

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pencemaran Air

Pencemaran air menurut Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air merupakan masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Air yang telah tercemar dapat mengakibatkan kerugian yang besar bagi manusia dikarenakan air digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia seperti minum, mencuci, memasak, dan lain-lain. Jika air tercemar, maka berkurang pula jumlah air yang dapat dimanfaatkan oleh manusia. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan terhadap air yang tercemar agar tidak mengurangi kuantitas air yang dapat dimanfaatkan.

2.2 Limbah Laundry

Limbah *laundry* merupakan salah satu dari limbah domestik yang berupa *grey water* karena berasal dari kegiatan mencuci pakaian dan menyebabkan pencemaran bila langsung dibuang ke lingkungan tanpa dilakukan pengolahan sebelumnya. Pencemaran yang diakibatkan oleh limbah *laundry* tidak secara langsung memberikan dampak terhadap manusia, tetapi memberikan dampak negatif langsung bagi ekosistem perairan.

Limbah *laundry* yang dihasilkan mengandung beberapa kontaminan antara lain:

1. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand atau COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air (Fardiaz, 1992). Pemeriksaan COD diperlukan untuk mengetahui kandungan bahan organik yang terdapat di dalam air limbah

(Hudori dan Soewondo, 2009). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Semakin tinggi nilai COD, maka semakin parah pencemaran yang terjadi pada suatu perairan, karena menunjukkan semakin rendah nilai oksigen terlarut yang terdapat di perairan tersebut.

2. Fosfat

Fosfat merupakan salah satu unsur yang menjadi parameter dalam menentukan kualitas suatu perairan. Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah sebagai senyawa ortofosfat, polifosfat dan fosfat organik. Senyawa fosfat dapat dihasilkan dari penguraian senyawa organik (tumbuh-tumbuhan dan hewan yang mati serta detergen limbah rumah tangga) dan dapat menyuburkan tanah untuk pertanian. Senyawa fosfat yang terlarut dalam air tanah akan terbawa oleh aliran air sungai menuju ke laut atau ke danau, kemudian mengendap pada dasar laut atau dasar danau.

Keberadaan senyawa fosfat dalam air sangat berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem perairan. Apabila kadar fosfat dalam air rendah, pertumbuhan ganggang akan terhalang, keadaan ini dinamakan oligotrop. Sebaliknya bila kadar fosfat dalam air tinggi, pertumbuhan tanaman dan ganggang tidak terbatas lagi, sehingga dapat mengurangi jumlah oksigen terlarut air. Keadaan ini disebut eutrop. Hal ini tentu sangat berbahaya bagi kelestarian ekosistem perairan karena menyebabkan kurangnya jumlah oksigen terlarut dalam air yang dapat mengganggu ekosistem perairan (Effendi, 2003).

2.2.1 Detergen

Detergen adalah bahan yang digunakan sebagai pembersih, termasuk sabun cuci piring dan cairan pembersih. Detergen merupakan bahan pembersih yang mengandung senyawa petrokimia atau surfaktan sintentik lainnya (Fardiaz, 1992). Detergen yang digunakan untuk keperluan rumah tangga dan industri menggunakan formula yang sangat kompleks yaitu lebih dari 25 bahan, namun secara umum penyusun detergen dikelompokkan menjadi empat, yaitu surfaktan,

builders, *bleaching agent*, dan bahan aditif (Smulders, 2002). Surfaktan memiliki fungsi untuk mengangkat kotoran pada pakaian baik yang larut ataupun tidak larut dalam air. Penguat (*builders*) memiliki fungsi untuk meningkatkan efisiensi surfaktan. *Sodium Tripolyphosphate* (STPP) merupakan salah satu bahan detergen yang merupakan unsur penting kedua setelah surfaktan karena kemampuannya menghilangkan mineral kesadahan dalam air sehingga detergen dapat bekerja secara optimal (Stefhany *et al*, 2013).

