



**PERBEDAAN PENURUNAN pH DAN TSS PADA AIR LINDI DENGAN
MENGUNAKAN *POLY ALUMINIUM CHLORIDA* (PAC) DAN
ALUMINIUM SULFAT (TAWAS)**

**(Studi di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kalipancing, Desa Lempeni,
Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang)**

SKRIPSI

Oleh :
Zainul Kholifah
NIM. 132110101020

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER
TAHUN 2018**



**PERBEDAAN PENURUNA pH DAN TSS PADA AIR LINDI DENGAN
MENGUNAKAN *POLY ALUMINIUM CHLORIDA* (PAC) DAN
ALUMINIUM SULFAT (TAWAS)
(Studi di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kalipancing, Desa Lempeni,
Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang)**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat dan mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

SKRIPSI

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER
TAHUN 2018**

PERSEMBAHAN

Dengan Menyebut nama Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Subar dan Ibunda Tomblok Siti Nurhayati yang telah memberikan kasih sayang, limpahan doa, dukungan serta pengorbanan yang luar biasa tiada tara
2. Kakak tercinta saya, Yuyun Sudaryanti, Siti Kholilah dan Dodik Armadi yang telah memberikan dukungan doa, serta motivasi
3. Seluruh keluarga besar yang telah banyak memberikan doa, perhatian dan motivasi yang tiada tara
4. Semua guru dari TK Dharmawanita, SDN Pulo 01, SMPN 1 Tempeh dan SMA Negeri Tempeh yang sangat berjasa karena telah mendidik dan mengajarkan banyak hal, terimakasih yang tak terduga atas semua yang telah diajarkan dan diberikan, serta Almamater Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember yang telah memberikan banyak pelajaran berharga.

MOTTO

Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdo'alah kepada Nya dengan rasa takut dan harapan. Sesungguhnya Allah amat dekat kepada orang yang berbuat baik.
(Terjemahan QS. Al-A'raf ayat 56)*)



*) (QS. Al-A'raf ayat 56) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahan*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Zainul Kholifah

NIM : 132110101020

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul : *Perbedaan Penurunan pH dan TSS pada Air Lindi dengan Menggunakan Poly Alumunium Chlorida (PAC) dan Alumunium Sulfat (Tawas) (Studi di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kalipancing, Desa Lempeni, Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang)* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 Januari 2018

Yang menyatakan,

(Zainul Kholifah)

NIM 132110101020

**PEMBIMBINGAN
SKRIPSI**

**PERBEDAAN PENURUNAN pH DAN TSS PADA AIR LINDI DENGAN
MENGUNAKAN *POLY ALUMINIUM CHLORIDA* (PAC) DAN
ALUMINIUM SULFAT (TAWAS)**

**(Studi di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kalipancing, Desa Lempeni,
Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang)**

Oleh

Zainul Kholifah

NIM. 132110101020

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes.

Dosen Pembimbing Anggota : Rahayu Sri Pujiati, S.KM., M.Kes.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Perbedaan Penurunan pH dan TSS pada Air Lindi dengan Menggunakan Poly Aluminium Chlorida (PAC) dan Aluminium Sulfat (Tawas) (Studi di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kalipancing, Desa Lempeni, Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang)* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 17 Mei 2018
Tempat : Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

Pembimbing		Tanda Tangan
1. DPU	: Anita Dewi M., S.KM., M.Kes. NIP. 19811120200501 2 001	(.....)
2. DPA	: Rahayu Sri Pujiati, S.KM., M. Kes. NIP. 19770828 200312 2 001	(.....)
Penguji		
1. Ketua	: Andrei Ramani, S.KM., M.Kes NIP. 19800825 200604 1 005	(.....)
2. Sekretaris	: Ellyke, S.KM., M.KL NIP. 19810429 200604 2 002	(.....)
3. Anggota	: Agung Kuncoro Wicaksono, S.Si NIP. 19840330 200903 1 004	(.....)

Mengesahkan
Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Jember

Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes
NIP. 19800516 200312 2 002

RINGKASAN

Perbedaan Penurunan pH dan TSS pada Air Lindi dengan Menggunakan Poly Alumunium Chlorida (PAC) dan Alumunium Sulfat ; Zainul Kholifah; 132110101020; 65 halaman; Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

Di Indonesia, permasalahan sampah masih menjadi permasalahan yang serius, terutama kota dengan tingkat kepadatan penduduk yang cukup tinggi. Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2016, Indonesia memproduksi sampah mencapai lebih dari 65 juta ton per hari. Peningkatan jumlah sampah pada TPA menyebabkan terjadinya proses dekomposisi alamiah yang berlangsung secara besar-besaran dan mengubah sampah menjadi pupuk organik yang menghasilkan hasil akhir berupa *leachate* (air lindi). Dampak pencemaran yang disebabkan oleh air lindi terhadap lingkungan disekitar TPA antara lain dapat berpengaruh pada perubahan fisik air, suhu, rasa, bau dan kekeruhan serta membahayakan kehidupan manusia karena dapat bersifat racun bagi tubuh apabila jumlahnya berlebihan serta dapat menyebabkan terjadinya kerusakan ekosistem.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan tingkat pencemaran pada air lindi yaitu dengan mekanisme *koagulasi-flokulasi*. PAC dan tawas dipilih karena kemampuannya dalam menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid dan dapat mengatasi serta mengurangi gaya tolak-menolak elektrostatis antar partikel sampai sekecil mungkin yang memungkinkan partikel koloid saling mendekat dan membentuk gumpalan lebih besar. Hasil uji laboratorium pada pengukuran awal menunjukkan pH 7,1 dan TSS 1790 mg/l. Penelitian ini bertujuan untuk menguji perbedaan penurunan pH dan TSS pada air lindi yang tidak diberi perlakuan dengan air lindi yang diberi penambahan serbuk PAC dan serbuk Tawas sebesar 1600 mg/l, 2600 mg/l, dan 3600 mg/l selama 76 menit.

Penelitian ini merupakan *true experiment* dengan bentuk *posttest only control group desaiht*. Tahap pertama adalah persiapan serbuk PAC dan Tawas, penimbangan menjadi tiga kelompok masing-masing 1600 mg/l, 2600 mg/l dan 3600 mg/l. Pada penelitian ini, air lindi yang diperlukan sebanyak 48

liter. Air lindi dibagi menjadi empat kelompok dan masing kelompok terdiri dari enam sampel air lindi. Kelompok pertama tidak diberi perlakuan (K), kelompok kedua dikontakan dengan PAC dan Tawas 1600 mg/l (X1), kelompok ketiga dikontakan dengan PAC dan Tawas 2600 mg/l, dan kelompok keempat dikontakan dengan dengan PAC dan Tawas 3600 mg/l. Setiap air lindi diaduk selama 1 menit dengan kecepatan 400 rpm (pengadukan cepat) dan 15 menit dengan kecepatan 150 rpm (pengadukan lambat). Kemudian, proses pengendapan selama 60 menit.

Hasil uji statistik pada penurunan pH dan TSS menunjukkan terdapat beberapa kelompok perlakuan yang tidak berdistribusi normal. Pada uji *Kruskal-wallis* diperoleh hasil bahwa ada perbedaan antar kelompok perlakuan. Pada pH, kelompok X3 pada PAC dan Tawas memiliki tingkat penurunan yang paling tinggi, pada PAC penurunan mencapai 9,72% sedang pada Tawas penurunan mencapai 12,5%. Pada TSS, PAC kelompok X2 memiliki tingkat penurunan paling tinggi mencapai 51,34%, sedangkan pada Tawas kelompok X3 memiliki tingkat penurunan paling tinggi mencapai 91,59%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan PAC dan Tawas mampu menurunkan pH dan TSS pada air lindi. Kandungan pH dan TSS pada air lindi menunjukkan pengelolaan limbah masih belum baik. Oleh karena itu pihak pengelola TPA disarankan untuk menggunakan PAC dan Tawas untuk menurunkan pH dan TSS. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu perlu dilakukan penelitian dalam bentuk pre-post control group design, dengan menambahkan dosis PAC dan Tawas dengan memperhatikan kecepatan putaran Jar-Test untuk menurunkan pH dan TSS dibawah Baku Mutu Air Limbah (BMAL) pH 6-9, dan TSS 100 mg/l.

SUMMARY

Differences in pH and TSS on Water Lindi by Using Poly Aluminum Chloride (PAC) and Aluminum Sulfate; Zainul Kholifah; 132110101020; 65 pages; Department of Environmental Health and Occupational Safety Health Faculty of Public Health University of Jember

The problem of waste in Indonesia is a serious problem, especially the city with a dense population. According to the Central Bureau of Statistics 2016, Indonesia produced more than 65 million tons of waste each day. Increasing the amount of waste in the landfill causes a natural decomposition process that occurs in a large scale and turns the waste into organic fertilizer that produced the final result of leachate (leachate water). The pollution that caused by water leachate in the environment around the landfill can affect the physical change of water, temperature, taste, odor and turbidity and endanger human life because it can be toxic for the body if the amount was excessive and can cause a damage to the ecosystem.

One effort that can be done to reduce the pollution level in leachate water is by coagulation-flocculation mechanism. PAC and *Aluminium Sulfat* were selected for their ability to neutralize the electrical charge on the colloidal surface and can overcome and reduce the electrostatic forces of the interactions of particles to the smallest possible extent allowing the colloid particles to be close one another and form larger lumps. Result test laboratory on measurement early showed pH 7.1 and TSS 1790 mg/l. The aim of this study was to examine the differences in pH and TSS in leachate treated water with leachate water treated with PAC and *Aluminium Sulfat* of 1600 mg / l, 2600 mg / l, and 3600 mg / l for 76 min.

This research was a true experiment with posttest only control group design. The first step was prepared PAC and *Aluminium Sulfat* powder, that divided into three groups of 1600 mg / l, 2600 mg / l and 3600 mg / l, respectively. In this study, leachate water was required as much as 48 liters. The leachate water was divided into four groups and each group consisted of six leachate water samples. The first group as a control group (K), the second group

was contacted with PAC and *Alumunium Sulfat* 1600 mg / l (X_1), the third group was contacted with PAC and Tawas 2600 mg / l, and the fourth group was contacted with PAC and *Alumunium Sulfat* 3600 mg / l. Each leachate was stirred for 1 minute at 400 rpm (quick stirring) and 15 minutes at 150 rpm (slow stirring), then it was deposited of waste for 60 minutes.

The results of statistical tests on the pH decrease showed that there are some group of treatment that was not normally distributed. The homogeneity test showed that the data were not homogeneously distributed. *Kruskal-wallis* test results showed that there were differences between groups. The X_3 group had the highest rate of decline, at a PAC decrease was reached 9.72% moderately in *Alumunium Sulfat* decrease was reached 12.5%. The result of statistical test on TSS decrease showed that there were some groups that were not normally distributed. The homogeneity test showed that the data were spread homogeneously. *Kruskal-wallis* test results show that there are differences between groups. In PAC group X_2 had the highest rate of decline that reached 51.34%, where as in *Alumunium Sulfat* group X_3 had the highest decrease rate that reached 91.59%. This shows that the addition of PAC and *Alumunium Sulfat* decrease pH and TSS in leachate water. The content of pH and TSS in leachate water shows waste management is still not good. Therefore, the management of TPA is recommended to use PAC and *Alumunium Sulfat* to decrease the pH level and TSS level. Suggestion for further research that needs to be done research in the form of pre-post control group design, and add mass of PAC and *Alumunium Sulfat* by paying attention of Jar-Test stir speed to decrease level of pH and TSS under Wastewater Quality Standard pH 6-9, and TSS 100 mg / l.

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah ST atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat terselesainya skripsi dengan judul Perbedaan Penurunan pH dan TSS pada Air Lindi dengan Menggunakan *Poly Alumunium Chlorida* (PAC) dan *Alumunium Sulfat* (Tawas) (Studi di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kalipancing, Desa Lempeni, Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang, sebagai salah satu persyaratan akademis dalam rangka menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Dalam skripsi ini dijabarkan mengenai penggunaan *Poly Alumunium Chlorida* (PAC) dan *Alumunium Sulfat* (Tawas) sebagai penurun pH dan TSS sebagai pengganti penurun bahan pencemar yang terdapat pada air lindi.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa bantuan, bimbingan, petunjuk, dan motivasi dari berbagai pihak, maka dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan rasa terimakasih dan penghargaan yang tak terhingga kepada Ibu **Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes** selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu **Rahayu Sri Pujiati, SKM., M.Kes** selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu untuk memberikan petunjuk, koreksi, saran, perhatian dan motivasi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini penyusun juga mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang tak terhingga kepada :

1. Ibu Irma Prasetyowati, S.KM.,M.Kes selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember
2. Bapak Dr. Isa Ma'rufi selaku Ketua Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember
3. Bapak Andre Rahmani, S.KM., M.Kes selaku ketua penguji
4. Ibu Ellyke, S.KM., M.Kes., selaku sekretaris penguji
5. Bapak Agung Kuncoro Wicaksono S.Si., selaku penguji anggota

6. Seluruh bapak-ibu dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember yang telah membantu dan memberikan bimbingan dan pengajaran
7. Teman-teman FKM 2013 dan teman-teman Peminatan Kesehatan Lingkungan 2013 seperjuangan
8. Sahabat-sahabat saya COROERS (emak (ina), mbok (denah), nyocot (intan), somat (veri), ikek, sinta) yang sudah menemani selama 4 tahun berjuang di FKM
9. Teman-teman PBL 13 desa Sukowono (Ade, Nia, Miranda, Intan, Putri, Arsyah, Santos, Valuvi, Famela, Dini, Illia)
10. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, dengan tulus penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga semoga Allah SWT membalas kebaikan Saudara/Saudari semua.

Semoga penyusunan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Penulis sangat menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di waktu mendatang.

Jember, Maret 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
HALAMAN RINGKASAN	viii
SUMMARY.....	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI.....	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Tujuan Umum.....	5
1.3.2 Tujuan Khusus.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.4.1 Secara Teoritis.....	6
1.4.2 Secara Praktis	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Air Lindi	7
2.1.1 Karakteristik Lindi	8
2.2 Parameter Kualitas Air Lindi.....	9
2.2.1 Total Suspended Solid (TSS)	9
2.2.2 pH.....	10

2.3 Limbah Cair TPA	11
2.4 Pengolahan Limbah Cair Lindi (Leachate).....	12
2.5 Koagulan.....	15
2.5.1 Koagulan <i>Aluminium Sulfat</i> (Tawas)	17
2.5.2 Koagulan <i>Poly Aluminium Chloride</i> (PAC).....	18
2.6 Koagulasi	20
2.6.1 Proses Koagulasi-Flokulasi	21
2.7 Kerangka Teori	24
2.8 Kerangka Konseptual.....	25
2.9 Hipotesis Penelitian.....	26
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Jenis Penelitian.....	27
3.2 Unit Eksperimen dan Replikasi.....	28
3.2.1 Unit Eksperimen.....	28
3.2.2 Replikasi.....	28
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
3.3.1 Tempat penelitian	29
3.2.3 Waktu Penelitian	29
3.4 Objek dan Teknik Pengambilan Objek Penelitian.....	29
3.4.1 Objek Penelitian	29
3.4.2 Teknik Pengambilan Objek.....	30
3.5 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional	31
3.5.1 Variabel Penelitian	31
3.5.2 Definisi Operasional.....	31
3.6 Alat dan Bahan Penelitian	32
3.6.1 Alat Penelitian	32
3.6.2 Bahan Yang Digunakan dalam Penelitian.....	33
3.7 Prosedur Kerja Penelitian.....	34
3.7.1 Proses Persiapan Koagulan	34
3.7.2 Prosedur Perlakuan Panambahan serbuk PAC dan serbuk Tawas.....	34

3.7.3	Prosedur Pengukuran TSS.....	35
3.7.4	Prosedur Pengukuran pH.....	35
3.8	Kerangka Prosedur Penelitian	36
3.9	Data dan Sumber Data.....	37
3.9.1	Data Primer.....	37
3.9.2	Data Sekunder	37
3.10	Teknik dan Instrumen Pengumpul Data	37
3.10.1	Teknik Pengumpulan Data.....	37
3.10.2	Instrument Pengumpul Data.....	37
3.11	Teknik Penyajian dan Analisis Data	38
3.12	Kerangka Alur Penelitian	40
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Hasil.....	41
4.1.1	Gambaran Umum TPA.....	41
4.1.2	pH pada kelompok kontrol (K) dengan Kelompok Penambahan PAC (X_1, X_2, X_3) dan Kelompok Penambahan Tawas (X_1, X_2, X_3).	42
4.1.3	Perbedaan Penurunan pH pada Kelompok Kontrol (K) dengan Kelompok Penambahan PAC (X_1, X_2, X_3) dan Kelompok Penambahan Tawas (X_1, X_2, X_3).....	46
4.1.4	TSS pada Kelompok Kontrol (K) dengan Kelompok Penambahan PAC (X_1, X_2, X_3) dan Kelompok Penambahan Tawas (X_1, X_2, X_3)	49
4.1.5	Perbedaan Penurunan pH pada Kelompok Kontrol (K) dengan Kelompok Penambahan PAC (X_1, X_2, X_3) dan Kelompok Penambahan Tawas (X_1, X_2, X_3).....	53
4.2	Pembahasan.....	56
4.2.1	pH pada kelompok kontrol (K) dengan Kelompok Penambahan serbuk PAC (X_1, X_2, X_3) dan Kelompok Penambahan serbuk Tawas (X_1, X_2, X_3).	56

4.2.2 Perbedaan Penurunan pH pada Kelompok Kontrol (K) dengan Kelompok Penambahan serbuk PAC (X_1, X_2, X_3) dan Kelompok Penambahan serbuk Tawas (X_1, X_2, X_3)	57
4.2.3 TSS pada Kelompok Kontrol (K) dengan Kelompok Penambahan serbuk PAC (X_1, X_2, X_3) dan Kelompok Penambahan serbuk Tawas (X_1, X_2, X_3)	59
4.2.4 Perbedaan Penurunan TSS pada Kelompok Kontrol (K) dengan Kelompok Penambahan serbuk PAC (X_1, X_2, X_3) dan Kelompok Penambahan serbuk Tawas (X_1, X_2, X_3)	60
BAB 5. PENUTUP	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	72

