

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian Rahimah *et al.* (2016) menjelaskan koagulan kapur atau *Poly Aluminium Chloride* (PAC) yang paling efektif pada proses koagulasi-flokulasi dari pengolahan limbah deterjen buatan dan limbah laundry. Koagulan yang paling efektif diantara kapur dan PAC pada proses koagulasi-flokulasi dari pengolahan limbah deterjen buatan dan limbah laundry untuk menurunkan kandungan BOD dan COD nya dengan dosis optimum 5 gram.

Penelitian Ayni & Ningsih (2021) mengetahui pengaruh waktu pengadukan terhadap koagulan feri klorida, untuk mendapatkan dosis feri klorida terbaik sebagai koagulan, dan untuk mengetahui biaya bahan feri klorida, kaustik soda, dan polimer anion dalam memproses soda, dan polimer anion dalam memproses limbah cair industri Batik. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini diambil pada pengadukan cepat 150 rpm selama 3 menit dan pengadukan lambat 100 rpm selama 2 menit yaitu rpm selama 2 menit yaitu nilai pH 7,69, TSS 6 mg/l, warna 106 Pt-Co, COD 392 mg/l. Total biaya bahan untuk keseluruhan treatment yaitu sebesar Rp. 688.500.000.

Radianingrum & Caroline (2017) untuk menentukan dosis optimum koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC), dan menentukan penurunan konsentrasi COD, BOD₅ dan TSS pada limbah cair industri batik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis optimum koagulan PAC dalam menurunkan COD, BOD₅ dan TSS adalah 25 mg/L. Konsentrasi COD, BOD₅ dan TSS pada hari ketiga jam ke-3 adalah 103 mg/l, 59 mg/l dan 100 mg/l.

Nur *et al.* (2020) mengetahui upaya dalam mengurangi nilai Kekeruhan, TDS, dan pH, Kekeruhan, TDS, dan pH. Menggunakan kombinasi koagulan PAC dan Tawas dengan flokulan Anion dan Kation untuk mendapatkan dosis optimum terbaik, dalam pengolahan limbah cair industri farmasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persen removal kekeruhan tertinggi dihasilkan oleh Kombinasi koagulan dan flokulan PAC + Anion dengan dosis 100 mg/L dengan persen

removal sebesar 97,81 %, persen removal TDS tertinggi dihasilkan oleh PAC+Kation pada dosis 50 mg/L sebesar 15,29 %. Nilai pH tertinggi dihasilkan oleh koagulan 2,1 ppm; dan dosis flokulan 0,5 ppm sebesar 62,08 % dengan nilai konsentrasi Zinc 0,62 ppm.

Tabel 2. 1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1	Rahimah <i>et al.</i> , (2016)	Mengetahui koagulan kapur atau PAC yang paling efektif pada proses koagulasi-flokulasi dari pengolahan limbah deterjen buatan dan limbah laundry.	Koagulan kapur merupakan koagulan yang paling efektif diantara kapur dan PAC pada proses koagulasi-flokulasi dari pengolahan limbah deterjen buatan dan limbah laundry untuk menurunkan kandungan BOD dan COD nya dengan dosis optimum 5 gram.	Jenis limbah cair yang digunakan yaitu limbah cair industri Batik

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
2	Ayni & Ningsih, (2021)	Mengetahui pengaruh waktu pengadukan terhadap koagulan feri klorida, untuk mendapatkan dosis feri klorida terbaik sebagai koagulan, dan untuk mengetahui biaya bahan feri klorida, kaustik soda, dan polimer anion dalam memproses limbah cair industri Batik	Hasil yang didapatkan dari penelitian ini diambil pada pengadukan cepat 150 rpm selama 3 menit dan pengadukan lambat 100 rpm selama 2 menit yaitu nilai pH 7,69, TSS 6 mg/l, warna 106 Pt-Co, COD 392 mg/l. Total biaya bahan untuk keseluruhan treatment yaitu sebesar Rp. 688.500.000.	Jenis Koagulan yang digunakan yaitu Kapur dan Jenis flokulan yang digunakan yaitu Polimer Kation.
3	Radiyaningrum & Caroline, (2017)	Menentukan dosis optimum koagulan PAC, dan menentukan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis	Jenis Koagulan yang digunakan

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		penurunan konsentrasi COD, BOD5 dan TSS pada limbah cair industri batik.	optimum koagulan PAC dalam menurunkan COD, BOD ₅ dan TSS adalah 25 mg/L. Konsentrasi COD, BOD ₅ dan TSS pada hari ketiga jam ke-3 adalah 103 mg/l, 59 mg/l dan 100 mg/l.	adalah Kapur, Melakukan Pengujian parameter Warna dan Kekeruhan.
4.	Nur <i>et al.</i> , (2020)	Mengetahui upaya dalam mengurangi nilai Kekeruhan, TDS, dan pH. Menggunakan kombinasi koagulan PAC dan Tawas dengan flokulan Anion dan Kation untuk	Hasil penelitian menunjukkan bahwa persen removal kekeruhan tertinggi dihasilkan oleh Kombinasi koagulan dan flokulan PAC + Anion	Limbah cair yang digunakan yaitu limbah cair industri batik, koagulan yang digunakan kapur, flokulan yang

