

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Penelitian terdahulu

Penyusunan tugas akhir dalam penelitian terapan konversi abu terbang (*fly ash*) menjadi koagulan cair sebagai bahan koagulasi pada WWTP didasarkan dari beberapa hasil penelitian terdahulu. Adanya kandungan oksida di dalam *fly ash* limbah batu bara, mendorong beberapa peneliti membuat penelitian dan telah menguji penggunaan *fly ash* sebagai koagulan dalam pengolahan air limbah.

Abidin *et al.*, (2021) melakukan penelitian pemanfaatan *fly ash* dijadikan sebagai koagulan yang direaksikan dengan asam sulfat dengan rasio *fly ash* : H₂SO₄ yaitu 1 : 2. Dosis optimum pemakaian koagulan pada air limbah di TK 6616 sebesar 500 ppm dengan penurunan turbiditas sebesar 98,68% dan penurunan TSS sebesar 97,41%. Dilihat dari aspek ekonomis keuntungan didapatkan Rp 49.394.250/hari, dari aspek sosial dan lingkungan penerapan konsep ini dapat meminimalisir pencemaran lingkungan dan minimalisir aspek sosial dari emisi partikel *fly ash*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Safutra *et al.* (2017) menyatakan bahwa di dalam *fly ash* terdapat komponen utama yang terdiri dari alumina oksida (Al₂O₃), silika (SiO₂), dan besi oksida (Fe₂O₃). Penelitian tersebut membandingkan pembuatan koagulan cair menggunakan pelarut H₂SO₄ dan pelarut HCl. Safutra mendapatkan hasil kondisi optimum pembuatan koagulan cair dengan pelarut asam H₂SO₄ diperoleh pada temperature 250 °C, 60 menit, rasio *fly ash* dengan pelarut 1 : 5 dan konsentrasi pelarut 2 M dengan % *yield* kation Al yang terekstrak 38,57%. Sedangkan pembuatan koagulan cair dengan pelarut HCl diperoleh pada suhu 200 °C, waktu 80 menit, rasio *fly ash* dengan pelarut 1 : 5 dan konsentrasi pelarut 6M dengan % *yield* kation Al yang terekstrak 38,57%. Sedangkan pembuatan koagulan cair dengan pelarut HCl diperoleh pada temperature 200 °C, waktu 80 menit, rasio abu layang dengan pelarut 1 : 5 dan konsentrasi pelarut 6 M dengan % *yield* kation Al yang terekstrak 78,19%.

Aplikasi penerapan koagulan cair dengan pelarut H₂SO₄ dan HCl telah efektif sebagai pengolahan air gambut.

Penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni (2016) mengkaji tentang pembuatan produk *polyaluminium chloride* (PAC) dari *recovery* alumina yang terkandung dalam *Coal Fly Ash* (CFA) menggunakan teknologi modifikasi dari metode Park dengan proses preparasi yang terdiri dari *leaching*, kristalisasi, dekomposisi parsial, pelarutan dalam air, dan sentrifugasi. Dari penelitian tersebut menggunakan pelarut HCl sebagai pelarut dalam proses *leaching* dan diperoleh hasil *recovery* alumina sebesar 41,2%. Penggunaan HCl sebagai pelarut dalam pembuatan koagulan bertindak untuk memperoleh monomer dari PAC berupa larutan AlCl₃ (Rahman, 2018).

Husaini *et al.*, (2016) menyatakan bahwa untuk membentuk PAC maka dibutuhkan persenyawaan anorganik Al_n(OH)_mCl_(2m-n). Dalam hal itu, monomer PAC dapat dilakukan polimerisasi untuk mendapatkan reaksi kimia PAC. Polimerisasi pada pembuatan PAC dapat menggunakan senyawa Na₂CO₃.