Fosfat dari STPP tidak memiliki daya racun, bahkan sebaliknya merupakan salah satu nutrisi penting yang dibutuhkan makhluk hidup. STPP terhidrolisis menjadi PO_4 atau ortofosfat dan P_2O_7 yang selanjutnya terhidrolisa menjadi PO_4 saat di perairan, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi. Namun, keberadaan fosfat yang berlebihan di badan air mengakibatkan eutrofikasi dan mengganggu ekosistem perairan (Ikhwan, 2015).

2.3 Pengolahan Limbah Laundry

Pengolahan limbah *laundry* merupakan suatu metode untuk mengendalikan penyebaran limbah kegiatan mencuci pakaian ke lingkungan. Pengolahan limbah *laundry* dilakukan untuk mengurangi kandungan limbah yang dapat memberikan dampak negatif bagi manusia dan lingkungan, sehingga saat dibuang ke lingkungan kandungan limbah tidak melebihi dari baku mutu berlaku.

2.3.1 Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah penggunaan tanaman untuk pembersihan atau mengontrol berbagai jenis polutan termasuk logam, pestisida dan minyak. Tanaman ini juga membantu mencegah angin, hujan, dan air tanah untuk membawa polutan ke lahan lain (Zhang *et al*, 2010). Fitoremediasi yang dilakukan oleh tanaman air memiliki peran penting bagi ekosistem yang baik sebagai penyedia utama oksigen melalui fotosintesis, menyediakan substrat untuk ganggang dan tempat tinggal bagi ikan dan invertebrata lainnya, membantu daur ulang nutrisi dan membantu dalam menstabilkan sungai. Tanaman air juga memiliki potensi untuk mengolah air limbah karena karakteristik alaminya dan efisien dalam menghilangkan nutrisi dan logam berat dari air (Ng *et al*, 2016).

Tanaman yang akan digunakan dalam proses fitoremediasi harus memenuhi kriteria diantaranya:

1. Memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat.
2. Mampu mengonsumsi air dalam jumlah banyak pada waktu yang singkat.
3. Mampu meremediasi lebih dari satu jenis polutan.
4. Mempunyai toleransi yang tinggi terhadap polutan (Youngman, 2011).

Selain empat kriteria di atas, tanaman yang dapat digunakan untuk proses fitoremediasi juga harus mudah dipelihara dan tidak termasuk dalam kategori tanaman yang dikonsumsi. Tanaman juga harus aman saat dilakukan pembuangan ke lingkungan agar polutan tidak kembali menyebar. Ada enam tahapan proses yang dapat terjadi ketika fitoremediasi berlangsung yaitu:

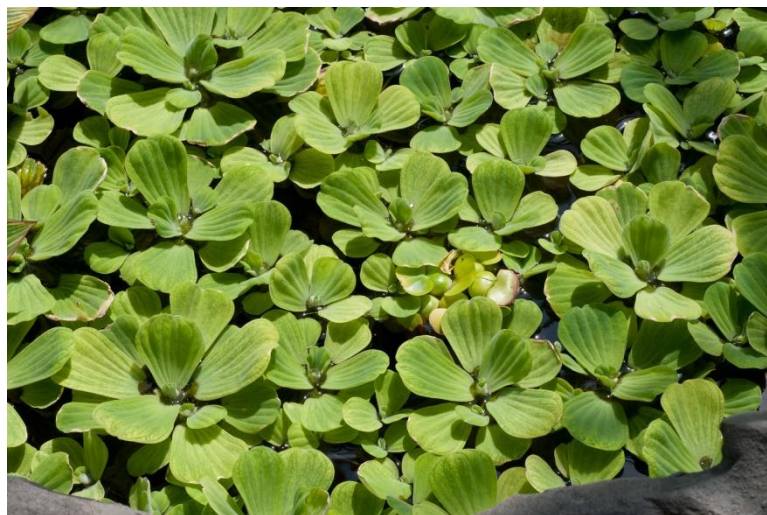
1. *Phytoaccumulation*, yaitu proses dimana tumbuhan menarik zat pencemar dari media sehingga terkumpul pada bagian akar tumbuhan (*hyperaccumulation*).
2. *Rhizofiltration*, yaitu penyerapan zat pencemar dan membuatnya mengendap di akar tumbuhan.
3. *Phytostabilization*, yaitu menstabilkan zat-zat yang tidak dapat terserap masuk ke dalam akar tumbuhan.
4. *Rhizodegradation*, yaitu tahapan penguraian zat pencemar oleh mikroba yang terdapat pada bagian akar tumbuhan.
5. *Phytodegradation*, yaitu penguraian zat pencemar yang memiliki rantai molekul kompleks menjadi rantai yang lebih sederhana sehingga dapat dimanfaatkan bagi pertumbuhan hidup tanaman itu sendiri.
6. *Phytovolatilization* adalah penguapan zat pencemar yang telah diurai ke atmosfer (Dewi *et al*, 2015).