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		mendapatkan dosis optimum terbaik, dalam pengolahan limbah cair industri farmasi.	dengan dosis 100 mg/L dengan persen removal sebesar 97,81 %, persen removal TDS tertinggi dihasilkan oleh PAC+Kation pada dosis 50 mg/L sebesar 15,29 %. Nilai pH tertinggi dihasilkan oleh PAC+Kation sebesar 7,16.	digunakan yaitu polimer kation , Pengujian Parameter BOD, COD, TSS, Warna, Bau
5.	Hidayati <i>et al.</i> , (2016)	Mengidentifikasi pengaruh pH, dosis koagulan-flokulan dan dosis optimum pada proses koagulasi-flokulasi dalam menurunkan parameter turbidity, fosfat dan Zinc dengan	Hasil penelitian penelitian menunjukkan Proses koagulasi-flokulasi untuk meremoval parameter Zinc dan fosfat terdapat	Jenis limbah cair yang digunakan yaitu limbah cair batik, koagulan yang digunakan adalah kapur,

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		bahan yang digunakan <i>organic coagulant</i> dan <i>cationic flocculant</i>	beberapa kondisi optimal disetiap parameternya. Persen removal turbidity terbesar pada kondisi pH 8; dosis koagulan 1,3 ppm; dan dosis flokulan 0,5 ppm sebesar 96,92 % dengan nilai turbidity 5,70 ppm. Persen removal fosfat terbesar pada kondisi pH 8; dosis koagulan 1,3 ppm; dan dosis flokulan 1 ppm sebesar 29,47 % dengan nilai konsentrasi	pengujian parameter

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			fosfat 11,07 ppm. Persen removal Zinc terbesar pada kondisi pH 8,5; dosis koagulan 2,1 ppm; dan dosis flokulan 0,5 ppm sebesar 62,08 % dengan nilai konsentrasi Zinc 0,62 ppm.	

2.2 Teori-teori yang relevan

2.2.1 Limbah Cair

Limbah cair adalah air hasil proses produksi dari berbagai proses yang mengandung bahan pencemar dan polutan berupa senyawa organik dan anorganik jika dibuang ke lingkungan dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan dan masalah bagi kesehatan manusia (Martini *et al.*, 2020). Klasifikasi limbah cair berdasarkan sumbernya dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Limbah cair domestik

Limbah cair domestik yaitu limbah cair hasil buangan dari perumahan (rumah tangga) bangunan, pedagang, dan perkantoran. Contohnya adalah air sabun, air bekas cucian, dan air tinja.

2. Limbah cair industri

Limbah cair industri yaitu limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan proses industri yang berbentuk cairan. Contohnya yaitu sisa pewarnaan kain/bahan dari industri tekstil air dari industri pengolahan makanan, sisa cucian daging, buah, atau sayur.

3. Rembesan dan luapan

Rembesan yaitu limbah cair yang berasal dari berbagai sumber yang memasuki saluran pembuangan limbah cair melalui rembesan ke dalam tanah atau melalui luapan dari permukaan. Air limbah dapat merembes ke dalam saluran pembuangan melalui pipa yang pecah, rusak, atau bocor sedangkan luapan dapat melalui bagian saluran yang membuka atau yang terhubung ke permukaan. Contohnya yaitu: air buangan dari talang atap, pendingin ruangan (AC), bangunan perdagangan dan industri, serta pertanian atau perkebunan.

2.2.2 Industri Batik

Perkembangan industri semakin meningkat dari masa ke masa, salah satunya adalah industri batik yang merupakan karya seni budaya bangsa Indonesia yang telah turun-temurun. Dalam industri batik, pewarnaan adalah proses yang sangat penting dan tidak mungkin ditinggalkan. Proses ini menggunakan pewarna tekstil yang menghasilkan limbah dan dapat mencemari lingkungan (Apriyani, 2018). Salah satu keuntungan dari industri batik secara ekonomi adalah terbukanya lapangan pekerjaan dan pemasukan pada daerah tersebut. Namun selain ada keuntungan industri batik juga menghasilkan dampak yang negatif yaitu limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi batik. Pada proses pencelupan dihasilkan limbah cair yang dibuang ke lingkungan dan akan terlihat warna yang sangat pekat (Fadli *et al.*, 2018).