DAFTAR TABEL

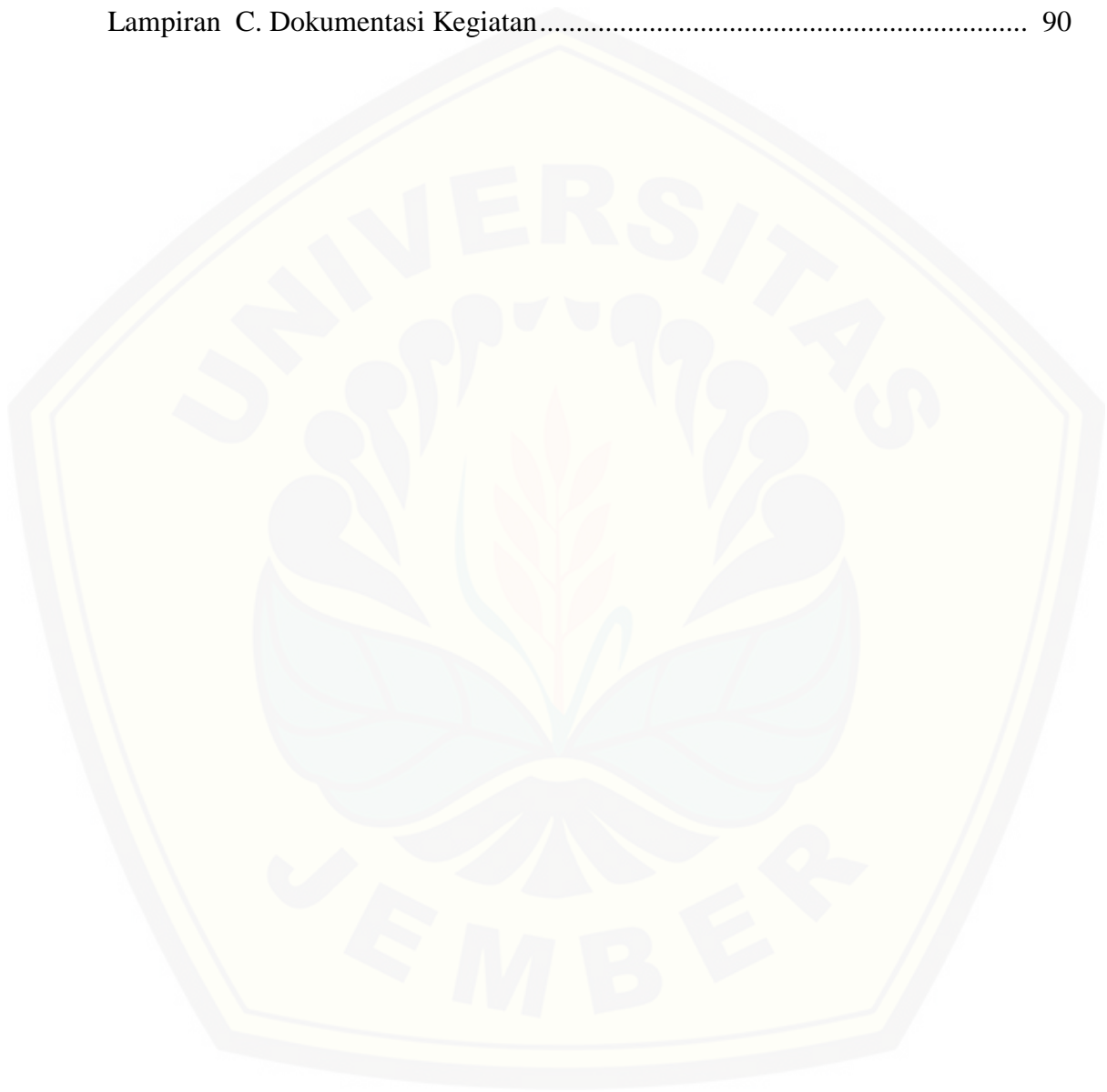
Tabel 2. 1 Baku Mutu Lindi (<i>Leachate</i>).....	8
Tabel 2. 2 Karakteristik Utama Lindi	8
Tabel 2. 3 Jenis Kogulan	21
Tabel 3. 1 Tata Letak RAL Penelitian.....	29
Tabel 3. 2 Definisi Operasional.	32
Tabel 4. 1 Perbedaan penurunan pH dengan PAC	46
Tabel 4. 2 Perbedaan penurunan pH dengan Tawas	47
Tabel 4. 4 Hasil Uji Mann-Whitney kelompok PAC	48
Tabel 4. 5 Hasil Uji Mann-Whitney Kelompok Tawas	49
Tabel 4. 6 Perbedaan penurunan TSS dengan PAC	53
Tabel 4. 7 Perbedaan penurunan TSS dengan Tawas	54
Tabel 4. 9 Hasil Uji Mann-Whitney kelompok PAC	55
Tabel 4. 10 Hasil Uji Mann-Whitney Kelompok Tawas	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Aluminium Sulfat</i> (Tawas)	17
Gambar 2. 2 Poly Aluminium Chlorida (PAC).....	19
Gambar 2. 3 Alat Jar-Test	20
Gambar 2. 4 Kerangka Teori.....	24
Gambar 2. 5 Kerangka Konseptual Penelitian	25
Gambar 3. 1 Rancangan Penelitian.....	27
Gambar 3. 2 Lokasi pengambilan sampel	30
Gambar 3. 3 Alur Penelitian.....	40
Gambar 4. 1 pH pada perlakuan PAC dan Tawas (1600 mg/l).....	43
Gambar 4. 2 pH pada perlakuan PAC dan Tawas (2600 mg/l).....	43
Gambar 4. 3 pH pada perlakuan PAC dan Tawas (3600 mg/l).....	44
Gambar 4. 4 Rata-rata Tiap Perlakuan dengan menggunakan PAC	45
Gambar 4. 5 Rata-rata tiap perlakuan dengan menggunakan Tawas	45
Gambar 4. 6 TSS pada perlakuan PAC dan Tawas (1600 mg/l).....	50
Gambar 4. 7 TSS pada perlakuan PAC dan Tawas (2600 mg/l).....	50
Gambar 4. 8 TSS pada perlakuan PAC dan Tawas (3600 mg/l).....	51
Gambar 4. 9 Rata-rata Tiap Perlakuan dengan menggunakan PAC	52
Gambar 4. 10 Rata-rata Tiap Perlakuan dengan menggunakan Tawas.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Hasil Uji Laboratorium.....	72
Lampiran B. Hasil Uji	74
Lampiran C. Dokumentasi Kegiatan.....	90



DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI

Daftar Singkatan

mg/L	= Miligram per Liter
kg	= Kilogram
NTU	= <i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
ppm	= <i>Part Per Million</i>
ml	= Millimeter
mg	= Milligram
rpm	= <i>Revolution Per Minuts</i>
cm ³	= Senti Meter Kubik
cm	= Senti Meter

Daftar Notasi

>	= Lebih dari
<	= Kurang dari
≥	= Lebih dari sama dengan
≤	= Kurang dari ama dengan
=	= Sama dengan
,	= Koma
.	= Titik
/	= Garis Miring
(= Kurung buka
)	= Kurung tutup
%	= Persen
±	= Kurang lebih

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia permasalahan sampah masih menjadi permasalahan yang serius, terutama kota dengan tingkat kepadatan penduduk yang cukup tinggi. Pertambahan penduduk yang semakin pesat dengan segala aktivitasnya berbanding lurus dengan peningkatan jumlah sampah (Himmah *et al.*, 2009). Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2016, Indonesia memproduksi sampah mencapai lebih dari 65 juta ton per hari. Sampah ini dihasilkan dari 380 kota yang ada di Indonesia (Ernawati, *et al.*, 2017:1). Setiap kota yang ada di Indonesia telah memiliki Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah. Akan tetapi, TPA yang ada di Indonesia mayoritas hanya berfokus pada pengelolaan sampah. Produksi sampah yang semakin meningkat khususnya diperkotaan, didukung dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk, berkembangnya sektor industri, dan perubahan pola konsumsi masyarakat.

Peningkatan jumlah sampah juga terjadi di TPA Kabupaten Lumajang. Berdasarkan data terakhir Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Lumajang jumlah sampah yang dihasilkan kota Lumajang pada tahun 2016 sebanyak 39.553,3 m³. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Lumajang, Lumajang memiliki luas wilayah 1.790.90 km² dengan 21 kecamatan dan total penduduk tahun 2013 berjumlah 1.086.669 jiwa. Tingkat kepadatan mencapai 607 jiwa, yaitu tiap 1 km² di huni sebanyak 607 jiwa (Anonim, 2015:8).

Kepadatan jumlah penduduk Kabupaten Lumajang berbanding lurus dengan peningkatan pola konsumsi masyarakat, dapat dilihat dari naiknya kebutuhan hidup untuk memenuhi makanan, pakaian, dan perumahan. Pola konsumsi masyarakat yang terus meningkat berdampak pada meningkatnya jumlah sampah yang dihasilkan. Hal ini ditandai dengan jumlah sampah yang masuk ke TPA terhitung tiap harinya sebanyak ± 345 m³/hari sampah yang berasal dari berbagai sumber (DLH Lumajang, 2017).

Jumlah sampah yang dihasilkan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Kabupaten Lumajang tercatat sangat besar, dibuktikan bahwa TPA mampu

menghasilnya sampah sedikitnya $\pm 186 \text{ m}^3$ dalam sehari (DLH Lumajang, 2017). Jumlah sampah yang besar tersebut menyebabkan terjadinya proses dekomposisi alamiah yang berlangsung secara besar-besaran. Pada proses dekomposisi tersebut mengubah sampah menjadi pupuk organik yang menghasilkan hasil akhir berupa *leachate* (air lindi). Air lindi (*leachate*) dari proses dekomposisi akan bercampur dengan air hujan dan menimbulkan bau yang tidak sedap.

Air lindi (*leachate*) merupakan cairan yang berbahaya karena mengandung zat kimia berbahaya seperti logam berat yang bersifat toksik. Dampak pencemaran yang disebabkan oleh air lindi terhadap lingkungan disekitar TPA antara lain dapat berpengaruh pada perubahan fisik air, suhu, rasa, bau dan kekeruhan serta membahayakan kehidupan manusia karena dapat menimbulkan terjadinya penyakit dan merusak ekosistem yang ada pada lingkungan. Apabila jumlah bahan toksik yang terkandung dalam air lindi terpapar pada tubuh dalam jumlah berlebih, maka akan menyebabkan perubahan fungsi dari bahan yang terkandung pada air lindi berubah menjadi racun bagi tubuh (Elystia, S *et al.*, 2014:53).

Masalah utama penanganan air lindi di TPA adalah masalah kuantitas dan kualitas lindi. Pada kenyatan yang terjadi dilapangan, penanganan kualitas air lindi yang ada di TPA masih terbilang sangat sederhana, dilakukan secara alami dan hanya di tampung pada bak-bak penampungan. Menurut penelitian Widyasari, N. *et al.*, (2013:1-8) menyebutkan bahwa apabila air lindi tidak segera diatasi maka *landfill* yang dipenuhi air lindi dapat mencemari lingkungan, hal ini didukung dengan kaulitas dan kuantitas air lindi dari dekomposisi sampah baru lebih banyak daripada sampah lama artinya semakin pekat dan kandungan bahan pencemar yang lebih tinggi daripada yang berasal dari sampah lama. Hal ini di tandai dengan kualitas fisik buangan outlet (saluran keluar) memiliki kadar TSS melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 163 mg/l dengan pH 7,7 (LPKL Teknik Pertanian, 2017).

TPA yang masih berusia kurang dari dua tahun (satu tahun delapan bulan) mempunyai kualitas *leachate* (air lindi) yang cenderung besar. Menurut J. Glym, H dalam Priyono Adi (2008) kandungan TSS antara 200-2000 mg/l, pH antara 4,5-7,5, BOD 2000-30.000 mg/l, dan COD antara 3000-60.000 mg/l. Menurut

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir standart baku mutu kadar TSS adalah 100 mg/l dan pH 6-9. Apabila bahan-bahan yang terkandung dalam air lindi melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, maka kemungkinan besar bisa menimbulkan terjadinya pencemaran.

Pengolahan air lindi perlu dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi jumlah pencemar yang terkandung didalamnya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan tingkat pencemaran pada air lindi yaitu dengan melakukan *koagulasi-flokulasi* (Gillespie, *et al.*, 1970:29-32). *Koagulasi* merupakan proses destabilisasi partikel koloid dengan penambahan koagulan dan pengadukan dengan kecepatan tinggi. *Flokulasi* yaitu penggabungan partikel-partikel koloid yang telah mengalami destabilisasi membentuk flok yang besar dan mudah terendap (Suharto, 2011). Jenis-jenis koagulan yang sering digunakan diantaranya adalah : alum (tawas), kapur, *Fero Sulfat* (FeSO_4), *Poli Aluminium Chlorida* (PAC), tepung biji kelor, serbuk sekam padi, dan lain-lain. Beberapa dari masyarakat dan pelaku industri masih belum menyadari hal tersebut mengingat penggunaan dan penelitiannya di Indonesia masih belum cukup berkembang. Paradigma masyarakat berfikir bahwa menggunakan bahan-bahan tersebut sangat menghabiskan waktu dan biaya, sehingga penggunaannya masih terbilang sangat rendah.

Poly Aluminium Chlorida (PAC) adalah garam khusus aluminium klorida yang memiliki rantai polimer panjang, muatan listrik yang tinggi dan memiliki berat molekul yang besar sehingga lebih cepat membentuk flok. Muatan listrik yang tinggi pada PAC mampu menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid dan dapat mengatasi serta mengurangi gaya tolak-menolak elektrostatis antar partikel sampai sekecil mungkin, sehingga memungkinkan partikel-partikel koloid tersebut saling mendekat (gaya tarik-menarik kovalen) dan membentuk gumpalan lebih besar (Raharja, dalam Setyaningsih, 2002). Gugus aktif aluminat pada PAC bekerja efektif dalam mengikat koloid diperkuat dengan rantai polimer gugus polielektrolit sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat. Di dalam air

PAC akan terdissosiasi melepaskan Al^{3+} menurunkan zeta potensial dari partikel. Sehingga gaya tolak menolak antar partikel menjadi berkurang akibatnya terjadi penggabungan partikel-partikel membentuk flok yang berukuran lebih besar (Arifin, 2008). Selain sebagai koagulan PAC juga digunakan untuk menghilangkan warna. Semakin tinggi dosis koagulan akan menghasilkan efisiensi penghilangan warna yang lebih besar dan residu koagulan semakin besar. Persenyawaan Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) atau sering disebut tawas adalah jenis koagulan yang sangat populer secara luas. Alum atau tawas sebagai bahan penjernih air mulai diproduksi oleh pabrik pada awal abad 15 dan merupakan bahan koagulan yang paling banyak digunakan karena bahan ini paling ekonomis (murah), mudah didapatkan di pasaran serta mudah penyimpanannya (Budi, 2006:56).

Penelitian yang dilakukan oleh Ignasius (2014:13) dalam penelitiannya tentang perbandingan efisiensi koagulan PAC dan Tawas dalam menurunkan turbiditas air gambut selama 16 menit dengan variasi konsentrasi koagulan 0, 80, 120, 160, dan 200 ppm, didapatkan tawas lebih efisien daripada PAC dalam menurunkan turbiditas air gambut dengan konsentrasi efektif 160 ppm pada tawas efisiensi penurunan yang didapatkan mencapai 96,17% dan PAC mencapai 95%. Suwandi, *et al.*, (2016:17) dalam penelitian lainya tentang pengolahan limbah perendaman karet rakyat dengan metode koagulasi dan flokulasi menggunakan $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ dan PAC selama 1 jam dengan dosis yang digunakan sebanyak 2 g/L, 4 g/L, dan 8 g/L, didapatkan PAC lebih baik dalam penurunan konsentrasi TSS dibanding dengan tawas dan $FeCl_3$ dengan konsentrasi efektif 4 g/L yaitu PAC efisiensi penurunan mencapai 94.9%, Tawas mencapai 92,6%, dan $FeCl_3$ mencapai 90,5%.

Dipilihnya PAC dan Tawas pada penelitian ini, dikarenakan selain harganya murah, PAC dan Tawas juga terbukti mampu menurunkan tingkat kekeruhan dan TSS pada air limbah. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya maka penulis tertarik untuk melihat perbedaan penurunan pH, dan TSS pada air lindi dengan menggunakan PAC dan Tawas di TPA Kabupaten

Lumajang dengan konsentrasi yang diberikan sebanyak 1600 mg/l, 2600 mg/l dan 3600 mg/l selama 76 menit.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Apakah terdapat perbedaan penurunan pH dan TSS menggunakan PAC dan Tawas dengan konsentrasi 1600 mg/l, 2600 mg/l dan 3600 mg/l pada air lindi di TPA Kabupaten Lumajang selama 76 menit ?”

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Menganalisis perbedaan penurunan pH dan TSS menggunakan PAC dan Tawas dengan konsentrasi 1600 mg/l, 2600 mg/l dan 3600 mg/l pada air lindi di TPA di Kabupaten Lumajang selama 76 menit.

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk:

- a. Mengukur pH dan TSS pada air lindi yang tidak diberi perlakuan sebagai kelompok kontrol 0 mg/l (K) dengan penambahan PAC dan penambahan tawas sebesar 1600 mg/l, 2600 mg/l dan 3600 mg/l sebagai kelompok perlakuan (X_1, X_2, X_3) selama 76 menit.
- b. Mengukur perbedaan penurunan pH dan TSS pada air lindi yang tidak diberi perlakuan sebagai kelompok kontrol 0 mg/l (K) dengan penambahan PAC dan penambahan tawas sebesar 1600 mg/l, 2600 mg/l dan 3600 mg/l sebagai kelompok perlakuan (X_1, X_2, X_3) selama 76 menit.
- c. Membandingkan penurunan pH dan TSS dengan penambahan PAC dan penambahan tawas terhadap air lindi pada kelompok kontrol (K), X_1 , X_2 , dan X_3 selama 76 menit.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Secara Teoritis

Dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan pengetahuan bagi mahasiswa fakultas kesehatan masyarakat khususnya peminatan kesehatan lingkungan.

1.4.2 Secara Praktis

a. Bagi peneliti

Sebagai sarana menambah pengetahuan dan pemahaman peneliti tentang efektivitas PAC dan tawas dalam penurunan pH dan TSS pada air lindi.

b. Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat

Menambah daftar kepustakaan khususnya mengenai penggunaan PAC dan tawas dalam menurunkan pH dan TSS.

c. Bagi pengelola TPA

Dapat menjadi alternatif sederhana untuk menurunkan pH dan TSS pada air lindi menggunakan PAC dan tawas.

d. Bagi Peneliti Lain

Sebagai referensi dan data bagi penelitian selanjutnya dalam menurunkan pH dan TSS pada air lindi menggunakan PAC dan tawas.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Lindi

Air lindi dapat didefinisikan sebagai cairan yang timbul dari dekomposisi biologis sampah yang telah membusuk yang mengalami pelarutan, masuknya air eksternal ke dalam timbunan sampah. Air lindi disebabkan oleh terjadinya perpeptisasi cairan ke TPA, baik dari resapan air hujan maupun kandungan air pada sampah itu sendiri. Lindi bersifat toksik karena adanya zat pengotor dalam timbunan yang mungkin berasal dari buangan limbah industri, debu, lumpur hasil pengolahan limbah, limbah rumah tangga yang berbahaya, atau dekomposisi yang normal terjadi pada sampah. Apabila tidak segera diatasi, *landfill* yang dipenuhi air lindi dapat mencemari lingkungan, terutama air tanah dan permukaan (Tchobanoglous, 1993).