2.3.2 Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)

Kayu apu (*Pistia stratiotes*) adalah salah satu tumbuhan air yang sangat cepat tumbuh dan dapat beradaptasi di lingkungan baru. Tumbuhan kayu apu tidak memiliki batang dan memiliki daun tunggal. Tumbuhan ini juga memiliki akar berupa akar serabut dan yang mengapung dalam air. Tumbuhan ini dapat

menjadi gulma air karena pertumbuhannya yang sangat cepat. Pertumbuhannya yang cepat disebabkan kayu apu dapat berkembang biak baik secara generatif maupun vegetatif. Tumbuhan kayu apu biasanya tumbuh di air yang tenang seperti kolam, danau, dan sungai yang alirannya tidak deras.

Tumbuhan kayu apu biasanya digunakan sebagai tanaman hias pada kolam. Namun, kayu apu juga memiliki kemampuan untuk meningkatkan aktivitas mikroba, dan menyerap nutrisi pada suatu perairan sehingga menjadikannya sebagai salah satu tumbuhan yang sesuai untuk digunakan dalam fitoremediasi air limbah (Putra *et al*, 2011). Berikut merupakan gambar dari tumbuhan kayu apu.



Gambar 2.1 Tumbuhan Kayu Apu

Sumber: <https://www.google.co.id>

2.3.3 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam (Tandy *et al*, 2012). Adsorpsi merupakan salah satu teknik yang memungkinkan untuk menyisihkan bahan organik dalam air (Sururi *et al*, 2009). Proses suatu adsorpsi membutuhkan penggunaan dari adsorben. Adsorben merupakan zat yang berperan sebagai pengadsorpsi (penjerap) suatu molekul. Beberapa syarat suatu

adsorben antara lain memiliki luas permukaan tinggi yang juga ditunjukkan oleh volume pori yang tinggi, memiliki jejaring pori yang memungkinkan transport molekul adsorbat, dapat melepaskan molekul yang teradsorpsi melalui proses deadsorpsi, dan dapat diregenerasi dengan mudah (Fatimah, 2014). Selain itu, struktur pori dan permukaan kimia dari bahan adsorben memainkan peran penting dalam proses adsorpsi karena dapat membatasi jenis dan jumlah spesies untuk dihilangkan dari larutan (Silva *et al*, 2016).

Pada proses adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben. Kemudian faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah luas permukaan, jenis adsorbat, konsentrasi adsorbat, temperatur, pH, kecepatan pengadukan dan waktu kontak adsorpsi (Tandy *et al*, 2012).

Pengolahan air dengan metode adsorpsi dianggap lebih unggul dibandingkan dengan pengolahan lain karena memiliki tingkat efisiensi yang lebih tinggi, biaya yang lebih murah, pengoperasian yang mudah dan sederhana, dan sensitivitas yang lebih rendah untuk polutan beracun. Namun, pertimbangan harga dan teknologi yang rumit telah membatasi aplikasi pengolahan dengan metode adsorpsi. Kemudian saat ini dalam pengolahan air limbah telah digunakan bahan tambahan atau dari limbah yang sudah diolah (Fan *et al*, 2016).