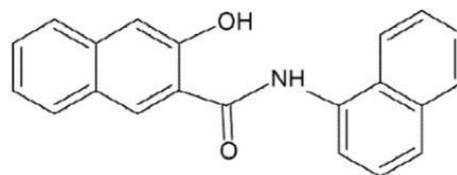
2.2.3 Zat Warna Limbah Cair Batik

Pewarna sintetis merupakan senyawa organik yang umumnya ada pada limbah zat warna yang dihasilkan dari kegiatan industri batik (Kiswanto *et al.*, 2019). Limbah cair yang langsung dirilis ke lingkungan

tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu dapat menurunkan kualitas akibat pencemaran zat warna yang terkandung di dalam limbah cair industri batik. Hal ini yang menyebabkan kadar COD dalam air limbah meningkat akibat kadar zat warna yang cukup tinggi (Indihani *et al.*, 2017). Berikut ini adalah zat warna sintetik yang sering digunakan di dalam industri batik dan berbahaya bagi lingkungan:

a) Zat warna *Naphtol*

Naphtol adalah zat warna yang terdiri dari dua komponen dasar yaitu *naphthol* dan komponen pembangkit warna yaitu golongan *diazonium* atau biasa yang sering disebut dengan garam *naphthol* di mana komponen ini sukar larut dalam air. Zat warna tekstil seperti *naphthol* merupakan senyawa *azop* beserta turunannya yang umumnya termasuk dalam gugus *benzene* (Rini *et al.*, 2019). *Naphtol* merupakan senyawa organik dengan rumus kimia $C_{10}H_7OH$ yang bersifat tidak mudah larut dalam air (Mau *et al.*, 2018). Contoh struktur kimia zat warna *naphthol* dapat dilihat pada gambar 2.1.



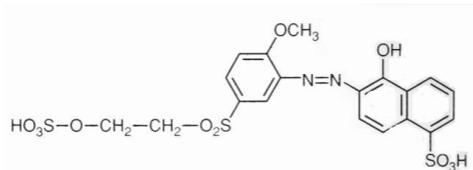
Gambar 2. 1 Struktur kimia zat warna *Naphtol AS-BO*

Sumber : Mau *et al.*, 2018

Dua komponen zat warna *naphthol* yakni *Azoic Kopleng Component* (*Naphtol-AS*) dan komponen *Azoic Diazo Component* (Garam *Diazoinium*) jika kedua komponen bertemu maka akan menghasilkan senyawa berwarna yang disebut warna *Naphtol* (Hastutiningrum & Purnawan, 2017). Berdasarkan peraturan pemerintahan nomor 11 tahun 2014 bahwa pencemar sintesis tersebut masuk dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun atau B3 karena memiliki sifat karsinogenik sehingga berbahaya bagi manusia dan makhluk hidup lainnya (Peraturan Pemerintah, 2014).

b) Zat Warna *Remazol*

Zat warna *remazol* merupakan pewarna yang sering digunakan dalam industri tekstil dan batik dibandingkan dengan pewarna lainnya. Hal ini disebabkan pewarna *remazol* bersifat reaktif dan mudah larut dalam air. *Remazol Red* RB atau biasa disebut *Reactive Red 198* memiliki rumus kimia $C_{18}H_{14}N_2Na_2O_{10}S_3$ (Hidayati & Widayatno, 2018).



Gambar 2. 2 Struktur kimia zat warna *Remazol Red*

Sumber : Hidayati & Widayatno, 2018

Pewarna *remazol* merupakan polutan organik yang sulit untuk terurai sehingga jika dibuang ke lingkungan akan merusak lingkungan dan biota didalam air (Fatimah & Gunawan, 2018). Warna *remazol* yang reaktif dan merupakan golongan kelompok *ethilsulfonil* yang bermuatan negatif yang mempunyai berbagai jenis warna (Faradila Yuniarizky, 2021).

2.2.4 Karakteristik Limbah Cair Batik

Beberapa jenis perwarna sintetik seperti *naphthol*, *remazol*, dan *indigosol* merupakan zat warna yang umum ditemukan dipasaran. Zat warna tersebut yang terkandung di dalam limbah cair industri batik yang mempunyai potensi bahaya terhadap lingkungan karena mempunyai karakteristik yang membuat lingkungan perairan menjadi keruh karena adanya zat warna tersebut (Fidiastuti & Lathif, 2018).

Perwarna sintesis yang terdapat didalam air limbah dihasilkan dari proses perwarnaan (*dying*) sehingga zat warna tersebut sukar terdegradasi secara alami (Kusuma & Widodo, 2014). Parameter kualitas air limbah Industri batik meliputi warna yang pekat, berbau menyengat, dan memiliki suhu yang tinggi. Nilai keasaman (pH), *Biochemical Oxygen Demand*

(BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS) (Indrayani & Rahmah, 2018). Karakteristik tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Warna

Salah satu ciri fisik air yang paling mudah diamati ialah warna. Pengukuran warna dapat menggunakan suatu metode yang memanfaatkan panjang gelombang cahaya. Warna pada air dapat menunjukkan kandungan dari air, misalnya air yang tercemar logam cenderung akan berwarna merah. Air yang memiliki tingkat TSS tinggi cenderung berwarna keruh, dan lain-lain. Selain itu, warna yang tidak putih bening pada air di lingkungan juga dapat menurunkan nilai estetika pada lingkungan tersebut.