Air lindi pada umumnya mengandung senyawa-senyawa organik dan anorganik. Konsentrasi dari komponen-komponen tersebut dalam air lindi lebih tinggi daripada konsentrasi dalam air tanah. Selayaknya benda cair, air lindi ini akan mengalir ke tempat yang lebih rendah dan dapat merembes ke dalam tanah serta bercampur dengan air sungai. Sehingga dapat dibayangkan potensi air lindi yang mengandung senyawa-senyawa organik (hidrokarbon) dan anorganik (logam berat) dengan konsentrasi sekitar lebih tinggi daripada dalam air tanah, masuk dan mencemari air tanah atau sungai. Secara langsung, air tanah atau sungai tersebut akan tercemar. Berikut adalah baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Tahun 2016 :

Tabel 2. 1 Baku Mutu Lindi (*Leachate*)

Parameter	Kadar Paling Tinggi	
	Nilai	Satuan
pH	6-9	-
BOD	150	mg/L
COD	300	mg/L
TSS	100	mg/L
N Total	60	mg/L
Merkuri	0,005	mg/L
Kadmium	0,1	mg/L

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1.2016

2.1.1 Karakteristik Lindi

Dalam merencanakan bangunan pengolahan lindi, dilakukan pendekatan terhadap karakteristik lindi. Secara teoritikal berdasarkan hasil penelitian DR. Enri Damanhuri *et al.*,(2009), lindi mempunyai karakter yang khas, yaitu :

- a. Lindi dari TPST (Tempat Pembuangan Sampah Terpadu) yang muda (umur < 2 tahun) bersifat asam, berkandungan organik tinggi, mempunyai ion-ion terlarut yang tinggi serta rasio BOD atau COD relatif tinggi.
- b. Lindi dari TPST yang sudah tua (umur > 10 tahun) sudah mendekati netral, mempunyai kandungan karbon organik dan mineral menurun serta rasio BOD dan COD relatif menurun.

Secara teori, beberapa karakteristik utama lindi diuraikan pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Karakteristik Utama Lindi

No	Parameter	Landfill	
		Umur < 2 tahun	Umur >10 tahun
1	BOD ₅ (ppm)	2.000-30.000	100-200
2	COD (ppm)	3.000-45.000	100-500
3	Total Suspended Solid (TSS) (ppm)	200-2.000	100-400
4	Organik Nitrogen (ppm)	10-600	80-120
5	Ammonia Nitrogen (ppm)	10-800	20-40
6	Total Kesadahan (ppm CaCO ₃)	300-10.000	200-500
7	Magnesium (ppm)	50-150	50-200
8	Potasium (ppm)	200-2.000	50-500
9	Chlorida (ppm)	100-3.000	100-4.000
10	Sulfat (ppm)	100-1.500	200-550
11	Total Besi (ppm)	50-600	20-200
12	pH	4,5-7,5	6,6-7,5

No	Parameter	Landfill	
		Umur < 2 tahun	Umur >10 tahun
13	Nitrit (ppm)	5-40	5-10
14	Total Phosporus (ppm)	1-70	5-10
15	Magnesium (ppm)	50-150	50-200

Sumber : E.D Me Bean, FA Rovers, GJ. Farqusher,(1995), Solid Waste Landfill Engineering and Design

2.2 Parameter Kualitas Air Lindi

Sebagian besar sampah mengalami proses dekomposisi yang menghasilkan air lindi (*leachate*), dimana ketika bercampur dengan air hujan air lindi akan menimbulkan bau yang tidak sedap serta mengandung banyak bahan toksik didalamnya. Sehingga, sebelum dibuang ke lingkungan maka perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Berikut parameter air lindi menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Tahun 2016 :

2.2.1 Total Suspended Solid (TSS)

Padatan tersuspensi total (TSS) adalah jumlah berat dalam mg/liter kering yang ada dalam limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron. Penentuan zat padat tersuspensi (TSS) berguna untuk mengetahui kekuatan pencemaran air limbah domestic (Ginting, 2007). Zat yang tergolong dalam zat tersuspensi adalah bakteri, alga, lumpur, pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Partikel yang terdapat pada TSS menyebabkan air menjadi keruh, gas terlarut, dan mikroorganisme penyebab bau dan rasa. Sedangkan yang termasuk dalam karakteristik kimia air (Aziz *et, al.* 2013:56). Bila terlalu banyak zat tersuspensi tertahan dalam filter, maka jumlah air terperangkap dalam zat tersuspensi akan bertambah. Sehingga, akan membutuhkan waktu lama dalam proses pengeringan (Alaerts dan Santika, 1984:141).

2.2.2 pH

pH merupakan istilah untuk menyatakan keadaan asam atau basa pada suatu larutan. Air murni mempunyai pH dibawah 7, pH dibawah 7 bersifat asam sedangkan pH diatas 7 bersifat basa (Kusnaedi, 2002:32). Derajat keasaman (pH) menggambarkan konsentrasi ion hidrogen yang terkandung dalam perairan. pH air akan sangat berpengaruh pada reaksi biokimia dalam air. Nilai pH air yang ideal bagi pertumbuhan mikroorganisme dalam air adalah pH 6-8 (Effendi, 2003:77).

pH- meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur derajat tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan yang lazimnya disebut dengan pH suatu larutan. pH adalah suatu satuan ukur yang menguraikan derajat tingkat kadar keasaman atau kadar alkali dari suatu larutan. Unit pH diukur pada skala 0 sampai 14. Istilah pH berasal dari “p”, lambang matematika dari negatif logaritma, dan “H”, lambang kimia untuk unsur Hidrogen. Definisi yang formal tentang pH adalah *negatif logaritma dari aktivitas ion Hydrogen*.

Pada prinsipnya pengukuran suatu pH adalah didasarkan pada potensial elektrokimia yang terjadi antara larutan yang terdapat di dalam elektroda gelas yang telah diketahui dengan larutan yang terdapat di luar elektroda gelas yang tidak diketahui. Hal ini dikarenakan lapisan tipis dari gelembung kaca akan berinteraksi dengan ion hydrogen yang ukurannya relatif kecil dan aktif. Elektroda gelas tersebut akan mengukur potensial elektrokimia dari ion hydrogen atau diistilahkan dengan *potential of hydrogen*. Untuk melengkapi sirkuit elektrik dibutuhkan suatu elektroda pembanding. Sebagai catatan, alat tersebut tidak mengukur arus tetapi hanya mengukur tegangan.

Skema elektroda pH-meter akan mengukur arus tetapi hanya mengukur potensial listrik antara Merkuri Klorida (HgCl) pada elektroda pembanding dan potassium *chloride* (KCl) yang merupakan larutan didalam gelas elektroda serta potensial antara larutan dan elektroda perak. Tetapi potensial antara sampel yang tidak diketahui dengan elektroda gelas dapat berubah tergantung sampelnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan kalibrasi dengan menggunakan larutan yang equivalent yang lainnya untuk menetapkan nilai pH. Koagulan memiliki rentang pH optimum

yang artinya rentang pH pada saat koagulan dapat bekerja paling efektif. Jika pH optimum tidak tercapai, maka dapat berakibat tidak terbentuknya flok.

2.3 Limbah Cair TPA

Tempat pembuangan akhir sampah termasuk jenis tempat yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan, akibat buangan yang dihasilkan seperti buangan cair (air limbah), padat, gas, suara dan panas. Dari kelima jenis limbah tersebut, limbah cair dari hasil kegiatan dekomposisi sampah (air lindi) merupakan jenis limbah paling perlu mendapat perhatian, karena volumenya yang sangat besar dan kuantitas polutannya yang beragam.

Limbah cair didefinisikan sebagai buangan cair yang berasal dari suatu lingkungan masyarakat dan lingkungan industri dimana komponen utamanya adalah air yang telah digunakan dan mengandung benda padat yang terdiri dari zat-zat organik dan anorganik (Mahida, 1984). Menurut Tchobanoglous dan Burton (1991) berdasarkan asalnya limbah cair dapat dibedakan menjadi empat macam yaitu, air limbah rumah tangga (*domestic waste*), air limbah industri, rembesan air tanah lewat saluran dan luapan air hujan.

Untuk mengetahui lebih luas tentang limbah cair, maka perlu diketahui juga mengenai kandungan yang ada di dalam limbah cair dan sifat-sifatnya. Limbah cair mempunyai sifat yang dapat dibedakan menjadi tiga bagian besar yaitu: sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologis (Sugiharto, 1987:19-35). Beberapa sifat limbah cair diantaranya adalah :

a. Sifat fisik

Sifat fisik digunakan dalam penentuan derajat kekotoran air limbah. Adapun sifat fisik yang penting adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta bau, warna dan juga temperatur. Untuk dapat melakukan pemeriksaan secara fisik dapat dilakukan dengan mengadakan pemisahan air limbah dengan memperhatikan besar kecilnya partikel yang terkandung didalamnya. Air limbah yang mengandung partikel dengan ukuran besar memudahkan proses pengendapan, begitu juga sebaliknya apabila air limbah berisikan partikel yang lebih kecil akan menyulitkan dalam proses pengendapan

sehingga perlu cara pengendapan dengan teknologi yang canggih (Sugiharto, 1987:21)

b. Sifat kimia

Sifat kimia limbah cair ditentukan oleh kandungan bahan kimia yang ada di dalam limbah cair. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap. Selain itu, akan lebih berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan beracun (Sugiharto, 1987:23).

c. Sifat biologis

Sifat biologis limbah cair diperlukan untuk mengukur kualitas air. Selain itu, diperlukan juga untuk menaksir tingkat kekotoran limbah cair sebelum dibuang ke badan air. Pemeriksaan biologis di dalam limbah cair untuk memisahkan apakah ada bakteri-bakteri patogen berada di limbah cair (Sugiharto, 1987:35)

2.4 Pengolahan Limbah Cair Lindi (*Leachate*)

Pada dasarnya tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk melindungi lingkungan hidup terhadap pencemaran yang diakibatkan melalui pengurangan beban bahan organik (BOD), partikel tercampur, serta membunuh organisme patogen. Selain itu, diperlukan juga tambahan pengolahan untuk menghilangkan bahan nutrisi komponen beracun, serta bahan yang tidak dapat didegradasi agar konsentrasi yang ada menjadi rendah (Sugiharto, 1987:95).

Menurut Budiman, *et al.*, (2008:25-26) secara umum ada tiga metode yang sering digunakan dalam pengolahan air limbah yaitu :

a. Pengolahan secara fisis

Pengolahan secara fisis adalah pengolahan limbah cair dimana cara utama yang dilakukan adalah dengan menggunakan teknik filtrasi dan sedimentasi. Filtrasi adalah suatu langkah pemurnian untuk memisahkan padatan dari cairannya dengan menggunakan suatu media filter. Sedimentasi adalah langkah pemurnian untuk memisahkan padatan dari cairannya dengan menggunakan gaya gravitasi.

b. Pengolahan secara kimia

Pengolahan dengan metode kimiawi biasanya diartikan sebagai suatu proses pengolahan limbah cair dengan untuk menghilangkan kontaminan-kontaminan yang terkandung di dalamnya, dengan cara penambahan bahan kimia atau dengan melakukan proses kimia yang menyebabkan pengendapan partikel dan partikel koloidal dalam larutannya yang akhirnya dapat mereduksi kebutuhan oksigen dalam limbah. Jumlah partikel yang dapat diendapkan pada limbah sangat tergantung pada bahan dan jenis bahan kimia yang ditambahkan, pH larutan dan jenis komponen yang terdapat dalam limbah tersebut. Pengendapan kimia ini merupakan salah satu proses penanganan limbah intermediet yaitu yang dilakukan antara penanganan primer dan penanganan sekunder. Pengendapan kimia lebih banyak digunakan untuk penanganan limbah yang berasal dari industri dibandingkan dengan limbah yang berasal dari rumah tangga. Koagulan yang sering digunakan untuk mengendapkan limbah adalah Alumunium Sulfat ($\text{alum}/\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), Poly Alumunium Chlorida ($\text{Al}_3(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$), feri sulfat ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), Feri klorida (FeCl_3) dan kapur (Rahayu *et al.*, 1990:165-166). Jumlah bahan kimia yang tepat untuk suatu jenis limbah dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu pH, alkalinitas, kadar padatan, konsentrasi fosfat dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi kebutuhan akan koagulan. Penggunaan bahan kimia untuk pengendapan sangat bervariasi tergantung jenis limbah.

c. Pengolahan secara biologi

Pengolahan limbah cair secara biologi merupakan proses biokimia yang dapat berlangsung dalam dua lingkungan, yaitu lingkungan aerobik dan lingkungan anaerobik. Lingkungan aerobik adalah lingkungan dimana oksigen terlarut didalam air terdapat dalam jumlah yang cukup banyak, sehingga oksigen bukan merupakan suatu faaktor pembatas. Berbagai proses biologik dapat berlangsung dengan atau tanpa adanya oksigen terlarut, yaitu aerobik atau anaerobik.

1) Proses biologik aerobik

Istilah aerobik yang digunakan dalam proses penanganan biologik berarti proses dimana terdapat oksigen terlarut. Oksidasi bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai aseptor electron akhir adalah proses utama yang

menghasilkan energi kimia untuk mikroorganisme dalam proses ini. Mikroba yang menggunakan oksigen sebagai aseptor electron akhir adalah mikroorganisme aerobik.

2) Proses anaerobik

Proses anaerobik mempertemukan mikroba anaerob dengan bahan organik di dalam suatu lingkungan tanpa oksigen. Anaerob memperoleh energinya dari oksidasi bahan organik kompleks tanpa menggunakan oksigen terlarut tetapi menggunakan senyawa lain sebagai pengoksidasi diantaranya karbondioksida, senyawa organik yang teroksidasi sebagian, sulfat, dan nitrat (Rahayu *et al.*,1990:36-39).

Beberapa tahapan pengolahan air limbah diantaranya adalah :

(a) Pengolahan tahap awal (*Preliminary Treatment*)

Pengolahan tahap awal didefinisikan sebagai suatu proses yang dilakukan untuk menghilangkan kontaminan-kontaminan yang terdapat dalam air yang dapat menyebabkan timbulnya masalah pada proses pengolahan selanjutnya.

(b) Pengolahan tingkat pertama (*Primary Treatment*)

Pengolahan tingkat pertama adalah proses yang dilakukan untuk menghilangkan atau memisahkan padatan yang dapat diendapkan dan bahan-bahan lainnya. Pada pengolahan air limbah pada tahap ini, metode yang sering digunakan adalah metode pengolahan secara fisik. Pada umumnya air limbah yang melewati tingkat pertama akan dilanjutkan pada pengolahan air limbah tahap kedua. Beberapa cara atau tahapan pengolahan air limbah pada pengolahan tingkat pertama adalah : penyimpanan, penyaringan, *pre-conditioning*, dan *pre-chlorination*.

(c) Pengolahan tingkat kedua (*Secondary Treatment*)

Pada tahapan ini biasanya air limbah akan diolah untuk menghilangkan atau memisahkan bahan-bahan organik dan bahan-bahan bukan organik yang biodegradable serta menghilangkan mikroorganisme. Pada tahap ini metode pengolahan yang digunakan adalah metode pengolahan secara kimiawi ataupun secara biologis atau penggabungan keduanya. Beberapa cara atau tahap

pengolahan air limbah tingkat kedua meliputi : pengontrolan pH, koagulasi dan flokulasi, sedimentasi dan filtrasi,

(d) Pengolahan tingkat lebih lanjut (*advanced/tertiary treatment*)

Pengolahan air limbah pada tahap ini merupakan pengolahan setelah tahap kedua untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang spesifik seperti : nutrient, racun, logam-logam berat, dan bahan lain yang tidak dapat dihilangkan pada tahap pengolahan air limbah sebelumnya. Pengolahan air limbah tingkat lanjut ini bertujuan untuk menghilangkan atau membunuh mikroorganisme patogen seperti : virus, bakteri, termasuk *Eschericia coli*, *Campylobacter* dan *Shigella*, dan protozoa, meliputi *G. lamblia* dan *Cryptosporidia*, dan logam-logam berat yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia yang masih terdapat dalam air. Untuk menghilangkan mikroorganisme yang patogen cara yang sering dilakukan adalah dengan penambahan senyawa disinfektan, prosesnya dikenal dengan *disinfection*. *Disinfection* adalah langkah terakhir dalam pengolahan air limbah. Untuk menghilangkan kandungan logam berat yang berbahaya seperti arsenic (As), kadmium (Cd), krom (Cr), timbal (Pb), tembaga (Cu), Zink (Zn), biasanya dilakukan dengan cara kimiawi yaitu dengan menambahkan senyawa kimiawi yang dapat mengikat logam berat tersebut dan dapat mengendapkannya.

2.5 Koagulan

Koagulan adalah zat yang digunakan untuk pembentukan flok pada proses pencampuran (*koagulasi-flokulasi*), merupakan zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Koloid pada umumnya bermuatan negatif sehingga tidak mungkin akan mengendap dengan sendirinya karena besarnya gaya tolak-menolak antar partikel koloid. Keadaan ini disebut stabil, sehingga perlu penambahan koagulan agar mampu menetahkan muatan negatif koloid (destabilisasi). Koagulan yang ditambahkan pada partikel koloid mampu menetralkan muatan negatif dari partikel koloid. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel. Dalam proses koagulasi, koagulan atau flokulan pembantu dapat ditambahkan ke

dalam air yang dikoagulasi dengan tujuan untuk memperbaiki pembentukan flok (Pulungan, 2012:2-3). Secara umum koagulan berfungsi untuk :

- a. Mengurangi kekeruhan akibat adanya partikel koloid anorganik maupun organik
- b. Mengurangi warna yang diakibatkan oleh partikel koloid di dalam air
- c. Mengurangi rasa dan bau yang diakibatkan oleh partikel koloid di dalam air

Ada dua jenis bahan kimia yang umum dipakai, yaitu :

- a. Koagulan garam logam, antara lain :
 - 1) Alumunium sulfat ($\text{Al}_3(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$)
 - 2) Feri Chloride FeCl_3
 - 3) Fero chloride FeCl_2
 - 4) Feri sulphate $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
- b. Koagulan polimer kationik, antara lain :
 - 1) Poly Alumunium Chloride sering disingkat PAC ($\text{Al}_{10}(\text{OH})_{15}\text{Cl}_{15}$)
 - 2) Chitosan
 - 3) Curie flock

Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibubuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak.

Koagulan dapat berupa garam-garam logam (anorganik) atau polimer (organik). Polimer adalah senyawa-senyawa organik sintesis yang disusun dari rantai panjang molekul-molekul yang lebih kecil. Koagulan polimer ada yang kationik (bermuatan positif), anionik (bermuatan negatif), atau nionik (bermuatan netral). Sedangkan koagulan anorganik mencakup bahan-bahan kimia umum berbasis aluminium atau besi. Ketika ditambahkan ke dalam contoh air, koagulan

anorganik akan mengurangi alkalinitas sehingga pH air akan turun. Koagulan organik pada umumnya tidak mempengaruhi alkalinitas dan pH air. Koagulan anorganik akan meningkatkan konsentrasi padatan terlarut pada air yang diolah (Gebbie, 2005).