2.3.4 Lumpur PDAM

Lumpur buangan adalah hasil yang tidak terhindarkan dalam proses pengolahan air minum. Proses lumpur buangan berasal dari garam aluminium sulfat yang digunakan sebagai koagulan. Aluminium sulfat (Al_2SO_4) ini merupakan koagulan yang paling banyak digunakan di pengolahan air minum yang berfungsi untuk menurunkan kekeruhan air baku. Pada setiap tahap proses pengolahan air minum dari unit-unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi akan menghasilkan lumpur, sehingga lumpur buangan yang dihasilkan jumlahnya banyak. Lumpur ditandai dengan kandungan air yang tinggi dan aktivitas biologi yang langka atau tidak ada. Keberadaan hidroksida juga ada dan berasal dari

bahan koagulasi, koloid, bahan organik dan endapan anorganik (Caniani *et al*, 2013).

Lumpur buangan dapat digunakan sebagai adsorben untuk menurunkan fosfat dari air limbah. Hal ini disebabkan melimpahnya ion aluminium dalam lumpur buangan yang dapat meningkatkan proses adsorpsi dan presipitasi kimia yang membantu menghilangkan polutan dari air limbah (Yang *et al*, 2006).

2.4 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.

Tabel 2.1 Jurnal Penelitian Terdahulu Mengenai Adsorpsi dan Fitoremediasi

No.	Judul dan Penyusun	Tujuan	Metode	Hasil
1	Assessing <i>Pistia stratiotes</i> for Phytoremediation of Silver Nanoparticles and Ag(I) Contaminated Waters (Hanks <i>et al</i> , 2015)	Mempelajari kemampuan fitoremediasi <i>Pistia stratiotes</i> pada limbah cair yang terkontaminasi nanopartikel perak (AgNP) dan ion perak.	<ul style="list-style-type: none"> • Tanaman yang akan digunakan dicuci terlebih dahulu menggunakan air kran dan air yang terdeionisasi dua kali (DDIW). Tanaman ditempatkan pada konsentrasi yang berbeda (0,02; 0,2; dan 2 mg/l) dari AgNPs atau solusi perak nitrat. Pada masing-masing konsentrasi ditempatkan 3 tanaman dan dibandingkan dengan tanaman kontrol ditempatkan di DDIW 1 jam sebelum pencahayaan dalam 14-10 jam cahaya / siklus gelap. • Sampel air diambil dari solusi kontrol dan media tanam setiap 0, 1, 2, 6, 12, 18, 24, dan 36 jam dan pada terminasi (48 jam) untuk memeriksa setiap perubahan konsentrasi perak total dalam media selama percobaan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tanaman <i>P.stratiotes</i> pada solusi kontrol tidak menunjukkan tanda-tanda layu (daun berwarna hijau), sedangkan tanaman pada konsentrasi 0,02 mg/l AgNPs dan solusi perak nitrat menunjukkan tanda layu setelah 6 jam dengan daun melengkung. • Tanaman pada konsentrasi perak total 0,2 mg/l mengalami kondisi layu dalam waktu 2 jam dan terus meningkat hingga 48 jam. • Tanaman pada perak nitrat 0,2 mg/l menunjukkan perubahan warna tepi daun dalam 6 jam dan penurunan kesehatan

No.	Judul dan Penyusun	Tujuan	Metode	Hasil
			<p>Sampel diuji menggunakan <i>spektrometri massa plasma (ICPMS)</i>.</p>	<p>tanaman dan layu dalam 24 jam.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tanaman pada 2 mg/l AgNP menunjukkan tanda layu dalam 2 jam dan dalam 24 jam daun menjadi berwarna kecoklatan. • Tanaman pada 2 mg/l perak nitrat menunjukkan tanda layu dalam 6 jam dan sebagian besar daun coklat dan layu dalam 18 jam. • Ketika dikeluarkan dari air, akar tidak lagi melekat pada tanaman. • AgNPs cenderung memiliki efek toksik lebih cepat dibandingkan ion perak, namun toksisitas ion perak menyebabkan tanaman layu lebih cepat. • Pada akhir percobaan, sisa konsentrasi AgNP dan kontaminan ion perak adalah <20% dari konsentrasi awal.
2	<p>Determination of Key Components and Adsorption Capacity of a Low Cost Adsorbent Based on Sludge of Drinking Water</p>	<p>Menentukan komponen kunci dan kapasitas adsorpsi lumpur DWTP untuk adsorpsi ion kadmium dalam air.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Persiapan adsorben dengan mengambil lumpur yang dikumpulkan di <i>sludge drying bed</i>. Lumpur dicuci dengan air suling dan dikeringkan pada 100°C selama 24 	<ul style="list-style-type: none"> • Lumpur dari DWTP dapat digunakan sebagai bahan baku adsorben dengan biaya rendah untuk menghilangkan ion cadmium dalam air.