Industri batik dan tekstil merupakan salah satu penghasil limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan. Selain kandungan zat warnanya tinggi, limbah industri batik dan tekstil juga mengandung bahan-bahan sintetik yang sukar larut atau diuraikan. Setelah proses pewarnaan selesai, akan menghasilkan limbah cair yang berwarna keruh dan pekat. Biasanya warna air limbah tergantung pada zat-zat kimia dan pewarna yang digunakan. Limbah air yang berwarna-warni ini yang menyebabkan masalah terhadap lingkungan. Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil umumnya merupakan senyawa organik *non-biodegradable*, yang dapat menyebabkan masalah terhadap lingkungan terutama lingkungan perairan. Senyawa zat warna di lingkungan perairan sebenarnya dapat mengalami dekomposisi secara alami oleh adanya cahaya matahari, namun reaksi ini berlangsung relatif lambat, karena intensitas cahaya UV yang sampai ke permukaan bumi relatif rendah sehingga akumulasi zat warna ke dasar perairan atau tanah lebih cepat daripada fotodegradasinya (Prihatin & Sugiharto, 2021).

2. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD₅)

Jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba untuk memecah dan mengoksidasi bahan-bahan pencemar yang terdapat didalam suatu perairan disebut *Biochemical Oxygen Demand* (BOD₅). Oksigen yang

dikonsumsi dalam uji BOD ini dapat diketahui dengan menginkubasi air pada suhu 20°C selama lima hari. Agar bahan-bahan organik dapat pecah secara sempurna pada suhu 20°C dibutuhkan waktu lebih dari 20 hari, tetapi agar lebih praktis diambil waktu lima hari sebagai standar. Inkubasi 5 hari tersebut hanya dapat mengukur kira-kira 68% dari total BOD (Sasongko, 2015). Nilai BOD₅ menunjukkan jumlah zat organik yang sesungguhnya, jika dikonsumsi oksigen tinggi maka kandungan oksigen terlarut didalam air limbah batik akan bernilai kecil yang disebabkan untuk memecah dan mengoksidasi bahan pencemar didalam perairan (Aditya *et al.*, 2022). Oksigen terlarut ini merupakan hal yang paling penting untuk kelangsungan hidup biota air, karena menurunnya kandungan oksigen dalam air dapat merupakan salah satu indikator tercemarnya air

3. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi atau menguraikan bahan organik dalam air secara kimia. COD merupakan parameter yang penting untuk dianalisis pada air limbah batik karena pada proses pembuatan batik menggunakan bahan pewarna yang mana zat warna ini mengikat warna kain sebesar 5 – 25% dan sisanya dibuang sebagai limbah (Andika *et al.*, 2020). Nilai COD yang semakin tinggi menunjukkan bahwa semakin buruknya kualitas air tersebut. Dalam pewarnaan, senyawa ini hanya digunakan sekitar 5% sedangkan sisanya yaitu 95% akan dibuang sebagai limbah. Senyawa ini cukup stabil sehingga sangat sulit untuk terdegradasi di alam dan berbahaya bagi lingkungan apalagi dalam konsentrasi yang sangat besar karena dapat menaikkan COD (*Chemical Oxygen Demand*).

4. *Potential Hydrogen (pH)*

pH merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaan suatu cairan. Parameter ini termasuk salah satu parameter yang penting karena dapat digunakan sebagai indikator untuk mengukur kualitas limbah cair (Ramayanti & Amna, 2019). Nilai pH dapat diperoleh dari hasil pengukuran yang

didasarkan atas banyaknya jumlah ion hidrogen atau dapat diketahui dengan rumus $\text{pH} = -\text{Log}(\text{H}^+)$ yang dimana rentang nilainya antara 1 – 14. Hasil pengukuran pH yang menunjukkan nilai 7 merupakan nilai pH netral yang menandakan kandungan ion H^+ dan OH^- dalam suatu cairan berada dalam jumlah yang seimbang. Untuk nilai $\text{pH} < 7$ merupakan pH asam yang menandakan tingginya kandungan ion H^+ dalam suatu cairan, sedangkan apabila nilai $\text{pH} > 7$ maka pH bersifat basa yang menandakan tingginya kadar ion OH^- dalam suatu cairan (Budiman *et al.*, 2017).

5. *Total Suspendet Solid (TSS)*

Total Suspendet Solid (TSS) adalah parameter kualitas air limbah yang menunjukkan terjadinya kekeruhan air yang disebabkan oleh kandungan padatan tersuspensi di dalam air. Partikel yang terdiri dari partikel-partikel yang berukuran kurang dari sedimen yang hasil pengukurannya adalah jumlah padatan tersuspensi dalam air limbah (Christiana *et al.*, 2020). Larutan menjadi keruh bila terjadi pengendapan (persipitasi) yang merupakan keadaan kejenuhan dari suatu senyawa kimia. Partikel-partikel tersuspensi biasa, mempunyai ukuran lebih besar dari partikel-partikel koloid dan dapat menghalangi sinar yang akan menembus suspensi, sehingga suspensi tidak dapat dikatakan keruh dan sinar tidak menyimpang. Seperti hanya ion-ion dan molekul-molekul (zat yang terlarut), zat padat koloid, dan zat padat tersuspensi dapat bersifat anorganik (tanah liat, kwarts) dan organik (protein, ganggang, dan bakteri). Dalam metode analisa zat padat, zat padat total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana baik zat organik maupun anorganik, bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu (Anggarani, 2018).

