurut US Department of Agriculture (USDA), dalam [38] adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Sub divisi : Angiospermae
Kelas : Monocotyledonae
Ordo : Zingiberales
Famili : Musaceae
Genus : Musa
Spesies : *Musa paradisiaca*



Gambar 2.4 Buah pisang kepok

Kulit pisang kaya akan pati (3%), protein (6-9%), lemak kasar (3,8-11%), serat nutrisi keseluruhan (43,2-49,7%), dan asam lemak ganda tak jenuh, lemak jenuh (PUFA), terutama asam linoleat dan -linolenat, pektin, asam amino esensial (leusin, valin, fenilalanin dan treonin) dan zat gizi mikro (K, P, Ca, Mg). Kulit pisang juga

merupakan sumber lignin yang sangat baik (6-12%), pektin (10-21%), selulosa (7,6-9,6%), hemiselulosa (6,4-9,4%) dan asam galakturonat. Abu kulit pisang dapat digunakan sebagai pupuk untuk tanaman pisang dan sebagai pemasok alkali untuk produksi sabun pembersih. Kulit pisang juga dapat dimanfaatkan dalam pabrik pengolahan limbah cair [39].

Zat aktif dalam kulit pisang yang berperan dalam proses koagulas adalah protein. Situasi asam dari limbah tersebut meningkatkan daya tarik terhadap muatan positif pada asam amino di dalam molekul protein. Situasi asam ini dapat meningkatkan dan berdampak pada kinerja keseluruhan molekul yang tampak efisien sebagai agen koagulan [40].

2.8 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) adalah pendekatan spektroskopi optik yang dapat secara efektif memberikan informasi tentang komposisi kimia bahan pada tingkat molekuler. FTIR digunakan untuk menentukan gugus fungsi kimia yang berguna dari senyawa alami dan anorganik [41]. Hampir semua senyawa menunjukkan karakteristik penyerapan atau emisi di dalam daerah spektral IR. Dengan demikian, FTIR dapat digunakan untuk menganalisis senyawa masing-masing secara kuantitatif dan kualitatif [42]. Spektroskopi FTIR dapat dengan cepat menentukan gugus fungsi tanpa membahayakan dan mampu menganalisis berbagai komponen secara bersamaan. Pada dasarnya spektroskopi FTIR mirip dengan spektroskopi dispersi IR, perbedaannya adalah pengembangan optiknya sebelum sinar inframerah melewati sampel [43].



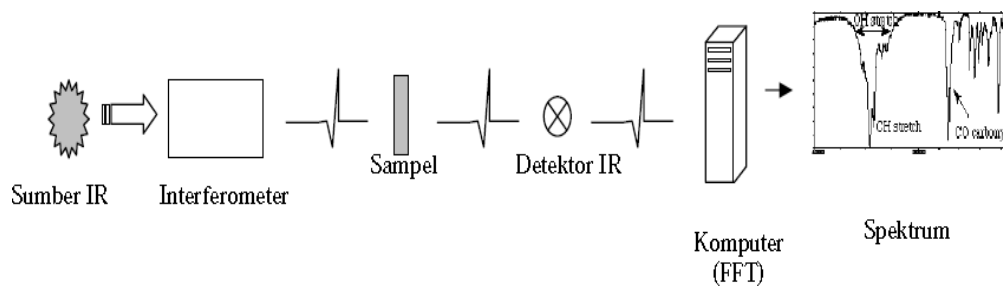
Gambar 2.5 FTIR (*Fourier Transform Infrared*) [44]

Salah satu peralatan yang digunakan dalam karakterisasi spektroskopi IR adalah spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Sampel yang akan dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR akan memperoleh informasi berupa besaran gelombang (cm^{-1}) dan transmitansi (%) [45]. Menurut Hart, dkk [46] frekuensi inframerah biasanya dinyatakan dalam satuan bilangan gelombang, yang dijelaskan sebagai jumlah gelombang dalam sentimeter. Sedangkan frekuensi regangan inframerah untuk berbagai jenis ikatan memiliki perbedaan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Frekuensi regangan inframerah untuk beberapa jenis ikatan [46]