2.5.1 Koagulan *Aluminium Sulfat* (Tawas)

Alum merupakan salah satu koagulan yang paling lama dikenal dan paling luas digunakan. Alum dapat dibeli dalam bentuk likuid dengan konsentrasi 8,3% atau dalam bentuk kering (bisa berupa balok, granula, atau bubuk) dengan konsentrasi 17%. Alum padat akan langsung larut dalam air tetapi larutannya bersifat korosif terhadap aluminium, besi, dan beton sehingga tangki-tangki dari bahan-bahan tersebut membutuhkan lapisan pelindung. Rumus kimia alum adalah $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ tetapi alum yang disuplai akan secara komersial kemungkinan hanya memiliki $14\text{H}_2\text{O}$.



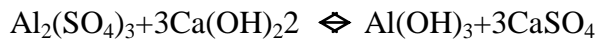
Sumber: Adiwater.com 2010

Gambar 2. 1 *Aluminium Sulfat* (Tawas)

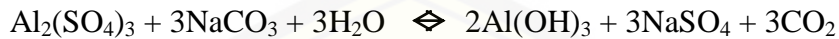
Ketika ditambahkan ke dalam air, alum bereaksi dengan air dan menghasilkan ion-ion bermuatan positif. Ion-ion dapat bermuatan +4 tetapi secara tipikal bermuatan +2 (bivalen). Ion-ion bivalen 30-60 kali lebih efektif dalam menetralkan muatan-muatan partikel dibanding ion-ion yang bermuatan +1 (monovalen). Pembentukan flok aluminium hidroksida merupakan hasil dari reaksi antara koagulan yang bersifat asam dan alkalinitas alami air (biasanya mengandung kalsium bikarbonat).



Jika air kurang memiliki kapasitas alkalinitas (*buffering capacity*), basa tambahan seperti *hydrated lime*, *sodium hidroksida* (soda kaustik) atau sodium karbonat harus ditambahkan.



Dengan penambahan sodium karbonat :



1 mg/L alum bereaksi dengan 5,3 mg/L alkalinitas (CaCO_3). Jadi jika tidak ada basa yang ditambahkan, alkalinitas akan turun dan terjadi penurunan pH. Flok alumunium hidroksida tidak dapat larut pada rentang pH yang sempit, dan akan bervariasi tergantung air yang diolah. Oleh karenanya, kontrol pH menjadi penting dalam koagulasi, tidak hanya untuk menyisihkan kekeruhan dan warna, tetapi juga untuk menjaga residu terlarut tetap berada dalam jumlah minimum untuk membantu sedimentasi. Nilai pH optimum koagulasi sebaiknya dijaga dengan menambah asam seperti asam sulfat, tidak dengan menambah koagulan yang berlebih. pH optimum untuk koagulasi menggunakan alum, sangat tergantung pada karakteristik air yang diolah, biasanya berada dalam rentang 5-8.

2.5.2 Koagulan *Poly Alumunium Chloride* (PAC)

PAC adalah garam dasar khusus alumunium klorida yang dirancang untuk memberikan daya koagulasi dan flokulasi yang lebih kuat dan lebih baik daripada alumunium biasa dan garam besi seperti alumunium sulfat atau ferri klorida. Kegunaan dari PAC adalah sebagai koagulan atau flokulan untuk menguraikan larutan yang keruh dan menggumpalkan partikel, sehingga memungkinkan untuk memisah dari medium larutannya. PAC mempunyai rumus umum kimia : $\text{Al}_2(\text{OH})_{6-n} \text{Cl}_n \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ($n=1-5$). Pembuatan PAC dapat dilakukan dengan mereaksikan alumunium dengan asam klorida 5-15% (alumunium eksek terhadap hydrogen klorida), pada suhu 67-97°C atau dengan mereaksikan alumunium hidroksida dengan asam klorida dengan reaksi sebagai berikut :





Sumber: Adiwater.com 2010

Gambar 2. 2 *Poly Aluminium Chlorida* (PAC)

PAC memiliki rantai polimer yang panjang, muatan listrik positif yang tinggi dan memiliki berat molekul yang besar, PAC memiliki koefisien yang tinggi sehingga dapat memperkecil flok dalam air yang dijernihkan meski dalam dosis yang berlebihan. Muatan listrik yang tinggi pada PAC mempermudah untuk membentuk flok daripada koagulan biasa, sehingga PAC dapat dengan mudah menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid dan dapat mengatasi serta mengurangi gaya tolak-menolak elektrostatis antar partikel sampai sekecil mungkin, sehingga memungkinkan partikel-partikel koloid tersebut saling mendekat (gaya tarik menarik kovalen) dan membentuk gumpalan besar.

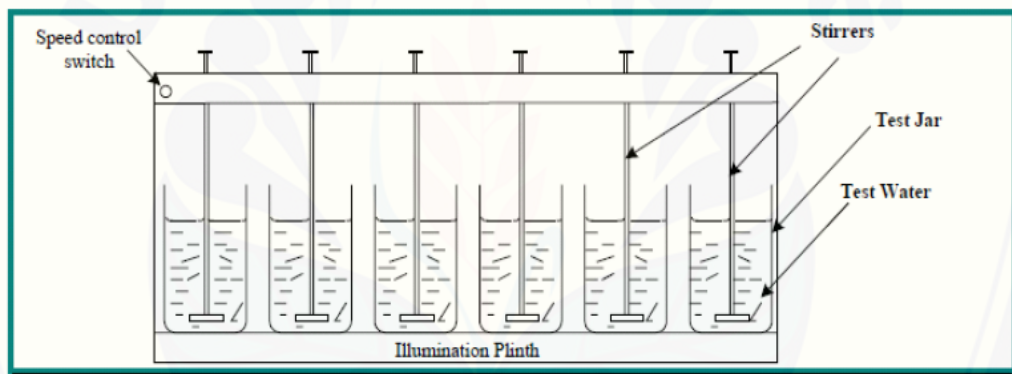
Menurut Azamia (2012:11), PAC merupakan bentuk polimerisasi kondensasi dari garam aluminium, berbentuk serbuk berwarna kekuningan yang merupakan koagulan yang baik. Koagulan jenis ini merupakan koagulan yang memiliki kemampuan koagulan yang lebih baik dari aluminium sulfat dan dapat menghasilkan flok yang stabil. Derajat polimerisasi PAC yang tinggi merupakan suatu bentuk polimer anorganik dengan bobot molekul yang besar, sangat baik digunakan untuk air yang mempunyai alkalinitas rendah yang membutuhkan penghilangan warna dan waktu reaksi cepat.

PAC digunakan karena koagulan ini mempunyai kemampuan koagulasi yang kuat, cocok digunakan untuk pengolahan limbah yang keruh, rentang pH lebar (6-9), biayanya murah, dan mudah pengoperasiannya (Raharjo, 1993). Sedangkan sisi negatif penggunaan PAC adalah penyimpanan PAC cair memerlukan kondisi temperatur maksimal 40°C. PAC tidak keruh bila

pemakainya berlebih, sedangkan koagulan utama (seperti alumunium sulfat, besi klorida, dan ferro sulfat) bila dosis berlebihan bagi air akan keruh, akibat dari flok yang berlebihan.

2.6 Koagulasi

Penentuan jenis koagulan dan perkiraan kasar dosis yang dibutuhkan untuk pengendapan padatan air limbah lindi yang efektif dilakukan dengan melakukan percobaan awal dengan Jar-Test. Hasil percobaan perlu untuk diintrepetasikan dengan hati-hati dan setelahnya perlu dilakukan optimisasi kondisi proses pada jenis koagulan yang dipilih ebeum digunakan untuk modifikasi dan pengontrolan instalasi pengolahan. Hasil percobaan awal belum dapat digunakan untuk memprediksi biaya operasi tambahan pada *circular clarifier*.



Sumber : EPA, 2002

Gambar 2. 3 Alat Jar-Test

Alat yang digunakan untuk Jar-Test dapat dilihat pada Gambar 2.1. Pada percobaan pendahuluan, pH contoh air tidak dikondisikan agar didapatkan gambaran hasil yang dapat diperoleh dengan penambahana zat kimia seminimal mungkin. Pengujian dilakukan dengan dosis koagulan yang divariasikan pada kondisi pH contoh air limbah apa adanya. Dosis terbaik ditentukan berdasarkan penyisihan parameter kekeruhan. Rentang dosis beberapa koagulan yang biasa digunakan dapat dilihat Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Jenis Kogulan

Proses Kimia	Bentuk	pH Optimum	Reaksi dengan air
Sodium Aluminat NaAlO_2 atau $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	Bubuk	9,0-11,0	Basa
Alumunium Sulfat (Tawas) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	Bongkah, bubuk	4,5-7,0	Asam
Ferri Chlorida $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Bongkah, cairan	4,0-7,0	Asam
Ferro Sulfat $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	4,0-7,0	Asam
Poly Alumunium Chlorida (PAC) $\text{Al}_{13}(\text{OH})_{22}(\text{SO}_4)\text{Cl}_{15}$	Bubuk	4,5-7,0	Asam

Sumber : Mulyadi, 2007

Jika hendak dilakukan optimisasi kondisi proses setelah percobaan awal, kondisi pH optimum dapat dicari dengan mewariskan pH contoh air. Jumlah asam atau basa, yang sebelumnya ditentukan dengan titrasi, ditambahkan kedalam contoh air yang belum diolah pada rentang antara 5,5-8,5, kemudian dilakukan pengujian koagulasi. Plot antara warna dan kekeruhan akhir terhadap pH digunakan untuk menentukan pH koagulasi optimum.

2.6.1 Proses Koagulasi-Flokulasi

Proses koagulasi dan flokulasi diperlukan untuk memisahkan padatan terlarut atau suspended solid karena secara alami laju pengendapan suspended solid sangat lambat. Koagulasi merupakan proses desatbilisasi koloid dengan menetralkan muatan dari koloid. Umumnya berupa penambahan bahan kimia bersamaan dengan energi mixing tinggi dan flok yang dihasilkan halus. Waktu yang terjadi dalam proses koagulasi sangat cepat umumnya dalam hitungan detik. Proses koagulasi perlu dilakukan apabila kekeruhan air melebihi 30-50 NTU (Pulungan, 2012). Pada prinsipnya ada 2 aspek yang penting di dalam koagulasi-flokulasi, yaitu :

- a. Pembubuhan bahan kimia koagulan
- b. Pengadukan bahan kimia tersebut dengan air baku

Proses koagulasi-flokulasi umumnya dilakukan dengan penambahan bahan kimia seperti tawas, *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan koagulan lainnya menggunakan uji jar test. Dalam pengujian jar test dilakukan dua (2) pengadukan dan pengendapan (sedimentasi). Pengadukan yang pertama yaitu pengadukan cepat menggunakan kecepatan 400 rpm dengan waktu 1 menit. Kedua, pengadukan lambat (proses flokulasi) menggunakan kecepatan 150 rpm dengan waktu 15 menit. Dan proses pengendapan (sedimentasi) dengan kecepatan 0 rpm dan waktu 60 menit (Ignasius, 2014:15). Setelah proses koagulasi-flokulasi dilakukan beberapa pengukuran parameter kualitas air limbah antara lain :

a. Pengukuran pH

pH diukur menggunakan pH meter. pH untuk koagulan PAC adalah 6-9. Pengukuran pH dilakukan sebelum dan setelah proses koagulasi-flokulasi (Ramadhani et al., 2013).

b. Pengukuran TSS (Total Suspended Solid)

Pengukuran TSS dilakukan dengan metode gravimetric untuk mengetahui total padatan tersuspensi dalam 1000 ml air lindi. Untuk memperoleh estimasi TSS, dihitung perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total.

$$\text{TSS(mg/l)} = \frac{(a - b) \times 100}{c} \dots\dots\dots(3.1)$$

keterangan :

a = berat kertas saring + residu kering (mg)

b = berat kertas saring (mg)

c = volume sample (ml) (Alaerts dan Santika, 1984:143)

Proses koagulasi dan flokulasi yang optimum banyak dipengaruhi beberapa faktor, adapun faktor yang mempengaruhi adalah sebagai berikut :

a. Kualitas Air

Kebutuhan koagulan tergantung pada kekeruhan. Kekeruhan yang tinggi dapat menyebabkan proses koagulasi menjadi lebih efektif, tetapi penambahan koagulan tidak selalu berkorelasi linier terhadap kekeruhan.

b. Kuantitas dan Karakteristik Air

Ukuran partikel yang tidak seragam jauh lebih mudah untuk koagulasi. Hal ini karena pusat aktif lebih mudah terbentuk pada partikel kecil, sedangkan partikel yang besar mempercepat terjadinya pengendapan. Kombinasi dari keduanya ini menyebabkan semakin mudahnya proses koagulasi.

c. Pengaruh pH

Pemilihan pH yang tepat mengakibatkan dosis koagulan yang digunakan untuk memperoleh limbah yang optimum adalah kecil. Hal ini disebabkan oleh sifat kimia koagulan yang sangat terganggu pada pH. Adanya batasan nilai pH yang terjadi karena pengaruh jenis koagulan yang dipakai dan reaksi koagulan dalam air dalam menentukan konsentrasi koagulan yang digunakan. Kesalahan pengoperasian dalam menentukan range pH akan mengakibatkan pemborosan bahan kimia dan mengakibatkan kualitas yang rendah dalam pengolahan air limbah.

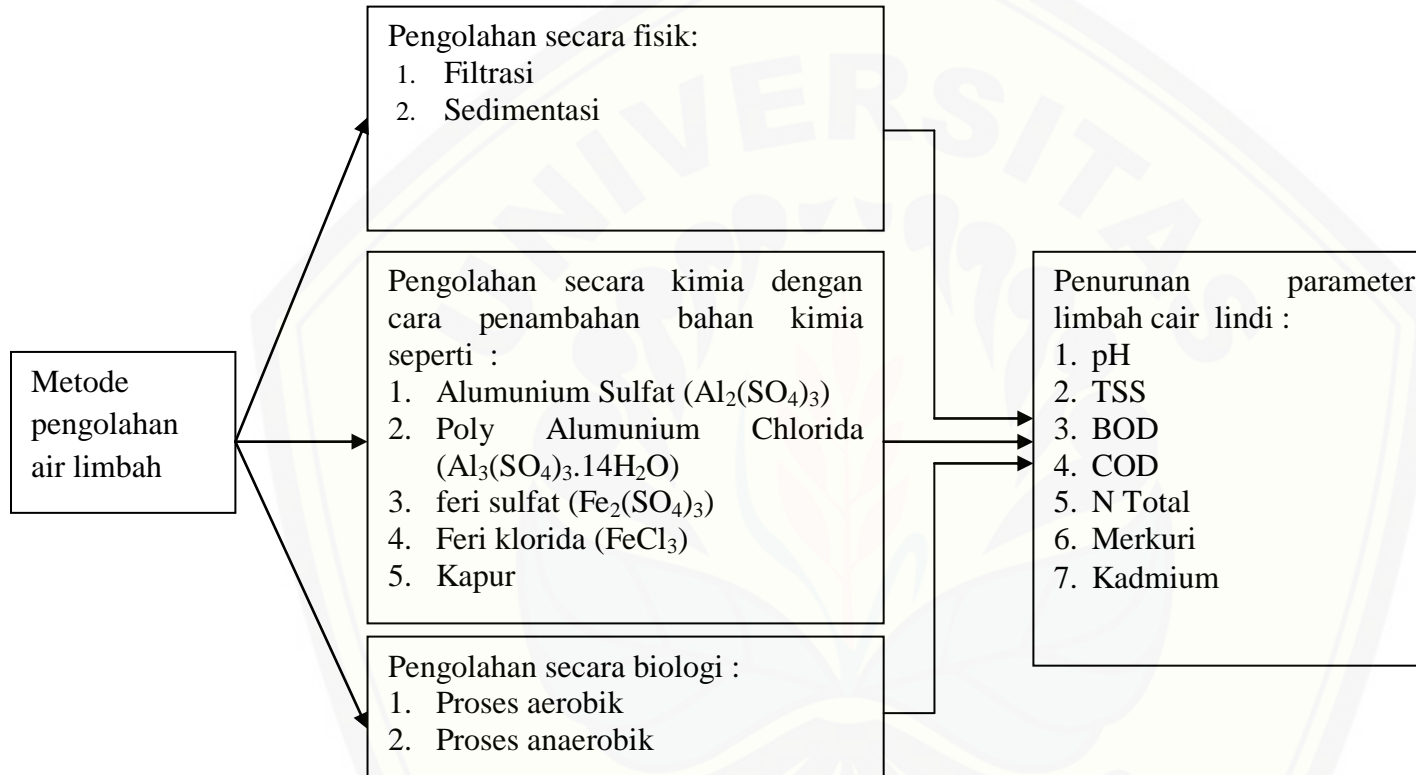
d. Temperatur

Temperatur yang rendah memberikan efek yang merugikan terhadap efisiensi semua proses pengolahan. Semakin rendah temperatur membutuhkan waktu semakin lama karena mempengaruhi pembentukan flok-flok supaya cepat mengendap di bak pengendap.

e. Kecepatan Putaran dan Waktu

Kecepatan putaran sangat berhubungan dengan proses pencampuran koagulan ke dalam air, proses destabilisasi partikel dan perpindahan serta penggabungan presipitat yang terbentuk menjadi flok-flok. Waktu pengadukan juga sangat berpengaruh karena berhubungan dengan waktu yang dibutuhkan presipitat saling berhubungan satu sama lain sehingga cukup untuk membentuk flok dengan kualitas terbaik.