No.	Judul dan Penyusun	Tujuan	Metode	Hasil
	<p>Treatment Plant to Adsorb Cadmium Ion in Water (Siswoyo <i>et al.</i>, 2014)</p>		<p>jam. Kemudian lumpur hancur menjadi bentuk bubuk dan diayak dengan saringan 1 mm. Pencucian dilakukan karena pada DWTP terdapat proses koagulasi dengan menggunakan PAC sebagai koagulan untuk menyerap ion logam dan senyawa bau, sehingga lumpur yang dihasilkan berwarna lebih gelap dari lumpur pada umumnya.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Luas permukaan dan komponen utama dari lumpur seperti aluminium, silika dan besi sebagai akibat dari penambahan PAC diukur dengan <i>scanning</i> mikroskop elektron/energi dispersif spektroskopi. Jumlah karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur, abu dan oksigen dalam lumpur diperiksa dengan menggunakan alat elemental. Kemudian untuk mengidentifikasi logam terserap di lumpur, induktif ditambah plasma massa spektrometer yang digunakan sesuai dengan prosedur. • Dosis adsorben bervariasi dari 1 sampai 20 g/L dimasukkan ke dalam 50 ml larutan kadmium dengan konsentrasi yang berbeda (10, 50 dan 100 mg/l) untuk mengetahui 	<p>Keberadaan oksida besi dan zat humat dalam lumpur disarankan sebagai faktor penting untuk proses adsorpsi kadmium. Bahan adsorben tergantung pada pH larutan, dimana pH 6-8 menguntungkan untuk adsorpsi ion kadmium.</p>

No.	Judul dan Penyusun	Tujuan	Metode	Hasil
			<p>konsentrasi adsorben optimum sesuai dengan kapasitas mengikat maksimum. Setelah 24 jam pengadukan, larutan disentrifugasi pada 4000 rpm selama 10 menit dan kemudian konsentrasi Cd^{2+} diukur menggunakan spektrofotometer atom adsorpsi.</p>	
3	<p>Efisiensi Penyerapan Phospat Limbah Laundry Menggunakan Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatic forsk</i>) dan Jeringau (<i>Acorus calamus</i>) (Dewi <i>et al</i>, 2015)</p>	<p>Mengetahui efektifitas dan efisiensi penyerapan phospat oleh kangkung air dan jeringau dalam air limbah pencucian pakaian (<i>laundry</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Menimbang tanaman kangkung air dan jeringau yang diambil di persawahan masing-masing sebanyak 200 gr/reaktor. • Tanaman dimasukkan ke dalam reaktor dan berisikan limbah cair <i>laundry</i> sebanyak 2 L/reaktor. • Melakukan pengukuran parameter pH, fosfat, dan kekeruhan pada hari ke 0, 2, 4, 6, 8, dan 10. 	<ul style="list-style-type: none"> • pH limbah <i>laundry</i> yang semula tinggi berangsur-angsur turun hingga netral setelah proses fitoremediasi oleh kangkung air dan jeringau. • Nilai kekeruhan berangsur-angsur turun tetapi masih dalam tingkat berbahaya bagi organisme air dengan persentase sebesar 86,2% oleh kangkung air dan 84,7% oleh jeringau. • Konsentrasi phospat mengalami penurunan dari hari ke 2 sampai hari ke 10 dengan total efisiensi penyerapan oleh kangkung air sebesar 41,61% dan jeringau 53,75%.
4	<p>Fitoremediasi Phospat dengan Menggunakan</p>	<p>Mengetahui pengaruh waktu kontak tumbuhan eceng</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pengambilan sampel dilakukan secara <i>grab</i> sampel, yaitu sampel air 	<ul style="list-style-type: none"> • Pada hari ke-20 konsentasi BOD₅ dan COD pada