Jenis Ikatan	Gugus	Golongan Senyawa	Kisaran frekuensi (cm^{-1})
Ikatan tunggal dengan hidrogen	C–H	Alkana	2850 – 3000
	=C–H	Alkena dan senyawa aromatik	3030 – 3140
	$\equiv\text{C}$ –H	Alkuna	3300
	O–H	Alkohol dan fenol	3500 – 3700 (bebas)
		Asam karboksilat	3200 – 3500 (berikatan hidrogen) 2500 – 3000
	N–H	Amina	3200 – 3600
	S–H	Tiol	2550 – 2600
Ikatan rangkap	C=C	Alkena	1600 – 1680
	C=N	Imina, oksim	1500 – 1650
	C=O	Aldehid, keton, ester, asam karboksilat	1650 – 1780
Ikatan rangkap tiga	$\text{C}\equiv\text{C}$	Alkuna	2100 – 2260
	$\text{C}\equiv\text{N}$	Nitril	2200 – 2400

Prinsip kerja FTIR secara umum ditunjukkan pada Gambar 2.6. Interferometer dapat mengubah cahaya IR polikromatik untuk menghasilkan lebih dari satu berkas cahaya untuk membentuk sinyal interferogram. Gelombang tersebut dilewati pada sampel dan ditangkap oleh detektor yang dihubungkan ke komputer sehingga gambaran spektrum dari pola yang diuji dihasilkan. Spektrum menunjukkan hubungan antara intensitas penyerapan sampel dan bilangan gelombang [47].



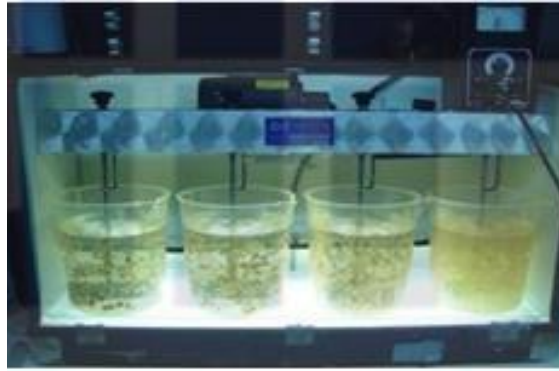
Gambar 2.6 Prinsip kerja FTIR [47]

Jika cahaya inframerah dileatkan melalui senyawa organik, maka ada beberapa frekuensi yang dapat diserap dan beberapa ditransmisikan atau diteruskan tanpa diserap. Penyerapan cahaya oleh molekul bergantung pada bentuk bentuk elektronik dari molekul. Molekul yang menyerap energi tersebut terjadi perunahan energi vibrasi dan perubahan tingkat energi rotasi. Pada suhu kamar, molekul senyawa organik berada dalam keadaan diam, setiap ikatan memiliki frekuensi fitur untuk timbulnya vibrasi ulur (*stretching vibrations*) dan vibrasi (*bending vibrations*) di mana cahaya inframerah dapat diserap pada frekuensi tersebut [47].

2.9 Jar test

Jar test adalah percobaan skala laboratorium untuk menentukan kondisi operasi yang paling optimum untuk proses pengolahan air dan limbah cair. metode *jar test* mensimulasikan proses koagulasi dan flokulasi untuk menyisahkan padatan tersuspensi dan bahan organik yang dapat menyebabkan masalah kekeruhan, bau dan rasa [48]. Uji *jar test* adalah uji yang mampu menentukan dosis koagulan optimal yang digunakan dalam pengolahan air bersih atau limbah cair [49].

Metode pengujian koagulasi dan flokulasi dengan cara *jar test* diatur dalam SNI 19-6449-2000. SNI ini merupakan prosedur umum cara pengolahan untuk mengurangi bahan terlarut yang tidak mengendap dalam air dengan menggunakan bahan kimia dalam teknik koagulasi flokulasi dan disertai dengan teknik pengendapan. Alat yang dibutuhkan antara lain batang pengaduk, gelas kimia dan bahan pembantu yang digunakan untuk larutan dan suspense pengujian [50]. Alat *jar test* ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Jar test [50]

2.10 Analisis Statistik Korelasi *Pearson*

Korelasi adalah metode analitis yang tercakup dalam salah satu metode pengukuran asosiasi/hubungan. Pengukuran asosiasi adalah istilah umum yang mengacu pada serangkaian metode dalam statistik *bivariat* yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antar variabel [51]. Salah satu metode pengujian korelasi yang sering digunakan adalah korelasi *pearson*, khususnya untuk mendapatkan nilai kesalahan terkecil. Korelasi *pearson* adalah analisis yang terkenal di antara sembilan strategi analisis korelasi. Korelasi *pearson* dapat menjelaskan ada tidaknya hubungan dan memuktikan hipotesis hubungan antar variabel (*bivariat*) dalam bentuk interval atau rasio, dan sumber data dari dua atau lebih variabel adalah sama [52].