6. Kekeruhan

Kekeruhan adalah jumlah dari butir-butir zat yang tergenang dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh padatan tersuspensi (terutama partikel tanah) dan plankton (tanaman mikroskopis dan hewan) yang tersuspensi di dalam air. Tingkat kekeruhan yang rendah dapat mengindikasikan

ekosistem yang sehat dan berfungsi dengan baik. Namun, tingkat kekeruhan yang lebih tinggi menimbulkan beberapa masalah pada sistem aliran. Kekeruhan menghalangi cahaya yang dibutuhkan oleh vegetasi didalam perairan. Hal ini juga dapat meningkatkan suhu air permukaan di atas normal karena partikel tersuspensi didekat permukaan memudahkan penyerapan panas dari sinar matahari (Patil *et al.*, 2015).

7. Logam Krom Total

Kromium adalah elemen yang secara alamiah ditemukan dalam konsentrasi yang rendah pada batuan, hewan, tanah, debu, juga gas. Logam Cr murni tidak pernah ditemukan di alam, logam ini seiring ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur yang lain (Mukaromah, 2008). Kromium merupakan logam transisi, memiliki massa atom 51,996 gram/mol, nomor atom 24, titik lebur 1907°C, dan massa jenis 7,19 g/cm³ (Callister, 2007). Logam ini memiliki tingkat oksidasi +2 sampai +6, namun sering dijumpai adalah tingkat oksidasi +3 dan +6 (Cavaco, 2009).

2.2.5 Parameter Kualitas Air Limbah Industri Batik

Industri tekstil dan batik menghasilkan air limbah yang umum mengandung bahan pencemar dinyatakan dalam parameter BOD₅, COD, dan TSS serta terdapat bahan perwarna sintetik yang mempunyai rantai panjang dan sukar untuk terdegradasi. Oleh karenanya air limbah yang dihasilkan memerlukan rangkaian pengolahan air limbah karena zat warna yang sulit terurai di lingkungan serta memenuhi standar baku mutu air limbah yang aman dirilis ke lingkungan (Herfiani *et.al.*, 2017). Berikut parameter limbah cair seperti temperatur, BOD₅, COD, TSS, Khrom Total (Cr) dan pH sesuai dengan baku mutu air limbah industri batik berdasarkan peraturan pemerintah yang berlaku (Anonim, 2012).

Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah Industri Batik

No	Parameter	Kadar Maksimal
1.	Temperatur	38°C
2.	BOD ₅	60 mg/l
3.	COD	150 mg/l
4.	TSS	50 mg/l
5.	Fenol Total	0,5 mg/l
6.	Khrom total (Cr)	1,0 mg/l
7.	Amoniak total (NH ₃ -N)	8,0 mg/l
8.	Sulfida	0,3 mg/l
9.	Minyak dan lemak	3,0 mg/l
10.	pH	6,0-9,0

(Sumber: Perda Jateng No. 05 Tahun 2012)

Sedangkan untuk Parameter warna dan kekeruhan sesuai dengan standar baku mutu Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017 tentang kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk *hygiene Sanitasi* (Anonim, 2017).

Tabel 2. 3 Standar Baku Mutu Menteri Kesehatan Lingkungan Untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter	Kadar Maksimum
1.	Kekeruhan	25 NTU
2.	Warna	50 TCO

No.	Parameter	Kadar Maksimum
3.	TDS	1000 mg/l
4.	Suhu	3°C
5.	Rasa	Tidak berasa
6.	Bau	Tidak berbau

(Sumber: Menteri Kesehatan, 2017)

2.2.6 Pengolahan Limbah Cair

Pengolahan limbah cair adalah suatu proses mengurangi zat pencemar yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan dan membahayakan bagi kesehatan manusia. Pengolahan limbah cair bertujuan untuk memenuhi baku mutu agar air limbah aman di buang ke lingkungan (Firdaus *et al.*, 2020). Teknik pengolahan limbah cair dengan berbagai metode yaitu secara fisika, kimia dan biologi.

a. Pengolahan secara fisika

Pengolahan air limbah secara fisika merupakan pengolahan awal (*primary treatment*) air limbah sebelum dilakukan pengolahan lanjutan, pengolahan secara fisika bertujuan untuk menyisikan padatan-padatan berukuran besar seperti plastik, kertas, kayu, pasir, koral, minyak, oli, lemak dan sebagainya.

b. Pengolahan secara kimia

Proses pengolahan air limbah secara kimia adalah proses yang melibatkan penambahan bahan kimia untuk mengubah atau destruksi kontaminan (Riffat, 2012). Reaksi kimia yang terjadi akan merubah sifat bahaya air limbah menjadi tidak berbahaya bagi lingkungan, manusia dan mahluk hidup lainnya.

c. Pengolahan secara biologi

Pengolahan secara biologis merupakan proses pengolahan limbah cair dengan menggunakan tumbuhan ataupun mikroorganisme untuk

mengurai zat pencemar yang terkandung pada limbah cair. Proses biologis ini ditujukan untuk mengolah limbah cair dengan kandungan bahan organik yang cukup tinggi, selain itu juga dapat menyisihkan kadar bahan anorganik dalam limbah cair. Pada umumnya proses tersebut dilakukan dengan memanfaatkan bakteri sebagai agen pendegradasi. Bakteri yang digunakan dapat berupa bakteri aerob maupun anaerob.