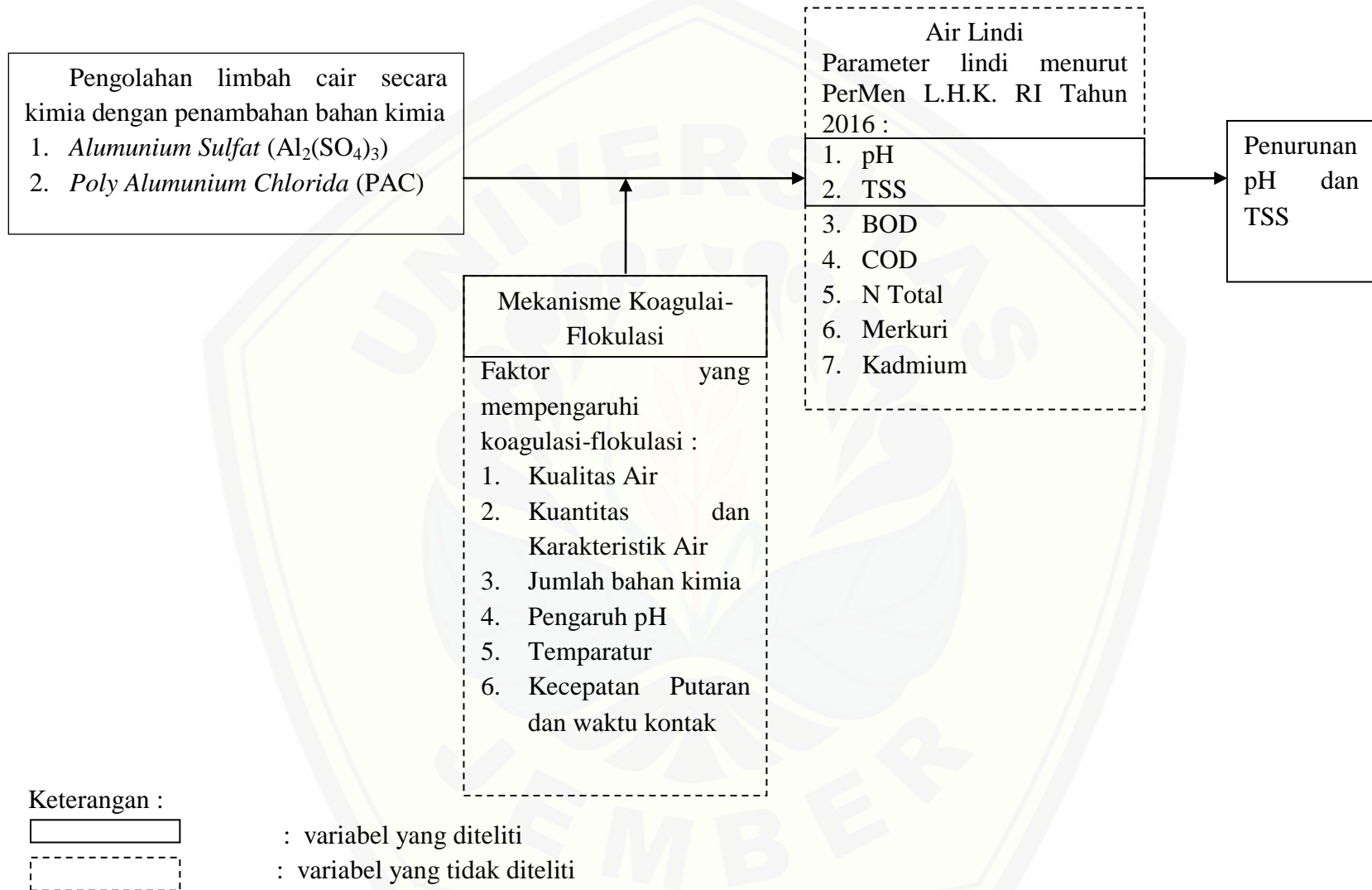
2.7 Kerangka Teori



Gambar 2. 4 Kerangka Teori

Sumber : Kerangka Teori modifikasi dari PerMen L.H.K Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1 (2016), Budiman, *et al.*,(2008), Rahayu *et al.*, (1990)

2.8 Kerangka Konseptual



Gambar 2. 5 Kerangka Konseptual Penelitian

Setiap kegiatan dalam prosesnya pasti akan menghasilkan limbah. Limbah tersebut mengandung berbagai bahan kontaminan. Salah satu kandungan dalam limbah air lindi yaitu pH dan TSS. Penanganan pH dan TSS dalam air lindi salah satunya adalah dengan mekanisme koagulasi-flokulasi yang berfungsi untuk menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid air limbah untuk membentuk gumpalan berupa flok pada air lindi sehingga dapat menyebabkan terjadinya penurunan pH dan TSS.

2.9 Hipotesis Penelitian

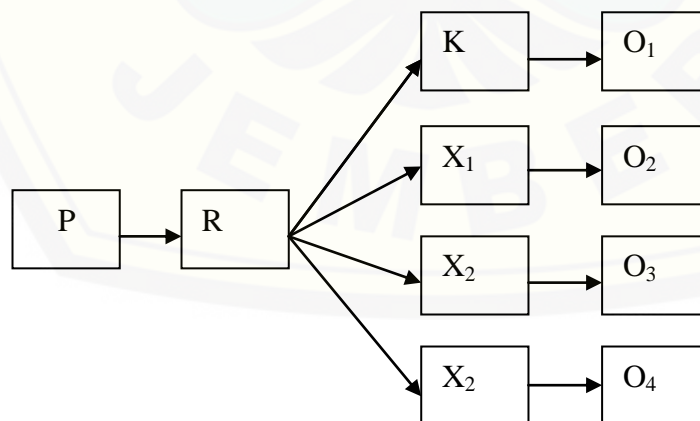
Terdapat perbedaan pH dan TSS pada kelompok yang tidak diberi PAC, dengan kelompok yang diberi PAC 1600 mg/l, 2600 mg/l, dan 3600 mg/l (K, X₁, X₂, dan X₃) dan kelompok yang tidak diberi tawas dengan kelompok yang diberi tawas 1600 mg/l, 2600 mg/l, dan 3600 mg/l (K, X₁, X₂, dan X₃)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental. Penelitian eksperimen atau percobaan (*eksperimental research*), yaitu suatu penelitian dengan melakukan kegiatan percobaan (*eksperiment*), yang bertujuan untuk mengetahui gejala atau pengaruh yang timbul, sebagai akibat dari adanya perlakuan tertentu atau eksperimen tersebut. Ciri khusus dari penelitian eksperimen adalah adanya percobaan atau *trial* atau *intervensi*. Percobaan ini berupa perlakuan atau intervensi terhadap suatu variabel yang diharapkan terjadi perubahan atau pengaruh terhadap variabel yang lain (Notoatmodjo, 2010:50)

Desain penelitian ini adalah *True Eksperimental Design* dengan *Posttest-Only Control Group Design* yaitu eksperimen yang tidak melakukan pretest melainkan hanya posttest saja. Pengukuran pengaruh perlakuan (intervensi) dilakukan dengan cara membandingkan kelompok yang diberi perlakuan dan tidak diberi perlakuan (Notoatmodjo, 2012:60). Pada desain ini terdapat empat kelompok yang masing-masing dipilih secara random (R), yaitu kelompok yang diberi perlakuan penambahan koagulan PAC dan alum 1600 mg/l(X_1), 2600 mg/l (X_2), 3600 mg/l(X_3) dan kelompok yang tidak diberi perlakuan disebut kelompok kontrol (K) selama 76 menit (Ignasius, (2014) dan Sofiah, D. (2015).



Gambar 3. 1 Rancangan Penelitian

Keterangan :

P : Sampel air lindi

R : Random

K : Perlakuan tanpa penambahan PAC dan tawas

X₁ : Perlakuan dengan penambahan 1600 mg/l PAC dan tawas

X₂ : Perlakuan dengan penambahan 2600 mg/l PAC dan tawas

X₃ : Perlakuan dengan pemberian 3600 mg/l PAC dan tawas

O : Observasi

3.2 Unit Eksperimen dan Replikasi

3.2.1 Unit Eksperimen

Unit Eksperimen dalam penelitian ini adalah air lindi di TPA Kali Pancing, Desa Lempeni, Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang.

3.2.2 Replikasi

Jumlah pengulangan/replikasi yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dihitung menggunakan rumus :

$$(t-1) (n-1) \geq 15$$

$$(t-1) (n-1) \geq 15$$

$$(4-1) (n-1) \geq 15$$

$$3n-3 \geq 15$$

$$3n \geq 18$$

$$n \geq 18/3$$

$$n \geq 6$$

Keterangan :

t : perlakuan/treatment, yaitu 4

n : pengulangan / replikasi

15 : faktor nilai derajat kesehatan

Diketahui nilai n adalah 6, artinya setiap perlakuan dilakukan pengulangan/ replikasi sebanyak enam kali. Jumlah pengulangan/replikasi ditetapkan dengan rumus:

$$\text{Total replikasi} = n \times t$$

$$= 6 \times 4$$

$$= 24$$

Jumlah pengulangan/replikasi dari empat perlakuan adalah 24 pengulangan/replikasi untuk satu kali treatment. Jadi, jumlah sampel untuk dua macam treatment yaitu PAC 24 sampel, Tawas 24 sampel, dan total sebanyak 48 sampel. Selanjutnya dibuat tabel dengan rumus $r \times t$ untuk menentukan RAL, sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Tata Letak RAL Penelitian

Kontrol	Perlakuan 1 (X ₁) (1600 mg/l)	Perlakuan 2(X ₂) (2600 mg/l)	Perlakuan 3(X ₃) (3600 mg/l)
K ₀₁	X ₁₁	X ₂₁	X ₃₁
K ₀₂	X ₁₂	X ₂₂	X ₃₂
K ₀₃	X ₁₃	X ₂₃	X ₃₃
K ₀₄	X ₁₄	X ₂₄	X ₃₄
K ₀₅	X ₁₅	X ₂₅	X ₃₅
K ₀₆	X ₁₆	X ₂₆	X ₃₆

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

3.3.1 Tempat penelitian

Pengambilan sampel air lindi dilakukan di TPA Kalipancing, Kabupaten Lumajang, untuk pengontakan sekaligus pengukuran pH dan kadar TSS dengan PAC dan Tawas dilakukan di Laboratorium Pengendalian dan Konservasi Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian

3.2.3 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November hingga selesai.

3.4 Objek dan Teknik Pengambilan Objek Penelitian

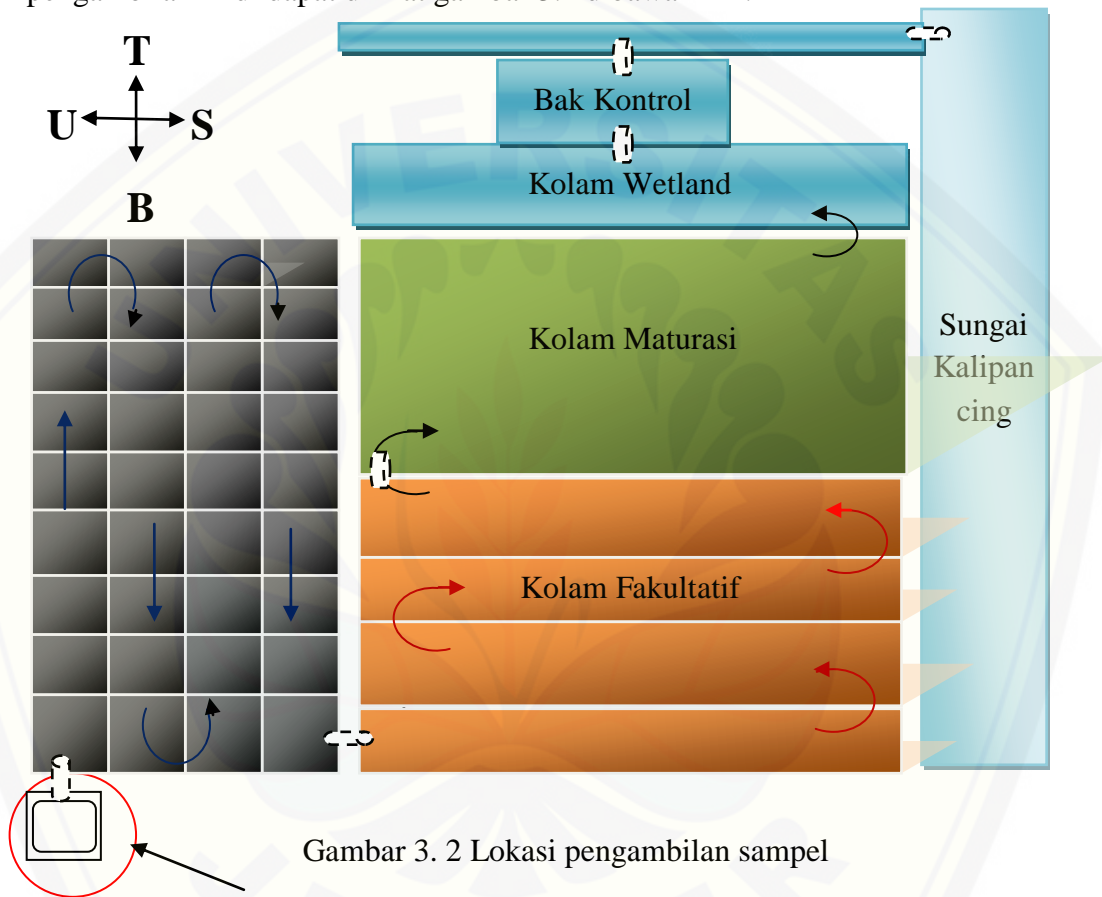
3.4.1 Objek Penelitian

Objek yang diambil dalam penelitian adalah air lindi dengan parameter yang diteliti berupa pH dan TSS. Air lindi dicampur dengan PAC dan Tawas sebagai koagulan. Terdapat dua perlakuan, setiap perlakuan terdapat 24 sampel dengan jumlah air lindi untuk masing-masing sampel sebanyak 1 liter.







Variasi kadar serbuk PAC dan Tawas yang digunakan dalam penelitian yakni 1600 mg/l, 2600 mg/l, dan 3600 mg/l (Suwandi, *et al.*, 2016:17). Setiap variasi konsentrasi PAC dan tawas mengalami proses koagulasi-flokulasi sekaligus pengendapan selama 76 menit.

3.4.2 Teknik Pengambilan Objek

Pengambilan objek dilakukan secara random pada tempat penampungan lindi pada bak inlet yang memiliki panjang 120 cm, lebar 120 cm dan tinggi air lindi dari dasar bak penampung 70 cm. Sehingga didapatkan volume air lindi sebanyak $\pm 1.008.000 \text{ cm}^3$ atau 1.008 liter dalam sehari. Adapun denah lokasi pengambilan lindi dapat dilihat gambar 3.2 dibawah ini :



Gambar 3. 2 Lokasi pengambilan sampel

- Keterangan :
-  = bak penampung inlet (lokasi pengambilan sampel)
 -  = aliran air lindi tahap pertama pada kolam anaerobik
 -  = aliran air lindi tahap kedua pada kolam fakultatif
 -  = aliran air lindi tahap ketiga pada kolam maturasi
 -  = aliran air lindi tahap ke empat kolam wetland dan bak kontrol
 -  = sungai tempat pembuangan akhir air lindi

3.5 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

3.5.1 Variabel Penelitian

Variabel adalah ukuran atas ciri yang dimiliki oleh anggota-anggota suatu kelompok yang berbeda dengan yang dimiliki oleh kelompok yang lain (Notoadmodjo, 2010:103). Variabel yang digunakan peneliti ini antara lain :

a. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel lain, artinya apabila variabel bebas berubah maka akan mengakibatkan perubahan variabel lain (Sugiyono, 2015:39). Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah beberapa serial kadar PAC dan Tawas dengan variasi takaran 1600 mg/l, 2600 mg/l, 3600 mg/l dengan waktu kontak selama 76 menit (terhitung mulai penambahan koagulan dengan waktu 0 menit, diikuti pengadukan cepat 400 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat 150 rpm selama 15 menit) (Ignasius, 2014:15). Selanjutnya proses pengendapan selama 60 menit (Sofiah, D., 2015).

b. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel lain, artinya variabel terikat berubah akibat karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2015:39). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah penurunan tingkat pH dan kadar TSS.

3.5.2 Definisi Operasional

Definisi Operasional adalah suatu definisi yang diberikan kepada variabel atau konstruk dengan cara memberikan arti atau menspesifikasikan kegiatan, ataupun memberikan suatu operasional yang diperlukan untuk mengukur konstruk atau variabel tersebut (Nasir, 2005:126). Definisi operasional dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 3. 2 Definisi Operasional.

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Pengukuran	Hasil Pengukuran (Satuan)	Skala Data
1.	PAC (<i>Poly Alumunium Chloride</i>)	Serbuk PAC dengan rumus kimia $Al_mCl_{(3m-n)}(OH)_n$ dengan rentang pH 6-9. Kadar yang digunakan dalam penelitian sebesar 1600 mg/l, 2600 mg/l, dan 3600 mg/l yang ditimbang menggunakan timbangan analitik.	Uji Laboratorium	mg/liter	Rasio
2.	Tawas (<i>Alumunium Sulfat</i>)	Serbuk Tawas dengan rumus kimia $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, dan memiliki rentang pH 5-8. Kadar yang digunakan dalam penelitian sebesar 1600 mg/l, 2600 mg/l, dan 3600 mg/l yang ditimbang menggunakan timbangan analitik.	Uji Laboratorium	mg/liter	Rasio
4.	pH	Ukuran kualitas dari air maupun dari air limbah yang digunakan untuk menguraikan derajat tingkat keasaman dan basa suatu larutan	Uji Laboratorium	-	Rasio
5.	<i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	Jumlah berat dalam mg/liter kering yang ada dalam limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron.	Uji Laboratorium	mg/liter	Rasio

3.6 Alat dan Bahan Penelitian

3.6.1 Alat Penelitian

- a. Alat pembuatan larutan koagulan PAC dan Tawas
 - 1) Erlenmeyer 1000 ml
 - 2) Batang pengaduk
- b. Alat dalam Proses Perlakuan PAC dan Tawas pada Air Lindi
 - 1) Jurigen kapasitas 30 liter sebanyak 2 buah

- 2) Bak penampung
 - 3) *Jartes Health H-FL-6 Flocculator*
 - 4) *Beaker Glass Pyrex 1000 ml*
 - 5) *Beaker Glass Pyrex 500 ml*
 - 6) Desikator
 - 7) Pipet Tetes
 - 8) Corong
 - 9) Neraca Analitik OHAUS
 - 10) Stopwatch
- c. Alat pengujian tingkat pH, dan kadar TSS
- 1) Alat pengujian pH
 - a) pH meter merk HANNA
 - 2) Alat pengujian TSS
 - a) Oven merk Memmet
 - b) Kertas saring 0,45 μ
 - c) Timbangan analitik
 - d) Desikator
 - e) Pengaduk magnetic
 - f) Pipet volum
 - g) Gelas ukur
 - h) Cawan alumunium
 - i) Erlenmeyer
 - j) Labu takar

3.6.2 Bahan Yang Digunakan dalam Penelitian

- a. Bahan koagulan
 - 1) Serbuk PAC
 - 2) Serbuk Tawas
- b. Bahan untuk perlakuan PAC dan Tawas
 - 1) Serbuk PAC 1600 mg/l, 2600 mg/l, 3600 mg/l
 - 2) Serbuk Tawas 1600 mg/l, 2600 mg/l, 3600 mg/l

3) Bahan baku air lindi 48 liter

3.7 Prosedur Kerja Penelitian

3.7.1 Proses Persiapan Koagulan

- a. Persiapkan bahan serbuk PAC dan serbuk Tawas
- b. Lakukan penimbangan serbuk PAC dan serbuk Tawas sebanyak 1600 mg/l, 2600 mg/l, dan 3600 mg/l untuk masing-masing perlakuan dengan menggunakan timbangan analitik.