Dalam penelitian yang dilakukan Yuliansyah (2013) pada proses polimerisasi menggunakan Na₂CO₃ dilakukan pendiaman selama 24 sampai 48 jam untuk menyempurnakan polimerisasi. Perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

No	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1	Abidin <i>et al</i> (2021)	Mengetahui pengaplikasian sintesis koagulan dari <i>fly ash</i> dan mengetahui potensi penerapan konsep <i>reverse logistics</i> dari	<i>Fly ash</i> dijadikan sebagai koagulan padat yang direaksikan dengan asam sulfat dengan rasio <i>fly ash</i> : H ₂ SO ₄ yaitu 1 : 2.	<i>Fly ash</i> dijadikan sebagai koagulan cair, pelarut yang digunakan, aplikasi air limbah.

		pemanfaatan <i>fly ash</i> menjadi koagulan	keuntungan didapatkan Rp 49.394.250/hari dan dapat minimalisir aspek sosial dari emisi partikel <i>fly ash</i> .	
2	(Safutra et al., 2017)	Mengetahui potensi <i>fly ash</i> menjadi koagulan dan mengetahui kondisi optimum proses pembuatan koagulan cair dari <i>fly ash</i> batu bara	Kondisi optimum pembuatan koagulan cair dengan pembuatan koagulan cair dengan pelarut HCl diperoleh pada suhu 200°C, waktu 80 menit, rasio <i>fly ash</i> dengan pelarut 1 : 5 dan konsentrasi pelarut 6 M dengan % <i>yield</i> kation Al yang terekstrak 78,19%. Aplikasi penerapan koagulan cair dengan pelarut HCl telah efektif sebagai pengolahan air gambut .	Sumber <i>fly ash</i> , metode yang digunakan dan aplikasi air limbah
3	(Wahyuni, 2016)	Mengetahui pembuatan koagulan PAC dengan modifikasi dari metode Park dan	Recovery Al_2O_3 mendapatkan produk kristal berwarna putih dan larutan PAC jernih pada perlakuan	Sumber <i>fly ash</i> , perbedaan metode penelitian, dan uji kinerja

		mempelajari proses <i>leaching</i> dengan waktu prosesnya.	<i>leaching</i> (dengan pencucian) 60 menit suhu 105 °C ,, kristalisasi 60 °C ,, 3 jam, dekomposisi dengan N ₂ (40 cc/min) suhu 200 °C , selama 200 menit, pencucian AlCl ₃ .6H ₂ O dengan HCl 36% teknis. Dosis optimum PAC dari <i>Coal Fly Ash</i> (CFA) untuk menjernihkan air limbah <i>artificial</i> 1,25 ppm dengan kekeruhan 123,3 NTU menjadi 4,68 NTU adalah 761,61 ppm.	produk pada air limbah.
4	Husaini <i>et al</i> (2016)	Untuk mengetahui pembuatan koagulan PAC skala laboratorium	Perbandingan bahan baku yang optimum Al(OH) ₃ : H ₂ SO ₄ : HCl : CaCO ₃ yaitu 1 : 1,27 : 1,8 : 1. PAC cair memiliki kemampuan <i>flocculator</i> terbaik pada penjernihan air	Bahan <i>recovery</i> Al ₂ O ₃ , bahan yang digunakan, alat yang digunakan dan metode penelitian

			dengan komposisi Al_2O_3 10%, Cl 10% dan $\text{SO}_4 < 5\%$	
5	(Yuliansyah, 2013)	Untuk mengetahui metode <i>recovery</i> koagulan berbasis alumunium dengan pemanfaatan limbah kaleng	Metode sintesis dalam pembuatan koagulan adalah hidrolisis parsial menggunakan HCl 33% dengan waktu polimerisasi menggunakan Na_2CO_3 25% selama 24 dan 48 jam. Koagulasi dari limbah kaleng mampu menurunkan kekeruhan lebih dari 95%.	Jenis bahan yang akan dilakukan <i>recovery</i> alumina, metode penelitian dan aplikasi air limbah untuk mengetahui kinerja koagulan.
6	Syafri <i>et al</i> (2016)	Untuk mengetahui penurunan kadar TSS, pH dan warna dalam pengolahan air limbah pulp dan kertas dengan koagulan <i>fly ash</i>	Metode pembuatan koagulan yaitu mereaksikan <i>fly ash</i> dengan larutan HCl 4M pada suhu 80°C ., Dosis optimum koagulan untuk proses koagulasi yaitu 8 g dengan nilai TSS 20,50 mg/L dengan presentase penghilangan	Sumber <i>fly ash</i> , metode pembuatan koagulan, aplikasi air limbah untuk mengetahui kinerja koagulan.