Menurut Sugiono [53] koefisien korelasi sering dilambangkan oleh huruf (r), penggunaannya adalah untuk mengetahui derajat hubungan dan menyatakan besar sumbangan (kontribusi) dua variabel di antara variabel bebas (*indevendent*) dilambangkan dengan x dan variabel terikat (*dependent*) yang dilambangkan dengan y . Koefisien korelasi dinyatakan sebagai angka, bergerak antara 0 sampai +1 atau 0 sampai -1. Jika korelasinya mendekati +1 atau -1, itu berarti terdapat hubungan yang kuat, dalam kasus lain korelasinya mendekati 0 maka bernilai lemah. Jika korelasinya sama dengan nol, diantara 2 variabel tersebut tidak ada hubungan sama sekali. Pada korelasi +1 atau -1 terdapat hubungan yang sangat sempurna di antara 2 variabel. Sebagai bahan interpretasi untuk koefisien korelasi yang ditemukan besar atau kecil, dapat berpedoman menggunakan ketentuan Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Interpretasi koefisien korelasi [53]

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Lemah
0,20 – 0,399	Lemah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

Notasi positif (+) atau negatif (-) menunjukkan arah hubungan antara 2 variabel. Dalam notasi positif (+), hubungan antara 2 variabel adalah searah, jadi jika salah satu variabel meningkat, variabel yang lain juga meningkat. Dalam notasi negatif (-), kedua variabel tersebut berbanding terbalik, artinya jika salah satu variabel naik, variabel yang lainnya turun [54].

Menurut Akbar dan Usman [52] sebelum diimplementasikan, uji korelasi *pearson* harus terlebih dahulu memenuhi serangkaian asumsi. Asumsinya adalah sebagai berikut:

- Normalitas, artinya distribusi variabel-variabel yang akan dikorelasikan harus terdistribusi secara normal. Pengujian normalitas pada data dapat ditentukan dengan uji normalitas One Sample Kolmogorov-Smirnov.
- Linieritas, artinya hubungan antar variabel harus linier.

2.11 Studi Terdahulu

Penelitian tentang pemanfaatan serbuk kulit pisang kepok sebagai koagulan alami dalam pengolahan limbah cair rumah makan tidak terlepas dari penelitian sebelumnya, sebagai bahan perbandingan dan referensi. Hasil penelitian yang dapat digunakan sebagai pembanding berkaitan dengan topik penelitian, khususnya metode koagulasi dan flokulasi dalam pengolahan limbah cair. Studi sebelumnya dapat memudahkan penyusunan penelitian dalam segi konsep dan metode. Referensi dari penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Studi terdahulu

Penulis, Tahun	Variabel	Parameter	Hasil
Hanifah, Hadisoebroto dan Anggraeni, 2020	Jenis koagulan dan dosis koagulan	TDS, TSS dan Turbiditas	Cangkang telur ayam ras memiliki persentase penurunan turbiditas sebesar 81,18%, TDS 24,3%, dan TSS sebesar 82,05% sedangkan koagulan serbuk kulit pisang kepok dapat menurunkan turbiditas sebesar 94,9%, TDS 51,3%, dan TSS 83,2% [55].
Tri Lestari, 2016	Dosis koagulan	TSS	Hasil perlakuan menggunakan tawas dengan dosis 250 mg/l; 500 mg/l; dan 750 mg/l, persentase penurunan kadar TSS limbah cair rumah makan pada masing-masing dosis yaitu 74,58%; 80,85%; dan 84,85%. Penurunan kadar TSS paling efektif didapatkan pada dosis tawas 750 mg/l dengan persentase 84,85%. [56].
Lafiyah, Arifin dan Kadaria, 2017	Dosis koagulan dan kecepatan pengadukan	BOD dan TSS	Pengaruh antara dosis koagulan dan kecepatan pengadukan terhadap efisiensi penurunan parameter BOD sebesar 90,97 % dari 2.234 mg/l menjadi 201,8 mg/l dan parameter TSS sebesar 95,18 % dari 1430 mg/l menjadi 68,88 mg/l. [11]