3.7.2 Prosedur Perlakuan Panambahan serbuk PAC dan serbuk Tawas pada Air Lindi

- a. Mengambil air baku lindi pada inlet sebanyak 48 liter menggunakan 3 buah jerigen.
- b. Dimasukan kedalam bak penampung untuk dihomogenkan.
- c. Kemudian dimasukan kedalam beaker gelas 1000 ml
- d. Diambil serbuk PAC dan serbuk Tawas dengan konsentrasi 1600 mg/l, 2600 mg/l dan 3600 mg/l.
- e. Menghidupkan alat *jar-test*
- f. Diatur waktu dan kekuatan mixer alat *jar-test* yaitu : tahap koagulasi dengan pengadukan cepat 400 rpm selama 1 menit setelah penambahan koagulan untuk homogenisasi larutan.
- g. Mengurangi kecepatan pengadukan mennjadi 150 rpm untuk menjaga partikel-partikel flok yang terbentuk agar tidak hancur selama 15 menit (pengadukan lambat).
- h. Setelah pengadukan lambat, pengaduk dikeluarkan, kemudian waktu dan pengendapan partikel-partikel flok diamati (Ignasius, 2014:15).
- i. Setelah 60 menit pengendapan, kemudian dilakukan proses pengukuran pH, dan kadar TSS.

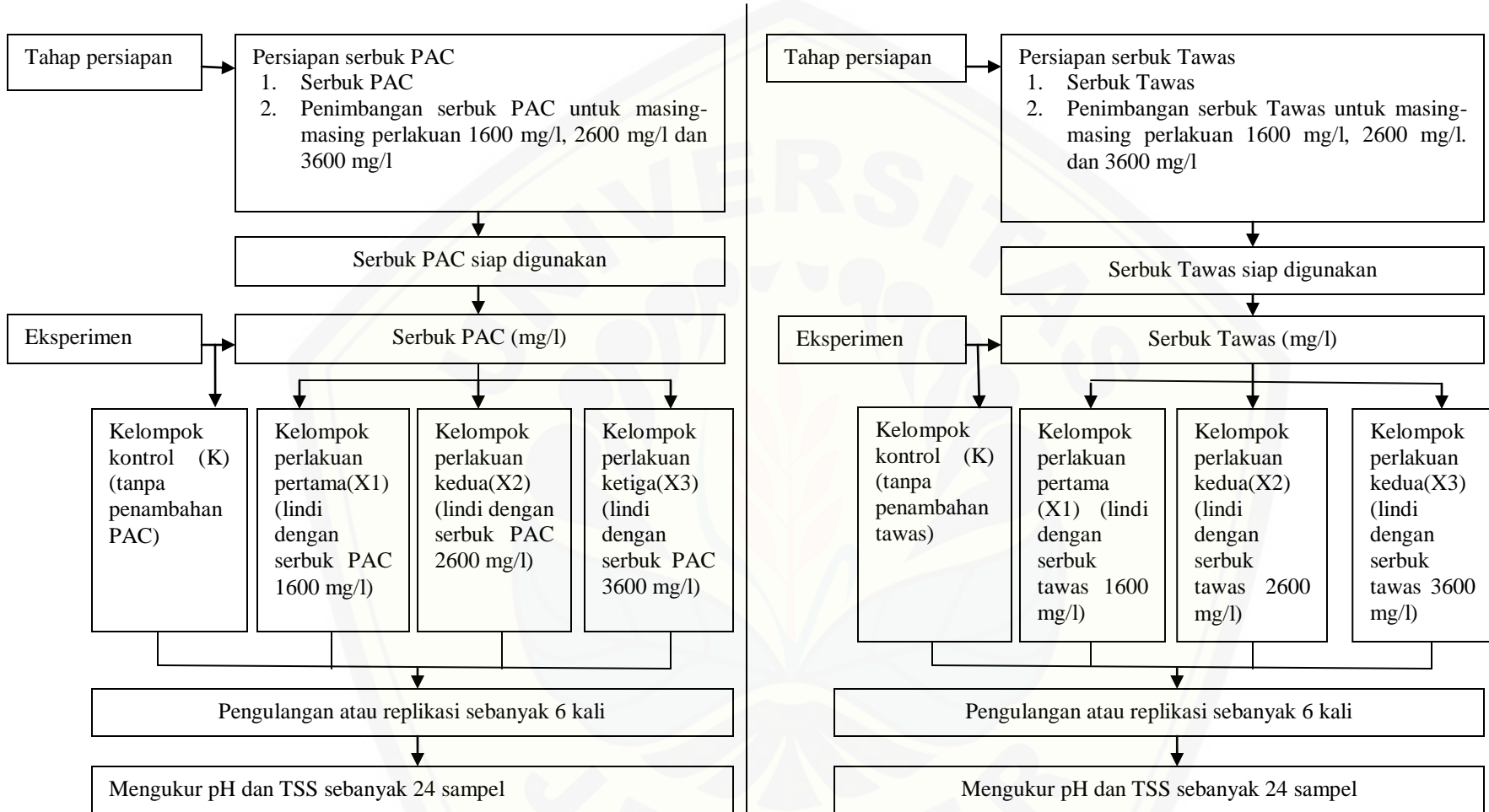
3.7.3 Prosedur Pengukuran TSS

- a. Basahi saringan dengan sedikit air suling, lalu lakukan penyaringan menggunakan vakum.
- b. Siapkan sampel uji yang sudah dihomogenkan menggunakan Jar Test
- c. Cuci kertas saring dengan 3x10 ml air suling, biarkan hingga kering, kemudian lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan yang sempurna.
- d. Selanjutnya ambil kertas saring dari peralatan penyaring secara perlahan dan pindahkan ke tempat wadah timbang alumunium sebagai penyangga.
- e. Keringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu 103°C, kemudian dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu lalu timbang.
- f. Lakukan pengulangan pada proses pengeringan, pendinginan dalam desikator dan juga lakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

3.7.4 Prosedur Pengukuran pH

- a. Siapkan sampel yang sudah dihomogenkan menggunakan Jar Test pada masing-masing wadah.
- b. Lakukan pengukuran pH menggunakan pH meter merk HANNA sesuai SOP.
- c. Dicatat nilai pH dari masing-masing sampel.

3.8 Kerangka Prosedur Penelitian



Gambar 3.3 Kerangka Prosedur Penelitian

3.9 Data dan Sumber Data

3.9.1 Data Primer

Data primer adalah data yang didapat dari sumber pertama yaitu individu atau perorangan yang diperoleh melalui wawancara wawancara pengisian kuisioner oleh responden (Nazir, 2011:153). Data primer dalam penelitian ini didapatkan dari uji laboratorium terkait tingkat pH, dan kadar TSS pada air lindi yang belum mendapat perlakuan pemberian serbuk PAC dan serbuk Tawas, dan yang mendapat perlakuan dengan kadar 1600 mg/l, 2600 mg/l dan 3600 mg/l.

3.9.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dengan cara membaca, mempelajari dan memahami melalui media lain yang bersumber dari literatur, buku-buku, serta dokumen perusahaan (Sugiyono, 2011:137). Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari jurnal penelitian yang berkaitan dengan tingkat pH, dan kadar TSS pada air lindi pada TPA Kabupaten Lumajang.

3.10 Teknik dan Instrumen Pengumpul Data

3.10.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpul data pada penelitian ini dengan cara pengukuran. Pengukuran merupakan prosedur penetapan angka untuk mewakili kuantitas ciri yang dimiliki oleh subjek dalam suatu populasi atau sampel (Alfianika, 2016:88). Pengukuran dilakukan untuk mengetahui tingkat pH, dan kadar TSS pada lindi yang dikontakan dengan serbuk PAC dan serbuk Tawas.

3.10.2 Instrument Pengumpul Data

Instrument pengumpul data adalah alat-alat yang digunakan untuk pengumpul data (Notoadmodjo, 2012:152). Dalam penelitian ini menggunakan instrument berupa lembar pengujian atau pengukuran, dari lembar pengukuran tersebut didapatkan informasi koagulan yang paling efektif antara PAC dan Tawas dalam menurunkan tingkat pH, dan kadar TSS pada air lindi.

3.11 Teknik Penyajian dan Analisis Data

Menurut Notoatmodjo (2010:188) penyajian data merupakan kegiatan yang dilakukan dalam pembuatan laporan hasil penelitian agar laporan dapat dipahami dan dianalisis sesuai dengan tujuan yang diinginkan kemudian ditarik kesimpulan sehingga menggambarkan hasil penelitian. Data yang diperoleh berdasarkan penelitian diatas pada tahap selanjutnya dilakukan analisis data. Analisis data menggunakan analisis deskriptif dan dalam bentuk grafik ataupun tabel. Uji statistik dilakukan untuk mengetahui perbedaan penambahan serbuk PAC dan serbuk Tawas terhadap penurunan pH, dan kadar TSS pada lindi. Uji statistic yang digunakan yaitu *One Way Anova* dengan taraf kesalahan (α) 0,05 untuk melihat perbedaan masing-masing varibel bebas terhadap variabel terikat.

Adapun langkah-langkah dalam prosedur uji *one way anova* adalah :

a. Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas menggunakan Kolmogorov Smirnov. Hipotesis yang digunakan dalam uji normalitas adalah :

Jika signifikansi $< 0,05$, maka distribusi tidak normal

Jika signifikansi $> 0,05$ maka berdistribusi normal.

b. Tes Homogenitas Varians

Asumsi dasar dari *one way anova* adalah seluruh kelompok penelitian harus memiliki varian yang sama. Apabila kelompok penelitian memiliki varian yang tidak sama maka menggunakan uji *kruskal-wallis*. Hipotesis yang digunakan dalam uji homogenitas varian, yaitu :

Jika signifikansi $< 0,05$, maka data berasal dari populasi yang memiliki varian yang tidak sama.

Jika signifikansi $> 0,05$, maka data berasal dari populasi yang memiliki varian yang sama.

c. Uji *Kruskal-Wallis*

Penggunaan uji ini dilakukan ketika syarat uji *one way-anova* tidak terpenuhi. Uji ini berguna untuk mengetahui perbedaan lebih dari dua

kelompok sampel dalam penelitian. Hipotesis yang digunakan dalam uji *kruskal-wallis* yaitu :

H₀ : keempat rata-rata populasi adalah identik

H₁ : keempat rata-rata populasi adalah tidak identik

Dasar dari pengambilan keputusan adalah :

Jika probabilitas $< 0,05$, maka H₀ ditolak

Jika probabilitas $> 0,05$, maka H₀ diterima

d. *Post Hoc Test*

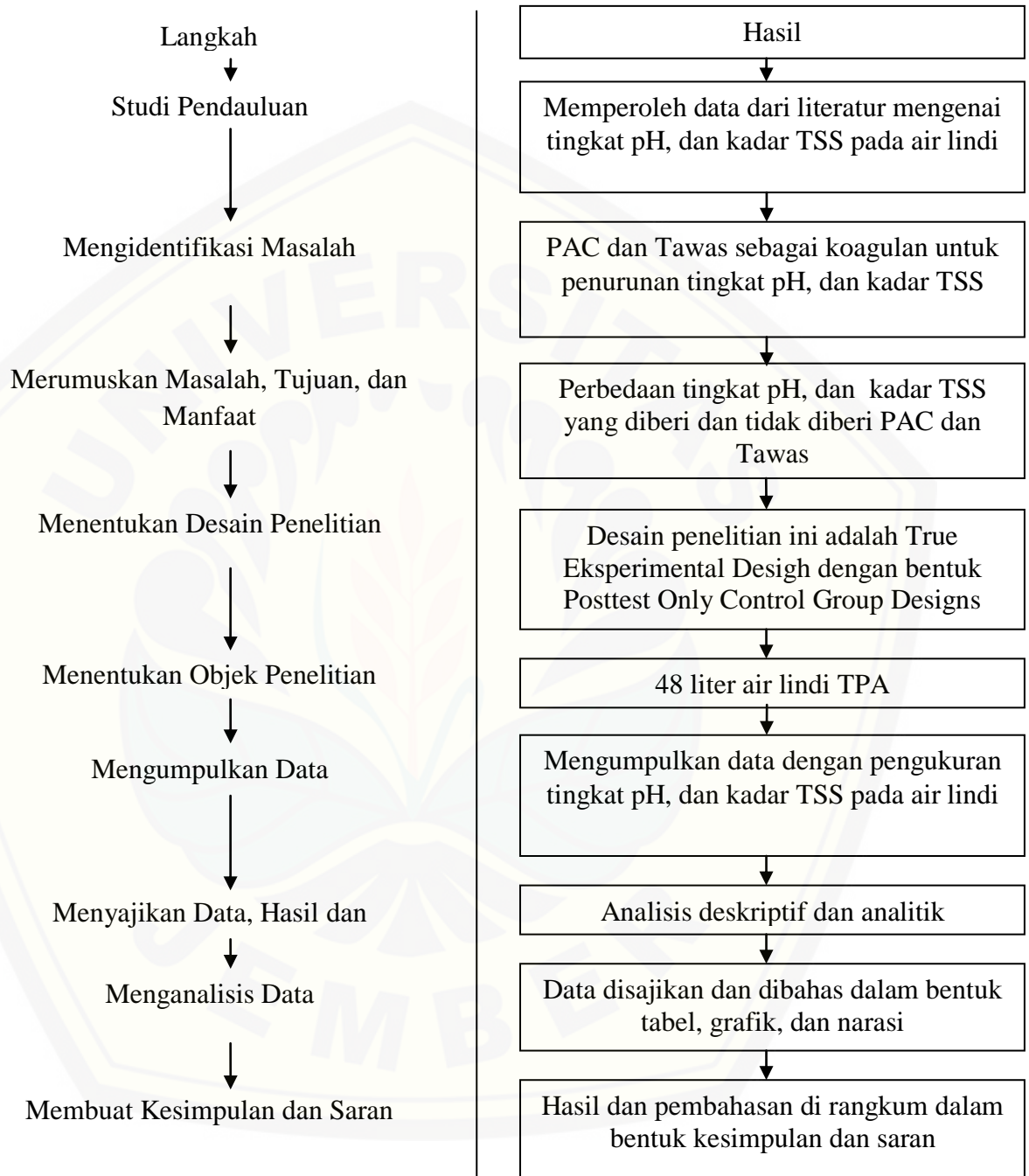
Uji ini digunakan untuk mengetahui lebih lanjut kelompok mana saja yang memiliki perbedaan. Hal itu dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Mann-Whitney*.

Dasar dari pengambilan keputusan adalah :

Jika probabilitas $< 0,05$, maka H₀ ditolak

Jika probabilitas $> 0,05$, maka H₀ diterima

3.12 Kerangka Alur Penelitian

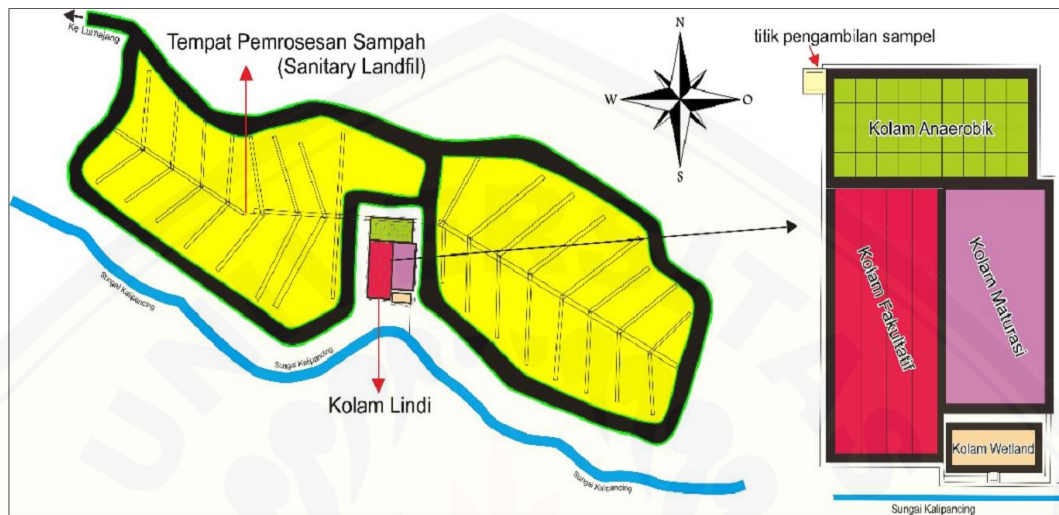


Gambar 3. 3 Alur Penelitian

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Gambaran Umum TPA



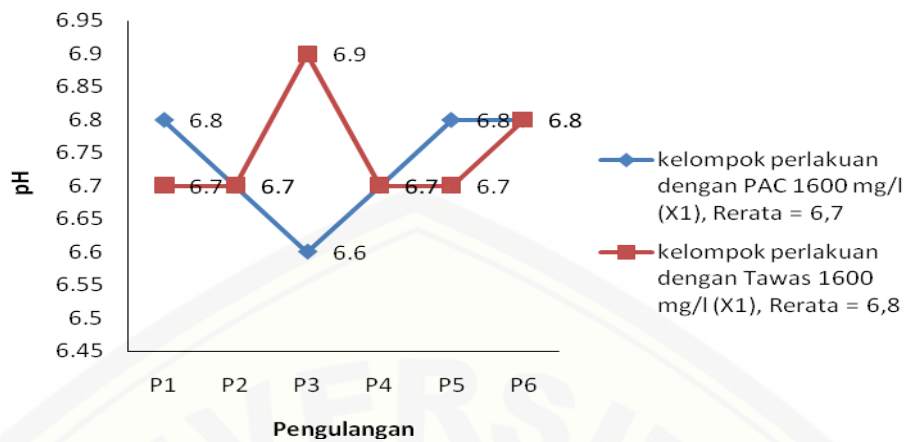
Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Kalipancing merupakan salah satu TPA yang berlokasi di dusun Kalipancing, Desa Lempeni, Kecamatan Tempeh, Kabupaten Lumajang. Sistem pengelolaan sampah menerapkan sistem pengelolaan sampah secara *sanitary landfill*. Sistem pengelolaan sampah secara *sanitary landfill* adalah sistem pembuangan akhir sampah dengan cara menghampar sampah pada kavling yang telah disediakan setebal 60-100 cm yang dipadatkan dan kemudian ditutup setiap hari dengan tanah setebal ± 40 cm. Jumlah sampah yang dihasilkan kabupaten Lumajang pada tahun 2016 sebanyak 39.553,3 m³, dan tahun 2017 tercatat terhitung tiap harinya sebanyak $\pm 158,06$ m³/hari. Sampah yang ada di TPA Kabupaten Lumajang berasal dari berbagai sumber dengan prosentase diantaranya : pasar 14,08%, pertokoan/perdagangan 1,60%, hotel/restoran 0,50%, rumah sakit 1,20%, jalan 8,00%, industri 1,30%, dan lahan terbuka 0,60%. Komposisi dan karakteristik sampah yang dihasilkan diantaranya : organik 58,40%, kertas 6,47%, karet 1,09%, B3 6,55%, dan lain-lain 8,40% (DLH Lumajang, 2017).