2.2.7 Proses Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penambahan bahan kimia yang disebut sebagai koagulan yang bertujuan untuk mendestabilisasi partikel koloid pada limbah cair. Destabilisasi koloid adalah peristiwa yang mengakibatkan partikel koloid menjadi tidak stabil sehingga muatan pada partikel koloid akan berlawanan dengan partikel koagulan, sehingga akan terjadi pembentukan flok atau gumpalan (Triwiswara, 2019). Setelah koagulan dimasukkan, kemudian dilakukan pengadukan secara cepat (*rapid mixing*) supaya penyebaran koagulan lebih cepat. Selanjutnya terjadi proses pembentukan flok yang pada dasarnya merupakan proses pengelompokan partikel dengan koagulan dengan dilakukannya pengadukan lambat (*slow mixing*).

Koagulan adalah suatu bahan kimia yang dipergunakan untuk mengendapkan partikel-partikel koloid yang sulit dibedakan dengan cara mencampurkan ke dalam air limbah melalui proses pengadukan. Selain itu koagulan juga berfungsi untuk menghilangkan lapisan *diffuser-layer* di mana hanya akan tersisa gaya (*Van der waals*) atau yang sering disebut dengan gaya tarik menarik antara partikel (Prihatinningtyas, 2013).

Sistem koloid adalah

2.2.8 Proses Flokulasi

Flokulasi merupakan penyisihan kekeruhan air dengan cara pembentukan flok yang berukuran kecil menjadi flok dengan ukuran besar. Keberhasilan proses flokulasi adalah proses pengadukan secara lambat, keadaan ini memberikan kesempatan partikel untuk meningkatkan saling hubungan antar partikel yang goyang sehingga meningkatkan penyatuannya

(*agglomeration*) (Widiyawati *et al.*, 2022). Flokulan merupakan polimer dengan berat molekul yang tinggi dan membentuk rantai yang cukup panjang untuk mengurangi gaya tolak-menolak di antara partikel-partikel koloid (Partuti & Dwiyantri, 2017).

Flokulasi adalah proses lambat yang bergerak secara terus-menerus selama partikel-partikel tersuspensi bercampur dalam air, sehingga partikel menjadi lebih besar dan bergerak menuju proses sedimentasi. Dasar dari flokulasi adalah untuk mengendapkan flok-flok dengan penambahan flokulan. Flokulasi merupakan suatu tahap kombinasi antara pencampuran dan pengadukan atau agitasi yang menghasilkan agregasi yang akan mengendap setelah penambahan flokulan. Flokulasi adalah proses fisika dimana air yang terpolusi diaduk untuk meningkatkan tumbukan interpartikel yang dapat memacu pembentukan partikel-partikel yang lebih besar dalam waktu 1-2 jam sehingga partikel-partikel tersebut dapat mengendap (Suprihatin, 2014).

2.2.9 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi dan Flokulasi

Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi, antara lain Dosis dari koagulan, kecepatan pengadukan, waktu pengadukan dan pengaruh pH (Askari, 2015).

1. Pengaruh dosis koagulan

Dosis koagulan mempengaruhi proses koagulasi untuk membentuk inti flok. Jika penambahan koagulan dilakukan sesuai dengan dosis yang diperlukan, maka proses pembentukan inti flok akan lebih efektif. Besarnya dosis koagulan dalam suatu larutan, membuat kandungan ion H⁺ dalam larutan tersebut akan besar pula. Hal tersebut terjadi karena adanya proses hidrolisa. Ion H⁺ yang besar membuat larutan memiliki pH rendah (asam) (Nisa & Aminudin, 2019).

3. Pengaruh waktu pengadukan

Pada proses koagulasi, waktu pengadukan juga mempunyai pengaruh terhadap pembentukan flok. Jika pengadukan dilakukan pada waktu yang terlalu lama melebihi waktu pengadukan optimum, maka hal

tersebut tidak terjadi penggumpalan flok menjadi besar. Hal tersebut terjadi karena flok berada pada kondisi jenuh. Selain itu, penambahan waktu pengadukan juga membuat efektivitas keberhasilan koagulasi menurun karena flok-flok dalam kondisi jenuh tersebut akan kembali lagi menjadi partikel-partikel kecil yang terurai dalam air dan akan sulit mengendap (Lestari & Lingawati, 2018).