No.	Judul dan Penyusun	Tujuan	Metode	Hasil
	<p>Tumbuhan Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>) pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (<i>Laundry</i>) (Stefhany <i>et al</i>, 2013)</p>	<p>gondok terhadap konsentrasi fosfat yang diserap oleh tumbuhan eceng gondok</p>	<p>diambil pada satu kali pengambilan dari sumber yang diteliti.</p> <ul style="list-style-type: none"> Melakukan pengukuran parameter fosfat setiap 5 hari sekali yaitu hari ke 0, 5, 10, 15, dan 20 terhadap sampel limbah <i>laundry</i> yang mendapat 3 perlakuan (kontrol, dengan tumbuhan eceng gondok, dan dengan tumbuhan eceng gondok bebas bakteri aktif). Kemudian pada hari ke-0 dan 20 dilakukan pengukuran parameter BOD₅, COD, TSS, suhu, dan pH. 	<p>perlakuan 1 melebihi baku mutu, sedangkan pada perlakuan 2 dan 3 mengalami penurunan</p> <ul style="list-style-type: none"> Parameter TSS pada perlakuan 1 mengalami kenaikan, sedangkan pada perlakuan 2 dan 3 mengalami penurunan. Hasil pengukuran parameter fosfat diperoleh efisiensi pengurangannya sebesar 71,65% untuk perlakuan 1, 82,34% untuk perlakuan 2, dan 22,49% untuk perlakuan 3. Nilai efisiensi akumulasi limbah <i>laundry</i> oleh eceng gondok pada perlakuan 2 diperoleh pada akar 13,83% dan tangkai daun 17,90%, sedangkan perlakuan 3 diperoleh pada akar 14,90% dan tangkai daun 20,05%.
5	<p>Characteristics and Mechanisms of Phosphate Adsorption on Dewatered Alum</p>	<ol style="list-style-type: none"> Menyelidiki mekanisme adsorpsi fosfat dari lumpur alum Mengidentifikasi 	<ul style="list-style-type: none"> Pengeringan <i>cake</i> lumpur alum (kadar air awal 72-75%) dikumpulkan dari unit pengolahan air dimana 	<ul style="list-style-type: none"> Komposisi utama dari lumpur alum adalah aluminium dengan 46% massa yang dinyatakan

No.	Judul dan Penyusun	Tujuan	Metode	Hasil
	<p>Sludge (Yang <i>et al</i>, 2006)</p>	<p>faktor-faktor yang Mempengaruhi kapasitas fosfat adsorpsi lumpur alum</p> <p>3. Memeriksa struktur fosfat yang diresapi lumpur alum</p>	<p>aluminium sulfat digunakan sebagai koagulan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lumpur digiling dan diayak hingga diperoleh diameter <0,063 mm. • Pemeriksaan struktur morfologi dengan menggunakan X-ray difraktometer (XRD, D / max-3C) dan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM, JSM-6700F). • Melakukan pengukuran potensi zeta, asam sulfat, dan natrium hidroksida yang digunakan untuk mengontrol pH. • Mencampurkan lumpur dengan larutan fosfat dan mengaduknya untuk mendorong proses adsorpsi selama waktu yang ditentukan. Sampel disaring dan dianalisis konsentrasi fosfatnya. 	<p>sebagai Al₂O₃. Komponen kimia utama lainnya adalah Fe³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, dan SiO₄²⁻ dengan persentase massa 17% untuk ion kation dan 3,6% untuk ion anion. Lumpur alum juga mengandung beberapa bahan organik dan konten yang dinyatakan dalam TOC dengan persentase 9,9%.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Struktur morfologi dari lumpur alum yang diidentifikasi menggunakan XRD menunjukkan bahwa alum adalah amorf. • Hasil komputasi kapasitas adsorpsi menunjukkan bahwa pH memiliki efek pada kapasitas adsorpsi. • Selama proses adsorpsi, penurunan kadar fosfat terjadi bersamaan dengan peningkatan pH dan konsentrasi Cl⁻, SO₄²⁻ dan TOC, ditambah dengan penurunan konsentrasi total aluminium.