Sampah-sampah yang tertimbun pada TPA menimbulkan terjadinya proses dekomposisi alamiah yang mengubah sampah menjadi pupuk organik dengan

hasil akhir berupa air lindi (*leachate*). Penanganan air lindi di TPA ditampung pada kolam-kolam penampungan yang terdiri dari kolam aerobik, kolam fakultatif, kolam maturasi, kolam kontrol, dan kolam wetland. Saluran buangan (outlet) mengalir ke sungai yang terletak tepat di samping TPA, sehingga kemungkinan untuk terjadi pencemaran tidak dapat dihindari apabila tidak dilakukan penanganan terhadap parameter yang terkandung dalam air lindi. Beberapa cara yang bisa dilakukan untuk mengolah cairan air lindi adalah filtrasi, adsorbs, teknologi membran, penukar ion, koagulasi-flokulasi-sedimentasi, oksidasi-reduksi, dan pengolahan biologis. Penelitian yang dilakukan Lindu, M., *et al.*, (2015:34-40) menyatakan bahwa PAC dan tawas mampu menurunkan kandungan organik, warna, partikel tersuspensi, Chemical Oxygen Demand (COD) pada air lindi. Mekanisme koagulasi-flokulasi menggunakan PAC dan tawas pada air limbah di Indonesia cukup populer karena PAC dan tawas mudah diperoleh di pasaran. Standart Baku Mutu Air Limbah (BMAL) lindi berdasar Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 yaitu pH 6-9 dan TSS 100 mg/l.

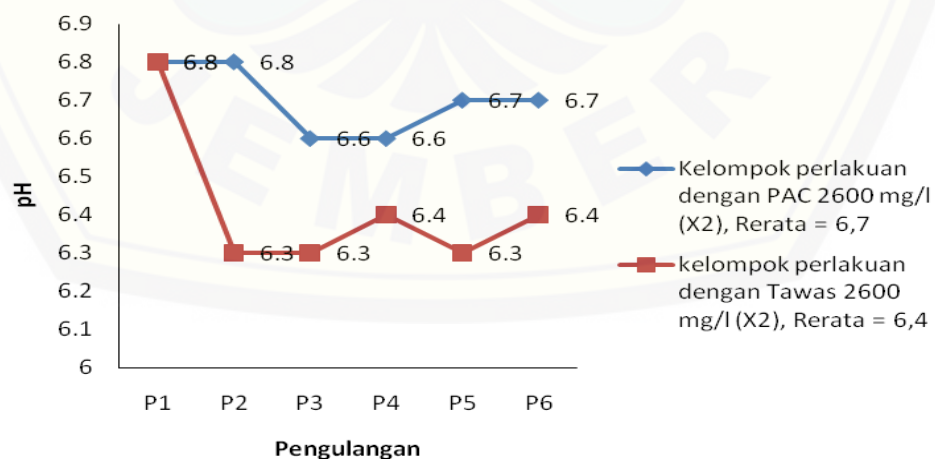
4.1.2 pH Kelompok Kontrol (K) , Kelompok Penambahan PAC (X_1, X_2, X_3) Dan Kelompok Penambahan Tawas (X_1, X_2, X_3).

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kemampuan PAC dan Tawas sebagai bahan koagulan pada lindi yang ada di TPA. Parameter lindi yang diteliti meliputi pH dan TSS. Pemeriksaan pH dan TSS dilakukan di Laboratorium Pengendalian dan Konservasi Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember menggunakan metode koagulasi-flokulasi. Penggunaan PAC dan tawas sebagai bahan koagulan dipilih karena memiliki partikel muatan listrik positif yang mampu menarik permukaan koloid yang memiliki muatan negatif karena banyak berasal dari material organik. Penurunan pH dan TSS pada penelitian ini untuk setiap kelompok perlakuan berbeda-beda tergantung jumlah koagulan yang diberikan. Kemampuan PAC dan tawas pada kelompok perlakuan dengan konsentrasi 1600 mg/l dalam menurunkan pH pada air lindi dapat dilihat pada Gambar 4.1.



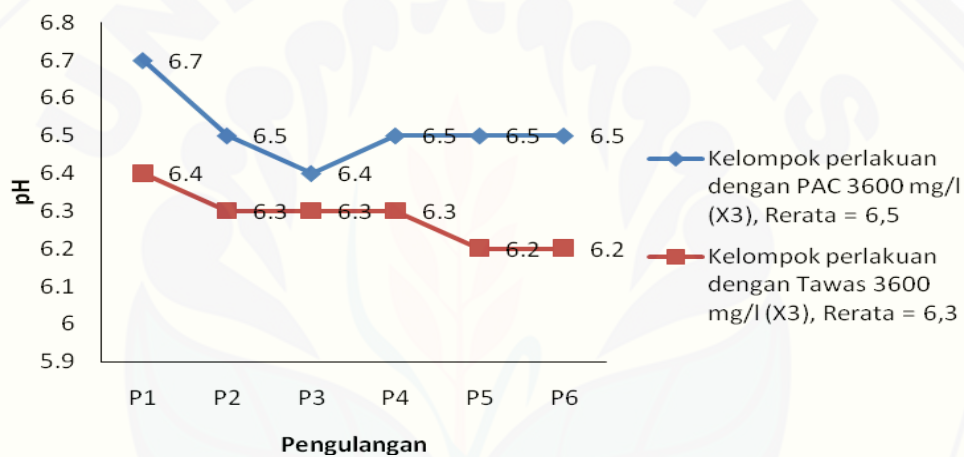
Gambar 4. 1 pH pada perlakuan penambahan PAC dan tawas (1600 mg/l)

Berdasarkan gambar 4.1, itu menunjukkan hasil uji laboratorium pH dengan penambahan PAC dan tawas sebanyak 1600 mg/l. Kelompok sampel tersebut menunjukkan rata-rata pH pada perlakuan pemberian PAC sebesar 6,7 dan rata-rata perlakuan tawas sebesar 6,8. Hasil tertinggi setelah pengukuran pH yang diperoleh dengan penambahan PAC yaitu 6,8 dan hasil terendah yaitu 6,6. Sedangkan hasil tertinggi yang diperoleh dengan penambahan tawas yaitu 6,9 dan hasil terendah yaitu 6,7. Kemampuan PAC dan tawas pada kelompok dengan konsentrasi 2600 mg/l dalam menurunkan pH pada air lindi dapat dilihat pada Gambar 4.2.



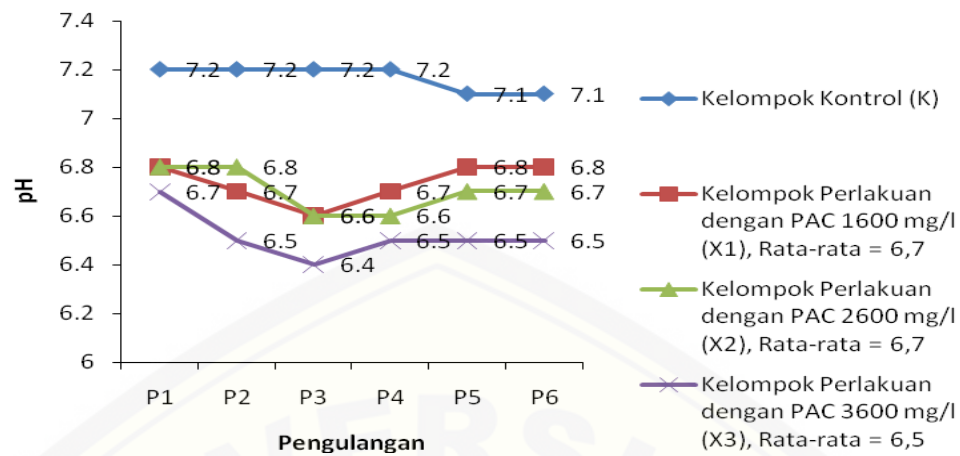
Gambar 4. 2 pH pada Perlakuan Penambahan PAC dan tawas (2600 mg/l)

Berdasarkan gambar 4.2, itu menunjukkan hasil uji laboratorium pH dengan penambahan serbuk PAC dan serbuk tawas sebanyak 2600 mg/l. Kelompok sampel tersebut menunjukkan rata-rata pH dengan penambahan PAC sebesar 6,7 dan rata-rata perlakuan tawas sebesar 6,4. Hasil tertinggi setelah pengujian pH yang diperoleh kelompok penambahan PAC yaitu 6,8 dan hasil terendah yaitu 6,6. Sedangkan hasil tertinggi yang diperoleh kelompok penambahan tawas yaitu 6,9 dan hasil terendah yaitu 6,3. Kemampuan PAC dan tawas pada kelompok perlakuan dengan konsentrasi 3600 mg/l dalam menurunkan pH pada air lindi dapat dilihat pada Gambar 4.3.



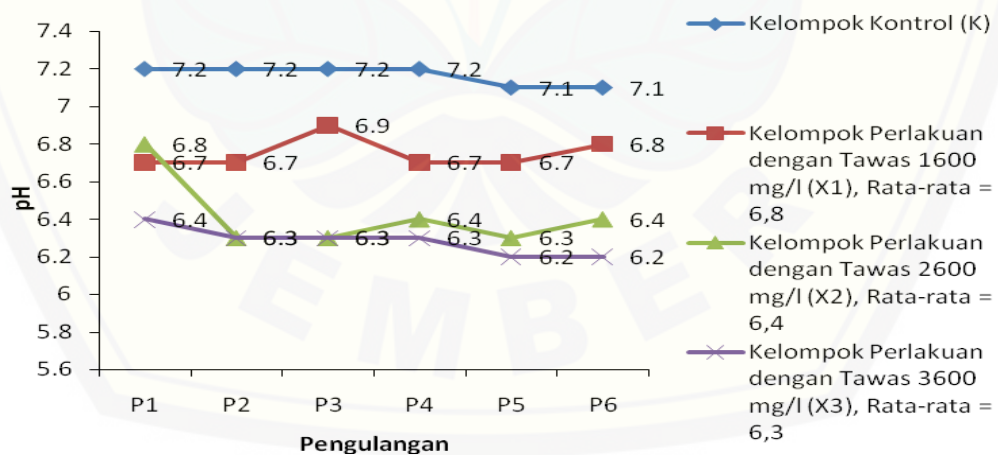
Gambar 4. 3 pH pada Perlakuan Penambahan PAC dan tawas (3600 mg/l)

Berdasarkan gambar 4.3, itu menunjukkan hasil uji laboratorium pH dengan penambahan serbuk PAC dan serbuk tawas 3600 mg/l. Kelompok sampel tersebut menunjukkan rata-rata pH pada perlakuan penambahan PAC sebesar 6,5 dan rata-rata perlakuan tawas sebesar 6,3. Hasil tertinggi setelah pengujian pH yang diperoleh kelompok PAC yaitu 6,7 dan hasil terendah yaitu 6,4. Sedangkan hasil tertinggi yang diperoleh kelompok dengan penambahan tawas yaitu 6,4 dan hasil terendah yaitu 6,2. Rata-rata hasil pengujian pH pada kelompok kontrol (K) dan kelompok perlakuan dengan konsentrasi sebesar 1600 mg/l, 2600 mg/l dan 3600 mg/l (X₁, X₂, dan X₃) dapat dilihat melalui gambar 4.4 dan 4.5.



Gambar 4. 4 Rata-rata pH Tiap Perlakuan dengan penambahan PAC

Berdasarkan gambar 4.4, itu menunjukkan rata-rata pada semua kelompok perlakuan. Rata-rata pada kelompok kontrol menunjukkan hasil yaitu 7,2. Pada kelompok perlakuan dengan penambahan serbuk PAC rata-rata tertinggi terjadi pada perlakuan pertama (X_1) dan kedua (X_2) dengan konsentrasi 1600 mg/l yaitu sebesar 6,7. Rata-rata terendah terjadi pada perlakuan ketiga (X_3) dengan konsentrasi 3600 mg/l yaitu sebesar 6,5.



Gambar 4. 5 Rata-rata pH tiap perlakuan dengan penambahan tawas

Berdasarkan gambar 4.5, itu menunjukkan rata-rata pada semua kelompok perlakuan. Rata-rata pada kelompok kontrol menunjukkan hasil yaitu 7,2. Pada kelompok perlakuan dengan penambahan serbuk tawas rata-rata tertinggi terjadi

pada perlakuan pertama (X_1) dengan konsentrasi 1600 mg/l yaitu sebesar 6,8. Rata-rata terendah terjadi pada perlakuan ketiga (X_3) dengan konsentrasi 3600 mg/l yaitu sebesar 6,3.

4.1.3 Perbedaan Penurunan pH Kelompok Kontrol (K), Kelompok Pemberian PAC (X_1, X_2, X_3) Dan Kelompok Pemberian Tawas (X_1, X_2, X_3).

Pengukuran dan penelitian dilakukan bertujuan untuk mengetahui perbedaan pH pada air lindi TPA setelah penambahan serbuk PAC 1600 mg/l, 2600 mg/l, dan 3600 mg/l (X_1, X_2, X_3) dan penambahan serbuk tawas 1600 mg/l, 2600 mg/l, dan 3600 mg/l (X_1, X_2, X_3) atau tanpa penambahan serbuk PAC dan serbuk tawas (kontrol). Masing-masing perlakuan diberi limbah cair lindi sebanyak 1 liter. Pengontakan terjadi selama 76 menit, hal ini berbeda dengan waktu kontak sebelumnya yaitu 42 menit dikarenakan pada waktu kontak tersebut belum terjadi pembentukan flok. Untuk mengetahui perbedaan pH setiap kelompok, hal ini dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4. 1 Perbedaan penurunan pH pada Kelompok dengan penambahan PAC

Perlakuan	Mean	Minimum	Maksimum	Presentase Penurunan pH (%)	Standart deviasi
K	7.2	7.1	7.2	-	0.05
X1	6.7	6.6	6.8	6.94	0.08
X2	6.7	6.6	6.8	6.94	0.09
X3	6.5	6.4	6.7	9.72	0.10

Berdasarkan tabel 4.1, hal itu menunjukkan perbedaan rata-rata pH setiap kelompok sampel. Nilai minimum dan maksimum merupakan angka terkecil dan terbesar pH dalam setiap kelompok. Penurunan pH tertinggi terjadi pada kelompok perlakuan ketiga (X_3) dengan kemampuan penurunan sebesar 0.7 atau 9.72%, sedangkan kemampuan penurunan pH terendah terjadi pada kelompok perlakuan pertama (X_1) dengan penurunan sebesar 0.5 atau 6.94%. Data tersebut menunjukkan bahwa penggunaan serbuk PAC dapat membantu mengolah limbah

cair TPA berupa lindi dalam menurunkan pH sesuai Baku Mutu Air Limbah (BMAL) sebesar 6-9 sesuai PerMen Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016.

Nilai standart deviasi atau simpangan baku menggambarkan besar perbedaan nilai sampel terhadap rata-ratanya. Semakin besar nilai standart deviasi maka sampel semakin tidak homogen. Nilai standart deviasi dianggap rendah bila semakin mendekati nol. Hal itu menunjukkan bahwa data sampel yang didapat homogeny. Namun, tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai standart deviasi rendah, sehingga sampel kemungkinan homogen

Tabel 4. 2 Perbedaan Penurunan pH pada Kelompok dengan Penambahan Tawas

Perlakuan	Mean	Minimum	Maksimum	Presentase Penurunan pH (%)	Standart deviasi
K	7.2	7.1	7.2	-	0.05
X1	6.8	6.7	6.9	5.5	0.08
X2	6.4	6.3	6.8	11.1	0.19
X3	6.3	6.2	6.4	12.5	0.08

Berdasarkan tabel 4.2, hal itu menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata pH setiap kelompok sampel. Nilai minimum dan maksimum merupakan angka terkecil dan terbesar pH dalam setiap kelompok. Penurunan tertinggi terjadi pada kelompok perlakuan ketiga (X_3) dengan penurunan sebesar 0,9 atau 12,5%, sedangkan penurunan pH terendah terjadi pada kelompok perlakuan pertama (X_1) dengan penurunan sebesar 0,4 atau sebesar 5,5%. Data tersebut menunjukkan bahwa penggunaan tawas sebagai koagulan dapat membantu mengolah limbah cair TPA berupa lindi dalam menurunkan pH sesuai Baku Mutu Air Limbah (BMAL) sebesar 6-9 sesuai PerMen Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016. Nilai standart deviasi atau simpangan baku menggambarkan besar perbedaan nilai sampel terhadap rata-ratanya. Semakin besar nilai standart deviasi maka sampel semakin tidak homogen. Namun, tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai standart deviasi rendah, sehingga sampel kemungkinan homogen..

Dalam penelitian ini, kelompok sampel perlu diidentifikasi nilai data yang bersifat normal atau tidak normal sebelum uji homogenitas. Hal itu perlu dilakukan uji normalitas. Uji normalitas pada penelitian ini menggunakan uji *shapiro-wilk* karena sampel berjumlah kurang dari 50. Dari uji tersebut, kelompok kontrol, kelompok perlakuan pertama (X_1), kelompok perlakuan kedua (X_2), kelompok perlakuan ketiga (X_3) memiliki *p value* sebesar 0.001; 0.091; 0.167; 0.031 untuk PAC, dan 0.001; 0.006; 0.004; 0.212 untuk tawas. Nilai tersebut menunjukkan terdapat nilai lebih rendah dibanding α yaitu 0.005, sehingga ada kelompok sampel yang berdistribusi tidak normal. Berdasarkan hal tersebut, uji statistik yang perlu digunakan adalah uji *kruskal-wallis*.

Uji *kruskal-wallis* merupakan uji nonparametrik tiga sampel atau lebih tidak saling berpasangan. Uji ini dilakukan apabila salah satu syarat uji one way-anova tidak terpenuhi. Metode tersebut dilakukan untuk mengetahui perbedaan signifikansi rata-rata hitung tiga kelompok atau lebih. Berdasarkan hasil uji *kruskal-wallis* yang telah dilakukan, nilai signifikansi kelompok pemberian PAC didapatkan hasil sebesar 0,000 dan kelompok pemberian tawas 0,000. Nilai tersebut lebih kecil dibanding α sebesar 0,05; sehingga itu dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata kelompok kontrol dengan kelompok pemberian PAC maupun kelompok pemberian tawas. Namun untuk mengetahui kelompok mana saja yang berbeda maka perlu dilakukan uji lanjutan (*post hoc test*).