			87,61%, sedangkan untuk warna dosis optimum koagulan sebesar 10 g dengan nilai 65 mg/L serta presentase penghilangan 94,49%.	
7	Rahman (2018)	Mengetahui pemanfaatan limbah serbuk alumunium menjadi PAC	Koagulan dengan HCl 33% dan Na ₂ CO ₃ 25% selama 24 jam mampu menurunkan kekeruhan air sungai Je'neberang sebesar 95,45%.	Bahan baku pembuatan koagulan, metode penelitian dan penerapan air limbah
8	Rouf & Bagastyo (2014)	Mengetahui metode <i>recovery</i> alumunium abu terbang sebagai koagulan	Metode pengasaman langsung HCl 20% rasio 1:10 dan suhu 100 °C dapat menyingkahkan TSS.	Sumber <i>fly ash</i> dan metode penelitian
9	Darnas (2013)	Mengetahui metode ekstraksi alumunium yang terkandung pada tanah lempeng gambut sebagai PAC	Sebanyak 5,4 gram tanah lempung dengan asam sulfat 7,3 ml sebagai pelarut dengan waktu ekstraksi 10 menit dapat mengekstraksi alum 118,68 mg/L dengan kadar besi 9,36 mg/L serta	Jenis bahan pembuatan koagulan dan metode penelitian

			efektif untuk koagulasi.	
10	Aida <i>et al</i> (2018)	Mengetahui teknik pembuatan koagulan dari <i>fly ash</i>	Metode yang digunakan pada pembuatan koagulan dengan pelarut asam sulfat yaitu kalsinasi, ekstraksi padat-cair, dan <i>jar test</i>	Sumber <i>fly ash</i> , pelarut yang digunakan dan aplikasi air limbah

1.2 Teori-teori yang relevan

2.2.1 PT. Sumber Segara Primadaya-PLTU Cilacap



Gambar 2. 1. PT. Sumber Segara Primadaya PLTU Cilacap

(Sumber : www.ssprimadaya.co.id)

PT. Sumber Segara Primadaya (S2P)-PLTU Cilacap berdiri sejak tanggal 29 Desember 2003 yang berlokasi di dalam lingkup desa Karangandri, Slarang dan Menganti, Kecamatan Kesugihan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Perusahaan ini memiliki 3 unit produksi energi yang terdiri dari unit 1 dan 2 dengan kapasitas produksi 2 x 330 MW, unit 3 dengan kapasitas produksi 1 x 660 MW dan unit 3A dengan kapasitas produksi 1 x 1000 MW. Pada prinsipnya, PLTU memproduksi listrik dengan sistem tenaga uap adalah mengambil panas yang terkandung didalam bahan bakar yaitu batu bara, untuk memproduksi uap

yang kemudian dipindahkan kedalam turbin, uap yang dipindahkan kedalam turbin tersebut akan merubah energi panas yang diterima menjadi energi mekanis dalam bentuk gerak putar. Sistem putaran ini kemudian dikopel dengan generator yang pada akhirnya menghasilkan energi listrik. Pada PLTU, energi panas dalam bahan bakar tidak langsung diberikan ke turbin, akan tetapi terlebih dahulu diberikan ke dalam *steam* generator atau disebut dengan *boiler* atau ketel uap. Bahan bakar yang digunakan pada proses produksi di PLTU adalah batubara yang dikirim dari Sumatera dan Kalimantan melalui perjalanan darat dan laut. Perjalanan darat menggunakan truk *container*, sedangkan perjalanan laut menggunakan kapal tongkang.

2.2.2 Abu Terbang (*Fly ash*) Batu Bara

Fly ash merupakan limbah industri yang dihasilkan dari pembakaran batu bara. Karakteristik batu bara yaitu memiliki ukuran butiran yang halus dengan diameter berkisar dari $0,1 \mu\text{m}$ hingga $>100 \mu\text{m}$ (Zierold & Odoh, 2020). Memiliki warna keabu-abuan dan diperoleh dari pembakaran batu bara. Komponen kimia utama yang terdapat di dalam *fly ash* meliputi silika (SiO_2), alumina oksida (Al_2O_3) dan besi oksida (Fe_2O_3) serta sisanya yaitu karbon, kalsium, magnesium, belerang dan logam lainnya (Safutra et al., 2017).