2. Pengaruh kecepatan pengadukan

Proses pengadukan dilakukan agar koagulan yang ditambahkan dapat tercampur ke dalam air limbah. Pengadukan yang dilakukan harus merata, sehingga pencampuran koagulan dalam air limbah dapat bereaksi dengan partikel-partikel yang terdapat dalam air. Untuk memastikan partikel-partikel tersebut benar-benar bercampur dengan koagulan, maka adanya pengaruh dari kecepatan selama pengadukan. Kecepatan pengadukan yang lambat akan berpengaruh terhadap lambatnya flok akan terbentuk. Sebaliknya, jika pengadukan diatur terlalu cepat flok yang terbentuk akan pecah (Rahimah et al., 2016).

a. Pengadukan cepat (*rapid mixing*)

Pengadukan cepat bertujuan untuk membuat proses penyebaran dari koagulan lebih cepat dan merata dalam air limbah yang diolah. Pengadukan cepat untuk pengolahan air limbah dilakukan dengan kisaran nilai gradien kecepatan untuk pengadukan cepat adalah 500 – 1500/det selama 30 hingga 60 detik (Metcalf & Eddy, 2003). Pada pengadukan cepat harus dilakukan dengan hati-hati, agar flok yang sebelumnya terbentuk tidak pecah akibat kecepatan pengadukan yang terlalu tinggi.

b. Pengadukan lambat (*slow mixing*)

Dengan dilakukannya pengendapan lambat (*slow mixing*) akan menghasilkan gerakan pengadukan secara perlahan. Sehingga, pada pengadukan lambat koagulan yang dicampurkan kedalam air dapat membentuk flok-flok yang memiliki ukuran lebih besar dan pengendapan akan berlangsung lebih cepat. Pada pengolahan air limbah, pengadukan dilakukan pada kecepatan kecil dengan kisaran 50 – 100/det selama 20

sampai dengan 60 menit. Pembentukan flok yang baik dilakukan dengan menurunkan gradien kecepatan secara bertahap supaya flok yang sebelumnya terbentuk tidak pecah dan kemudian akan ikut gabung dengan gumpalan lainnya membentuk gumpalan yang ukurannya lebih besar (Metcalf & Eddy, 2003).

4. Pengaruh pH (Derajat Keasaman)

Derajat keasaman (pH) yang baik saat proses koagulasi yaitu pada pH optimum dengan kisaran pH 6 – 9. Penyesuaian pH diperlukan jika pH air yang dikoagulasi berada dibawah kisaran pH optimum, maka diperlukan peningkatan pH dengan menambahkan kapur. Jika pH air berada diatas kisaran pH optimum, maka diperlukan penurunan pH yang biasanya dilakukan dengan menambahkan asam mineral seperti asam sulfat (Reynolds & Richards, 1982). Penentuan pH merupakan hal paling penting dalam proses koagulasi, karena jika koagulan ditambahkan pada pH yang tidak tepat membuat boros penggunaan bahan kimia seperti senyawa asam dan senyawa basa serta koagulan yang nantinya akan ditambahkan.

2.2.10 kalsium karbonat (CaCO₃)

Batu gamping yaitu batuan batuan sedimen yang mengandung bahan kalsium karbonat (CaCO₃). Batu kapur memiliki berbagai kegunaan berdasarkan sifat-sifat fisik maupun kimia atau kedua duannya. Kegunaan batu kapur yaitu untuk meningkatkan pH dan mengurangi kandungan-kandungan logam berat dalam air limbah. Batu kapur umumnya berwarna putih, putih kekuning-kuningan, abu-abu dan hitam. Pembentukan warna pada batu kapur tergantung kondisi dimana batuan tersebut terbentuk. Berat jenis berkisar 2,7 – 2,8 dalam keadaan murni berbentuk kristal-kristal kalsit.

Tabel 2. 4 Karakteristik Kalsium Karbonat (CaCO₃)

Informasi	Keterangan
Informasi Umum	Nama Produk : <i>Calcium Carbonate Precipitated</i>

Informasi	Keterangan
	Rumus Kimia : CaCO_3 <i>CAS Number</i> : 471-34-1
Sifat Kimia dan Fisika	Bentuk : Padat Warna : Putih sampai abu-abu muda Bau : Tidak berbau Nilai pH : 9,5-10,5 Titik nyala : Tidak menyala
Identifikasi Bahaya	a. Produk ini tidak mengandung zat berbahaya bagi kesehatan pada konsentrasi tertentu. b. Efek kesehatan <ol style="list-style-type: none"> 1. Kulit Tidak menyebabkan iritasi kulit 2. Mata Tidak menyebabkan iritasi mata 3. Sifat Fisika/Kimia Tidak diklasifikasikan sebagai berbahaya 4. Efek Lingkungan Akut rendah untuk ikan, akan tetapi tidak diperkirakan menyebabkan efek merugikan jangka panjang pada lingkungan perairan

Sumber : (*Material Safety Data Sheet* (MSDS), 2018)



Sumber: Peneliti,2023

Batu kapur mengandung 98,9 % kalsium karbonat (CaCO_3) dan 0,95 % magnesium karbonat (MgCO_3). Kapur digunakan dalam berbagai bidang, seperti pada bidang kesehatan lingkungan dalam pengolahan air kotor atau air limbah dimana kapur dapat mengurangi bahan-bahan organik. Kapur selai digunakan sebagai koagulan dalam proses koagulasi, juga berfungsi sebagai pengatur pH dengan kadar alkali yang tinggi. Kapur merupakan koagulan anorganik yang banyak digunakan dalam pengolahan air minum dan pasokan air pada industri. Kalsium karbonat (CaCO_3) selain dijadikan sebagai pengatur pH dapat juga digunakan sebagai koagulan dalam proses koagulasi dan flokulasi. karena kapur yang bersifat basa ketika di reaksikan dengan ion-ion logam akan mengendapkan ion-ion logam tersebut (Kusumaningrum, 2020).