Fly ash dapat dibedakan menjadi dua yaitu kelas F dan kelas C. Kelas F merupakan *fly ash* yang dihasilkan dari pembakaran batu bara *antrasit* atau batu bara *bituminus*. Sedangkan, kelas C merupakan *fly ash* yang dihasilkan dari batu bara jenis *lignite* atau *subbituminous* (Retnosari, 2013). Adapun menurut Nurandy (2020) jenis dari *fly ash* yaitu :

1) Kelas C

Pada *fly ash* kelas C berasal dari pembakaran *lignite* atau *subbituminous* batu bara yang mengandung CaO diatas 10%. Sedangkan untuk kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ diatas 50%. Kadar karbon pada kelas C sebesar 2%.

2) Kelas F

Pada *fly ash* kelas F memiliki kandungan CaO di bawah 10% yang dihasilkan dari pembakaran *antrasit* atau *bitumen* batubara. Sedangkan untuk

kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ diatas 70%. Kadar karbon pada kelas C sebesar 5-10%.

2.2.3 Produk dan Limbah PT. S2P-PLTU Cilacap

Produksi energi pada PLTU PT. Sumber Segara Primadaya-PLTU Cilacap dibagi menjadi 3 unit dengan kapasitas produksi listrik yang berbeda-beda. Unit 1 dan 2 menghasilkan energi sebesar 2 x 300 MW, unit 3 menghasilkan energi listrik sebesar 1 x 660 MW dan unit ekspansi 3A menghasilkan energi listrik sebesar 1 x 1000 MW. Energi listrik yang dihasilkan oleh PT. Sumber Segara Primadaya kemudian masuk ke jaringan interkoneksi Jawa-Bali melalui PLN dengan jaringan sebesar 150 kV dan 500 kV. Selain menghasilkan energi listrik sebagai produk utama, PT. Sumber Segara Primadaya-PLTU Cilacap juga menghasilkan limbah berupa *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA).

Tabel 2. 2 Data FABA Bulan Desember 2021 PT. Sumber Segara Primadaya-PLTU Cilacap

Unit 2 x 300 MW		Unit 1 x 660 MW		Unit 1 x 1000 MW	
Fly Ash (Ton)	Bottom Ash (Ton)	Fly Ash (Ton)	Bottom Ash (Ton)	Fly Ash (Ton)	Bottom Ash (Ton)
7652,2488	1880,2172	6962,0507	1228,5972	9901,4396	1743,1050

PT. Sumber Segara Primadaya-PLTU Cilacap memiliki upaya pemanfaatan FABA menjadi produk batako dan paving yang digunakan pada area PLTU. Selain itu, sebagian FABA juga dikelola pihak ketiga untuk pencampuran bahan baku semen. Namun, pemanfaatan *fly ash* menjadi produk koagulan sebagai bahan koagulasi pada instalasi *Waste Water Treatment Plaant* (WWTP) belum dikaji di PT. Sumber Segara Primadaya-PLTU Cilacap.

2.2.4 Waste Water Treatment Plant (WWTP)



Gambar 2. 2. *Waste Water Treatment Plant (WWTP) Unit 1 x 660 MW*

Waste Water Treatment Plant merupakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dimana terdapat sebuah rangkaian proses yang dilakukan untuk menghilangkan zat organik dan anorganik dari air limbah, sehingga air dapat digunakan kembali pada aktivitas lain. WWTP pada unit 1 x 660 MW PT. Sumber Segara Primadaya-PLTU Cilacap mengolah air limbah yang berasal dari *coal yard pond*, *sanitary* dan *ash yard pond* sebagai inlet. Air limbah tersebut diolah pada WWTP menggunakan metode koagulasi dengan koagulan PAC dan flokulasi. *Treatment* pada WWTP dilakukan sampai air memenuhi baku mutunya yaitu berdasarkan PermenLH No. 08 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan atau kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Thermal dan PerMenLH No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dan S.134/PPKL/PPKPL/PKL-1/3/2021 tentang Persetujuan Teknis Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah yang Dibuang ke Laut.

2.2.5 Proses Koagulasi

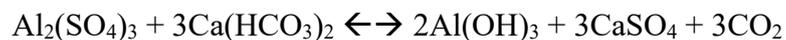
Proses koagulasi merupakan proses penting dalam pengolahan air limbah, dimana partikel koloid yang tersuspensi di dalam air terdestabilisasi setelah mengalami penetralan muatan permukaan akibat penambahan koagulan (Setiawan *et al.*, 2018). Parameter untuk terjadinya proses koagulasi yaitu parameter tingkat kekeruhan, pH, temperatur serta karakteristik ion air (Alie *et al.*, 2020). Pada proses koagulasi terjadi 3 tahapan proses yaitu pembentukan inti flok, destabilisasi koloid/partikel dan pembesaran ukuran partikel.

2.2.6. Koagulan

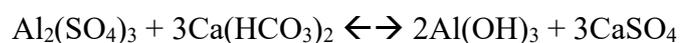
Koagulan adalah bahan kimia yang ditambahkan untuk mendestabilisasi partikel koloid dalam air limbah agar flok dapat terbentuk dengan cara menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid sehingga koloid dapat bergabung membentuk flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga mudah mengendap. Dengan adanya penambahan koagulan maka kestabilan pada koloid dapat menggumpal dan membentuk partikel dengan ukuran yang lebih besar (Kristijarti *et al.*, 2013). Namun, berlebihnya muatan ion dari koagulan yang ditambahkan juga dapat membuat proses koagulasi menjadi gagal dan terjadi deflokulasi. Hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan koagulan yaitu memiliki *trivalent*, tidak beracun dan tidak larut dalam kisaran pH netral. Beberapa jenis koagulan yang dapat digunakan untuk pengolahan air limbah antara lain (Kristijarti *et al.*, 2013):

1. *Aluminium sulphate (alum)*

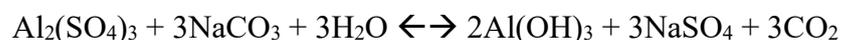
Alum merupakan salah satu jenis koagulan yang sering digunakan. Rumus kimia alum adalah $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Ketika ditambahkan ke dalam air, alum akan bereaksi dengan air dan menghasilkan ion-ion yang bermuatan positif. Ion-ion dapat bermuatan +4 tetapi secara tipikal bermuatan +2 (bivalen). Ion-ion bivalen 30-60 kali lebih efektif dalam menetralkan muatan-muatan partikel dibanding ion-ion yang bermuatan +1 (*monovalent*). Pembentukan flok aluminium sulfat merupakan hasil dari reaksi antara koagulan yang bersifat asam dan alkalinitas alami air yang biasanya mengandung kalsium karbonat karena jika tidak ada basa yang ditambahkan dapat menurunkan alkalinitas dan penurunan pH.



Jika air kurang memiliki kapasitas alkalinitas maka harus ditambahkan basa seperti *hydrate lime*, sodium hidroksida atau sodium karbonat.

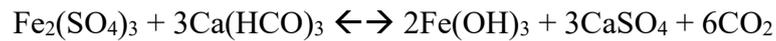


Jika ditambahkan sodium karbonat maka reaksi berubah menjadi :



Flok alumunium sulfat tidak dapat larut pada rentang pH yang relatif sempit dan akan bervariasi tergantung air yang diolah. pH optimum untuk koagulasi menggunakan alum sangat tergantung pada karakteristik air yang diolah, biasanya berada dalam rentang 5-8.

2. *Ferric Sulphate*



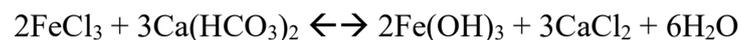
Ferric sulphate memiliki rumus kimia $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. koagulan ini tersedia dalam bentuk granula atau bubu yang berwarna merah kecoklatan. *Ferric sulphate* sedikit bersifat higroskopik tetapi sulit untuk larut. Larutannya korosif terhadap alumunium, beton dan hampir semua besi-besian. Seperti reaksi alum, flok *ferric hydroxide* merupakan hasil dari reaksi antara koagulan yang asam dan alkalinitas alami dalam air.

3. *Ferrous sulphate*

Ferrous sulphate atau *iron sulphate* merupakan garam termurah yang dapat digunakan untuk koagulasi. Koagulan ini memiliki sifat positif sehingga mampu melemahkan gaya tolak-menolak antar partikel koloid yang bermuatan negatif.