2.2.11 Polymer Cation (Poliakrilamida)

Poliakrilamida merupakan salah satu polimer sintetik yang sangat efektif sebagai flokulan karena mempunyai daya ikat kuat terhadap partikel yang tersuspensi dalam air. Poliakrilamida dalam bentuk homopolimer ataupun komonomernya merupakan flokulan yang baik untuk penanganan hasil buangan yang berupa limbah cair. Poliakrilamida dalam masa molekul $1 \times 10^6 - 2 \times 10^6$ mampu sebagai *retention aid* dalam pembuatan kertas. Sedangkan poliakrilamida dengan berat molekul ($2 \times 10^6 - 20 \times 10^6$) digunakan sebagai flokulan. Poliakrilamida berbentuk granular, berwarna putih, memiliki densitas 1,302 g/mL dan larut dalam air (Husaini *et al.*, 2018).

Tabel 2. 5 Karakteristik Poliakrilamida

Informasi	Keterangan
Informasi Umum	Nama Produk : <i>Poly Acril Amida</i> Rumus Kimia : C_3H_5NO CAS Number : 79-06-1
Sifat Kimia dan Fisika	Bentuk : Padatan Warna : Putih Bau : Tidak berbau Titik lebur : 190°
Identifikasi Bahaya	a. Berbahaya jika tertelan atau bila terhirup b. Dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan c. WGK 1 agak berbahaya untuk air

Sumber : (*Material Safety Data Sheet (MSDS)*, 2011)

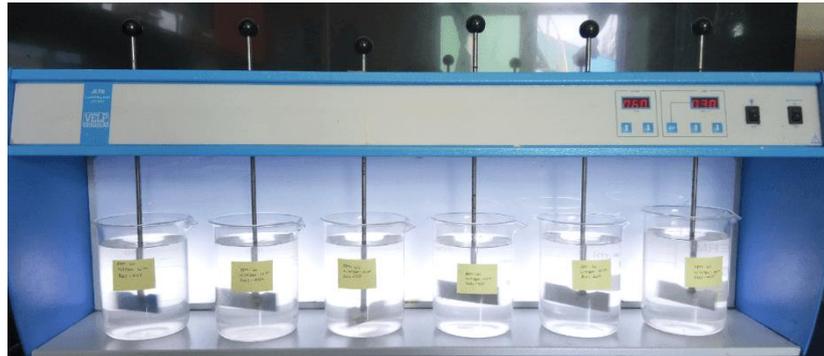


Sumber: Peneliti, 2023

Dalam kimia, polimerisasi kationik adalah jenis polimerisasi pertumbuhan rantai di mana inisiator kationik mentransfer muatan ke monomer yang kemudian menjadi reaktif. Monomer reaktif ini terus bereaksi sama dengan monomer lain untuk membentuk polimer. Jenis monomer yang diperlukan untuk polimerisasi kationik terbatas pada alkena dengan substituen penyumbang elektron dan heterosiklus. Mirip dengan

polimerisasi *anionic* reaksi, reaksi polimerisasi kationik sangat sensitif terhadap jenis pelarut yang digunakan. Secara khusus, kemampuan pelarut untuk membentuk ion bebas akan menentukan reaktivitas rantai kation yang merambat (Partuti & Dwiyanti, 2017).

2.2.12 Jar Test



Gambar 2. 3 Alat Jar Test

(Sumber : Anonim, 2023)

Jar test adalah serangkaian uji dalam rangka pengevaluasian proses koagulasi -flokulasi dan penentuan dosis pemakaian bahan kimia. *Jar test* merupakan percobaan skala laboratorium sehingga volume sampel air yang akan diuji harus diketahui konsentrasinya saat penambahan koagulan dengan perbandingan 1:1000 dengan sampel air sebelum dilakukan koagulasi (Farodillah *et al.*, 2018). *Jar test* diawali dengan proses koagulasi melalui pengadukan cepat atau *flash mix*. *Flash mix* berdurasi \pm 30-60 detik ini bertujuan supaya bahan kimia dapat menangkap partikel koloid melalui turbulensi yang baik. Selanjutnya, dilakukan proses flokulasi dengan pengadukan lambat atau *slow mix* berdurasi 5-30 menit.

Di proses ini, partikel-partikel yang tidak stabil bergabung membentuk flok yang lebih besar dan lebih mudah diendapkan. Terkadang, flok yang terbentuk harus dibubuhkan bahan kimia tambahan agar mudah diendapkan. Setelah proses koagulasi-flokulasi, dilanjutkan proses sedimentasi. Sedimentasi merupakan proses pengendapan guna menurunkan partikel-partikel yang belum mengendap di proses flokulasi, biasanya sedimentasi ini merupakan penurunan logam berat. Di proses ini,

logam berat yang ada di air limbah dapat mengendap bersamaan. Ada beberapa metode jar test, contohnya adalah metode jar test yang variabelnya dipengaruhi oleh suhu dan metode *jar test* yang variabelnya dipengaruhi oleh penambahan air garam (Ruan *et al.*, 2021).