4. *Ferric chloride*

Koagulan ini tersedia dalam bentuk yang tidak mengandung H_2O dengan rumus kimia FeCl_3 serta dalam rumus *liquid* memiliki rumus kimia $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan bentuk berupa cokelat gelap. Pada bentuk padat sifatnya higroskopik dan tidak sesuai untuk pengumapanan kering. Dalam bentuk larutan sifatnya sangat korosif dan menyerang hampir semua logam dan beton. Berikut reaksi koagulasi *ferric chloride* :



5. *Polyelectrolyte*

Polyelectrolyte biasanya dibutuhkan dalam dosis sangat kecil dan bersifat sangat viskos sehingga harus terdapat turbulensi yang cukup pada pengumapanan untuk memastikan pencampuran yang cepat dan

menyeluruh. Contoh *plyelectrolyte* organik seperti *sodium alginate* dan sebagian produk pati yang larut dalam air.

6. *Polyalumnium Chloride* (PAC)

Rumus kimia umum PAC yaitu $Al_nCl_m(OH)_{(3n-m)}$ merupakan koagulan yang banyak diaplikasikan karena memiliki rentang pH yang lebar sesuai nilai n dan m pada rumus kimianya. PAC digunakan jika pH badan air penerima lebih tinggi dari 7,5. Hidrolisis PAC lebih mudah dari alum dengan mengeluarkan polihidroksida yang memiliki rantai molekul panjang dan muatan listrik besar dari larutan sehingga membantu memaksimalkan gaya fisis dalam proses flokulasi. Keuntungan koagulan PAC yaitu sangat baik untuk menghilangkan kekeruhan dan warna, memadatkan dan menghentikan penguraian flok, membutuhkan kebasaaan rendah untuk hidrolisis, sedikit berpengaruh pada pH, menurunkan atau menghilangkan kebutuhan penggunaan polimer, serta mengurangi dosis koagulan sebanyak 30-70%.

2.2.7 Ekstraksi Padat-Cair

Ekstraksi padat-cair atau *leaching* merupakan proses pemisahan satu atau lebih konstituen dari suatu padatan dengan mengkontakan dengan pelarut cair. Prinsip kerja ekstraksi padat-cair adalah komponen terlarut dari sebuah padatan yang mengandung matriks *inert* dan *agent* aktif kemudian diekstrak menggunakan pelarut (Kristijarti & Arlene, 2012). Secara garis besar, proses pemisahan secara ekstraksi terdiri dari tiga langkah yang meliputi :

- a. Penambahan sejumlah massa pelarut untuk dikontakkan dengan sampel dengan proses difusi.
- b. Solid akan terpisah dari sampel dan larut oleh pelarut membentuk fasa ekstrak.
- c. Pemisahan fasa ekstrak dengan sampel.

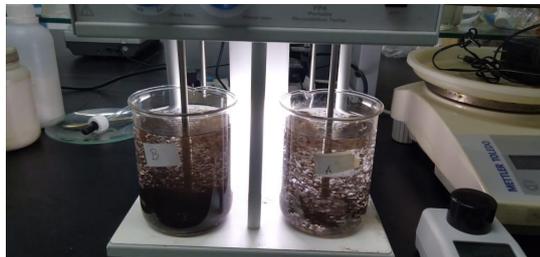
Kecepatan ekstraksi dapat dipenuhi jika perpindahan massa terjadi pada bidang kontak antara fase padat dan fase cair, kecepatan alir pelarut lebih besar

dari laju bahan ekstraksi, suhu yang lebih tinggi, viskositas pelarut lebih rendah dan kelarutan ekstrak lebih besar.

2.2.8 Polimerisasi

Polimerisasi merupakan reaksi kimia dimana monomer-monomer bereaksi untuk membentuk rantai yang lebih besar atau sebagai reaksi penggabungan dari asam lemak tidak jenuh membentuk senyawa kompleks. Efisiensi katalis polimerisasi tergantung pada kekuatan asam kompleks (Tanjung et al., 2013) . Secara umum polimerisasi dibagi menjadi dua jenis yaitu polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi. Perbedaan dari dua jenis ini yaitu pada polimer adisi memiliki atom yang sama seperti monomer dalam unit ulangnya, sedangkan polimer kondensasi mengandung atom-atom yang lebih sedikit karena terbentuknya produk samping selama berlangsungnya polimerisasi (Nevianita, 2016).

1.2.9 Jar Test



Gambar 4. 1. Metode *Jar Test*

Penentuan dosis koagulan terhadap pengolahan air limbah perlu diperhitungan menggunakan skala laboratorium untuk dapat menjadi acuan penggunaan bahan kimia yang digunakan pada proses koagulasi dan flokulasi. *Jar test* merupakan proses mensimulasikan proses koagulasi dan flokulasi yang menjadi metode pengujian untuk menentukan dosis optimum serta mengetahui kemampuan bahan kimia koagulan dalam mendestabilisasi air limbah sehingga membentuk flok-flok yang mudah mengendap (Husaini *et al.*, 2018). Parameter yang dicatat dan diukur pada metode *jar test* meliputi pH, TSS dan kekeruhan (*turbidity*) serta penambahan bahan kimia koagulan untuk volume air limbah

tertentu, sehingga dapat ditentukan kuantitas kebutuhan koagulan yang dibutuhkan untuk mengolah suatu air limbah dalam pengolahan yang sebenarnya.

1.2.10 PERMENLH No. 08 Tahun 2009

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 08 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Termal. Usaha dan atau kegiatan pembangkit listrik tenaga termal adalah usaha dan atau kegiatan yang menggunakan bahan bakar padat, cair dan gas maupun campuran serta menggunakan uap panas bumi untuk menghasilkan tenaga listrik. Jenis usaha dan atau kegiatan yang diatur dalam Peraturan Menteri ini meliputi kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU), dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). Air limbah dari usaha dan atau kegiatan yang diatur dalam Peraturan Menteri ini berasal dari proses utama, kegiatan pendukung dan kegiatan lain yang menghasilkan *oily water*.

Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan atau Kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Termal Sumber Proses Utama

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	pH	-	6-9
2	TSS	mg/L	100
3	Minyak dan Lemak	mg/L	10
4	Klorin Bebas (Cl ₂)	mg/L	0,5
5	Kromium Total (Cr)	mg/L	0,5
6	Tembaga (Cu)	mg/L	1
7	Besi (Fe)	mg/L	3
8	Seng (Zn)	mg/L	1
9	Phosphat (PO ⁴⁻)	mg/L	10

1.2.11 SNI 3822-2018

Standar Nasional Indonesia Nomor 3822-2018 membahas tentang standar Polialumunium klorida (PAC) cair dan padat yang digunakan sebagai bahan penjernih air. Polialumunium klorida merupakan suatu senyawa anorganik kompleks bersifat asam yang mempunyai rumus kimia $Al_nOH_mCl_{3n-m}$. PAC terbagi menjadi 3 tipe seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Syarat Mutu Polialumunium Klorida Cair

No	Parameter	Satuan	Persyaratan		
			Tipe A	Tipe B	Tipe C
1	Warna	-	Jernih hingga kekuningan	Jernih	Jernih hingga kecoklatan
2	Berat Jenis	-	1,190-1,400	Min 1,320	1,165-1,330
2	Alumunium oksida (Al_2O_3)	Fraksi massa %	8-18	Min 23	8-14
3	Kebasaan (b/b)	Fraksi massa %	0-85	80-85	45-85
4	pH	-	3,5-5,0	3,5-5,0	3,5-5,0
5	Bagian tidak larut	Fraksi massa %	Maks 0,25	Maks 0,25	Maks 0,25
6	Besi (Fe)	mg/kg	Maks 100	Maks 200	Maks 2000
7	Sulfat (SO_4)	Fraksi massa %	Maks 3,5	-	Maks 3,5
8	Cemaran Logam Berat				
	- Mangan (Mn)	mg/kg	Maks 10	Maks 10	Maks 10
	- Kadmium (Cd)	mg/kg	Maks 1,0	Maks 1,0	Maks 1,0
	- Timbal (Pb)	mg/kg	Maks 7,0	Maks 7,0	Maks 7,0
	- Kromium (Cr)	mg/kg	Maks 0,2	Maks 0,2	Maks 0,2
	- Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks 1,0	Maks 1,0	Maks 1,0
	- Arsen (As)	mg/kg	Maks 1,0	Maks 1,0	Maks 1,0