Uji lanjutan (*post hoc test*) merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kelompok mana saja yang memiliki perbedaan. Uji lanjutan ini dapat dilakukan dengan menggunakan uji mann-whitney. Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 3 Hasil Uji Mann-Whitney kelompok penambahan PAC

Perlakuan	Kontrol	X1	X2	X3
Kontrol	-	0,003*	0,003*	0,003*
X1	-	-	0,495	0,008*
X2	-	-	-	0,013*
X3	-	-	-	-

Keterangan : (*) menunjukkan signifikansi

Berdasarkan tabel 4.4 dapat dijelaskan bahwa nilai signifikansi kelompok K berbeda secara signifikan dengan kelompok X₁, kelompok X₂, dan kelompok X₃. Kelompok X₁ berbeda secara signifikan dengan kelompok X₃. Kelompok X₂ berbeda secara signifikan dengan kelompok X₃. Seluruh kelompok memiliki tanda (*) sehingga masing-masing kelompok memiliki perbedaan yang nyata atau signifikan. Terdapat kelompok yang tidak mengalami perbedaan secara signifikansi yaitu kelompok X₁ tidak berbeda secara signifikan dengan kelompok X₂ karena lebih besar dari α , yaitu 0,05. Uji Mann-Whitney juga dilakukan pada kelompok Tawas, berikut hasil uji mann-whiney kelompok Tawas sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Hasil Uji Mann-Whitney pada kelompok penambahan Tawas

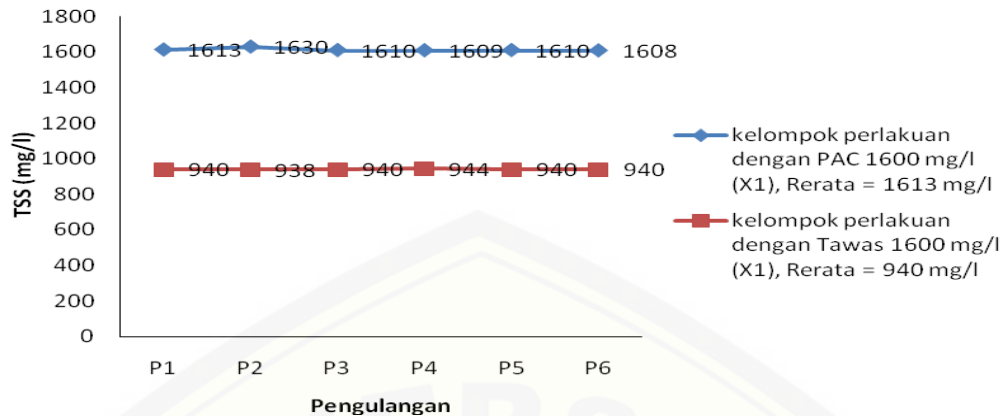
Perlakuan	Kontrol	X1	X2	X3
Kontrol	-	0,003*	0,003*	0,003*
X1	-	-	0,026*	0,003*
X2	-	-	-	0,101
X3	-	-	-	-

Keterangan : (*) menunjukkan signifikansi

Berdasarkan tabel 4.5 dapat dijelaskan bahwa nilai signifikansi kelompok K berbeda secara signifikan dengan kelompok X₁, kelompok X₂, dan kelompok X₃. Kelompok X₁ berbeda secara signifikan dengan kelompok X₂, dan kelompok X₃. Seluruh kelompok memiliki tanda (*) sehingga masing-masing kelompok memiliki perbedaan yang nyata atau signifikan. Terdapat kelompok yang tidak mengalami perbedaan secara signifikansi yaitu kelompok X₂ tidak berbeda secara signifikan dengan kelompok X₃ karena lebih besar dari α , yaitu 0,05.

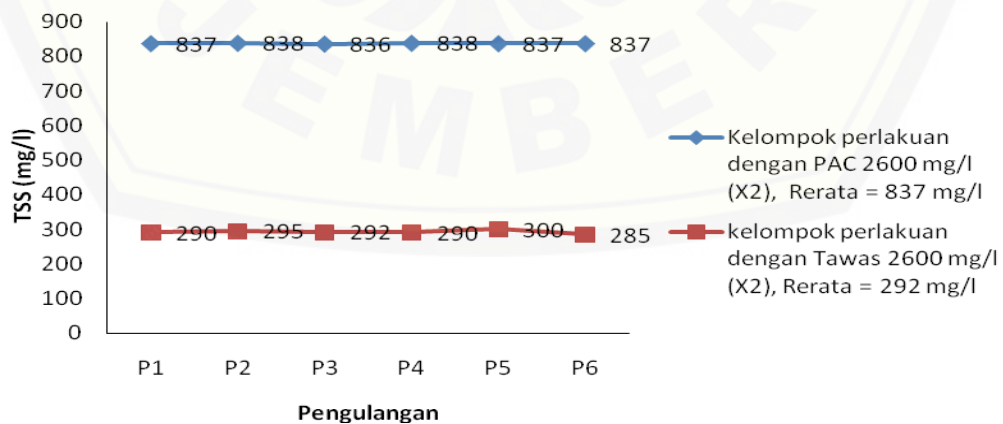
4.1.4 TSS Kelompok Kontrol (K), Kelompok Pemberian PAC (X₁,X₂,X₃) Dan Kelompok Pemberiann Tawas (X₁,X₂,X₃).

Penambahan serbuk PAC dan serbuk tawas dapat memantu dalam menurunkan TSS pada air limbah lindi. Penurunan TSS pada setiap kelompok perlakuan berbeda-beda sesuai jumlah PAC dan Tawas yang diberikan. Kemampuan PAC dalam menurunkan TSS pada air lindi TPA dapat dilihat pada Gambar 4.6.



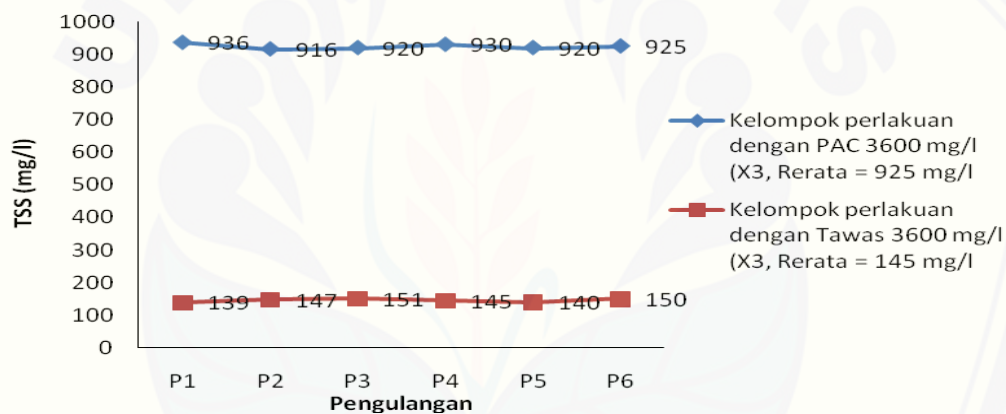
Gambar 4. 6 TSS pada Perlakuan penambahan PAC dan tawas (1600 mg/l)

Berdasarkan gambar 4.6, itu menunjukkan hasil uji laboratorium TSS pada perlakuan penambahan serbuk PAC dan serbuk Tawas dengan konsentrasi 1600 mg/l. Kelompok sampel tersebut menunjukkan rata-rata TSS pada perlakuan penambahan serbuk PAC sebesar 1613 mg/l dan rata-rata perlakuan pemberian serbuk tawas sebesar 940 mg/l. Hasil tertinggi setelah pengujian TSS yang diperoleh kelompok PAC yaitu 1630 mg/l dan hasil terendah 1608 mg/l. Sedangkan hasil tertinggi yang diperoleh kelompok penambahan serbuk tawas yaitu 944 mg/l dan hasil terendah yaitu 938 mg/l. Kemampuan serbuk PAC dan serbuk tawas pada kelompok perlakuan dengan konsentrasi 2600 mg/l dalam menurunkan TSS pada air lindi dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 TSS pada perlakuan penambahan PAC dan tawas (2600 mg/l)

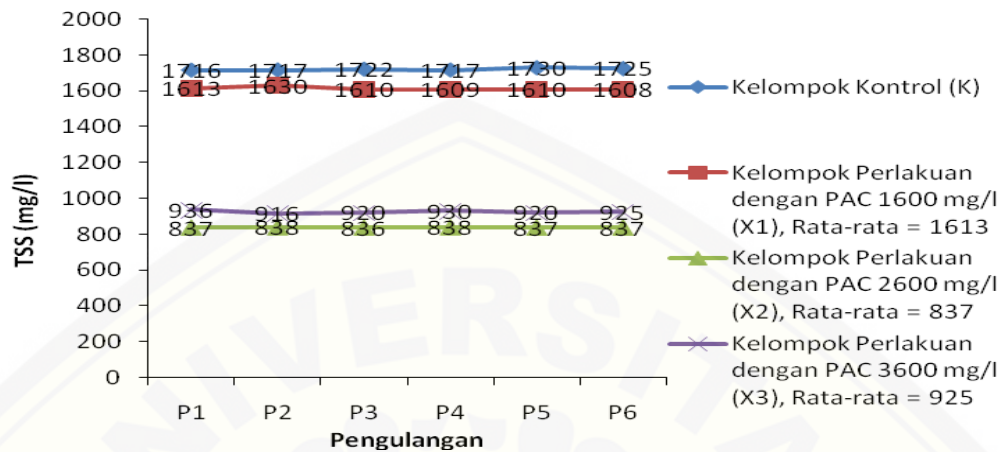
Berdasarkan gambar 4.7, itu menunjukkan hasil uji laboratorium TSS pada kelompok perlakuan penambahan serbuk PAC dan penambahan serbuk Tawas dengan konsentrasi 2600 mg/l. Kelompok sampel tersebut menunjukkan rata-rata TSS pada kelompok penambahan serbuk PAC sebesar 837 mg/l dan rata-rata kelompok penambahan serbuk tawas sebesar 292 mg/l. Hasil tertinggi setelah pengujian TSS yang diperoleh kelompok penambahan PAC yaitu 838 mg/l dan hasil terendah yaitu 836 mg/l. Sedangkan hasil tertinggi yang diperoleh kelompok penambahan tawas yaitu 300 mg/l dan hasil terendah yaitu 285 mg/l. Kemampuan serbuk PAC dan serbuk tawas pada kelompok perlakuan dengan konsentrasi 3600 mg/l dalam menurunkan TSS pada air lindi dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 TSS pada Perlakuan penambahan PAC dan Tawas (3600 mg/l)

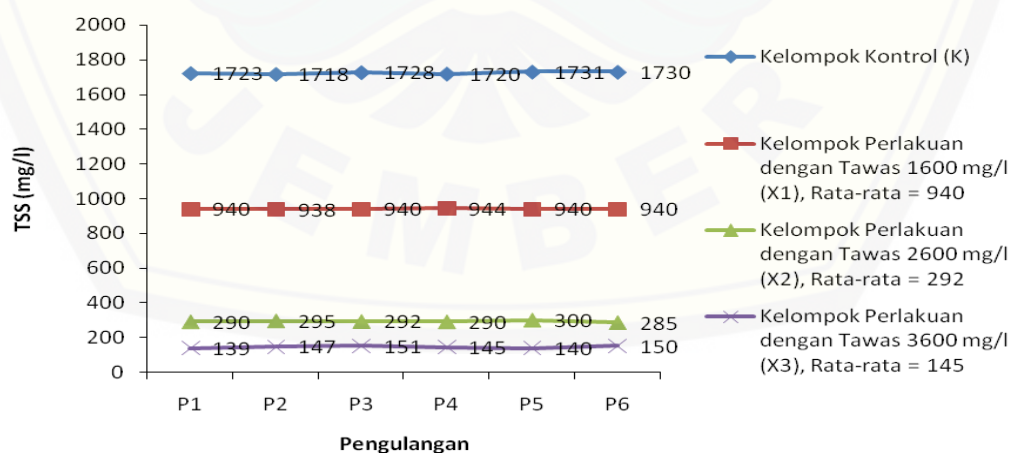
Berdasarkan gambar 4.8, itu menunjukkan hasil uji laboratorium TSS pada kelompok penambahan serbuk PAC dan kelompok penambahan serbuk tawas dengan konsentrasi 3600 mg/l. Kelompok sampel tersebut menunjukkan rata-rata TSS pada kelompok penambahan serbuk PAC sebesar 925 mg/l dan rata-rata kelompok penambahan serbuk Tawas sebesar 145 mg/l. Hasil tertinggi setelah pengujian TSS yang diperoleh kelompok PAC yaitu 936 mg/l dan hasil terendah yaitu 916 mg/l. Sedangkan hasil tertinggi yang diperoleh kelompok tawas yaitu 151 mg/l dan hasil terendah yaitu 139 mg/l. Rata-rata hasil pengujian TSS pada kelompok kontrol (K) dan kelompok perlakuan dengan konsentrasi sebesar 1600

mg/l, 2600 mg/l, dan 3600 mg/l (X_1 , X_2 , X_3) dapat dilihat melalui gambar 4.9 dan 4.10.



Gambar 4. 9 Rata-rata kelompok perlakuan penambahan serbuk PAC

Berdasarkan gambar 4.9, itu menunjukkan rata-rata pada semua kelompok perlakuan. Rata-rata pada kelompok kontrol menunjukkan hasil sebesar 1720. Pada kelompok perlakuan dengan penambahan serbuk PAC rata-rata tertinggi terjadi pada perlakuan pertama (X_1) dengan konsentrasi 1600 mg/l yaitu sebesar 1613 mg/l. Rata-rata terendah terjadi pada perlakuan kedua (X_2) dengan konsentrasi 2600 mg/l yaitu sebesar 837 mg/l.



Gambar 4. 10 Rata-rata tiap perlakuan dengan penambahan serbuk tawas

Berdasarkan gambar 4.10, menunjukkan rata-rata pada semua kelompok perlakuan. Rata-rata pada kelompok kontrol menunjukkan hasil sebesar 1724 mg/l. Pada kelompok perlakuan dengan penambahan serbuk tawas rata-rata tertinggi terjadi pada perlakuan pertama (X_1) dengan konsentrasi 1600 mg/l yaitu sebesar 940 mg/l. Rata-rata terendah terjadi pada perlakuan ketiga (X_3) dengan konsentrasi 3600 mg/l yaitu sebesar 145 mg/l.

4.1.5 Perbedaan Penurunan TSS pada Kelompok Kontrol (K), kelompok Penambahan PAC (X_1, X_2, X_3) dan Kelompok Penambahan Tawas (X_1, X_2, X_3)

Pengukuran dan penelitian dilakukan bertujuan untuk mengetahui perbedaan penurunan TSS pada air lindi TPA pada kelompok perlakuan diantaranya adalah kelompok kontrol tanpa diberi penambahan serbuk PAC, kelompok perlakuan dengan penambahan serbuk PAC 1600 mg/l, 2600 mg/l, dan 3600 mg/l dan kelompok perlakuan dengan penambahan serbuk tawas 1600 mg/l, 2600 mg/l, dan 3600 mg/l. Masing-masing perlakuan diberikan penambahan limbah lindi sebanyak 1 liter. Pengontakan terjadi selama 76 menit. Untuk mengetahui perbedaan penurunan TSS setiap kelompok, hal itu dapat dilihat pada tabel 4.6 dan 4.7.

Tabel 4. 5 Perbedaan penurunan TSS dengan penambahan serbuk PAC

Perlakuan	Mean (mg/l)	Minimum (mg/l)	Maksimum (mg/l)	Presentase Penurunan TSS (%)	Standart deviasi
K	1720	1716	1730	-	6
X1	1613	1613	1630	6.22	8
X2	837	916	936	51.34	1
X3	925	836	838	46.22	7

Berdasar tabel 4.6 hal itu menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata TSS setiap kelompok sampel. Nilai minimum dan maksimum merupakan angka terkecil dan terbesar TSS dalam setiap kelompok. Penurunan TSS tertinggi terjadi pada kelompok X_2 dengan penurunan TSS sebesar 883 mg/l atau 51,34%, sedangkan penurunan TSS terendah terjadi pada kelompok X_1 dengan penurunan TSS sebesar 107 atau 6.22%. Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakn bahwa

penggunaan PAC sebagai koagulan dapat membantu mengolah limbah cair TPA berupa lindi dalam menurunkan TSS akan tetapi masih belum menurunkan TSS dibawah Baku Mutu Air Limbah (BMAL) sebesar 100 mg/l sesuai PerMen LHK Nomor P.59/Menlhk/Kum/.1/7/2016.

Tabel 4. 6 Perbedaan penurunan TSS dengan penambahan Tawas

Perlakuan	Mean (mg/l)	Minimum (mg/l)	Maksimum (mg/l)	Presentase Penurunan TSS (%)	Standart deviasi
K	1724	1718	1731	-	5
X1	940	940	948	45.48	2
X2	292	285	300	83.06	5
X3	145	139	151	91.59	5

Berdasarkan tabel 4.7 hal itu menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata TSS setiap kelompok sampel. Nilai minimum dan maksimum merupakan angka terkecil dan terbesar TSS dalam setiap kelompok. Penurunan TSS tertinggi terjadi pada kelompok ketiga (X_3), penurunan TSS sebesar 1759 mg/l atau 91,59%, sedangkan kemampuan penurunan TSS terendah terjadi pada kelompok pertama (X_1) dengan penurunan sebesar 784 atau sebesar 45,48%.

Berdasarkan data tersebut dapat dikatakan bahwa penggunaan tawas sebagai koagulan dapat membantu mengolah limbah cair TPA berupa lindi dalam menurunkan TSS akan tetapi masih belum menurunkan TSS dibawah Baku Mutu Air Limbah (BMAL) sebesar 100 mg/l sesuai PerMen LHK Nomor P.59/Menlhk/Kum/.1/7/2016. Nilai standart deviasi atau simpangan baku menggambarkan besar perbedaan nilai sampel terhadap rata-ratanya. Semakin besar nilai standart deviasi maka sampel semakin tidak homogen. Nilai standart deviasi dianggap rendah bila semakin mendekati nol. Hal itu menunjukkan bahwa data sampel yang didapat homogen. Namun, tabel 4.6 dan 4.7 menunjukkan bahwa nilai standart deviasi tinggi, sehingga sampel kemungkinan tidak homogen.

Uji normalitas pada penelitian ini menggunakan uji *shapiro-wilk* karena sampel berjumlah kurang dari 50. Dari uji tersebut, kelompok kontrol, kelompok perlakuan pertama (X_1), kelompok perlakuan kedua (X_2), kelompok perlakuan ketiga (X_3) memiliki *p value* sebesar 0.280; 0.003; 0.212; 0.674 untuk PAC, dan

0.438; 0.031; 0.887; 0.459 untuk tawas. Nilai tersebut menunjukkan terdapat nilai lebih rendah dibanding α yaitu 0.005, sehingga setiap kelompok sampel berdistribusi tidak normal. Hasil uji homogenitas menunjukkan angka 0,041, artinya populasi yang ada tidak memiliki varian yang sama karena memiliki nilai tingkat signifikansi lebih kecil dari 0,05. Berdasarkan hal tersebut, uji statistik yang perlu digunakan adalah uji *kruskal-wallis*.

Berdasarkan hasil uji *kruskal-wallis* yang telah dilakukan, nilai signifikansi kelompok perlakuan PAC didapatkan hasil sebesar 0,000 dan tawas 0,000. Nilai tersebut lebih kecil dibanding α sebesar 0,05; sehingga itu dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata kelompok kontrol dengan kelompok penambahan PAC maupun dengan kelompok penambahan tawas. Namun untuk mengetahui kelompok mana saja yang berbeda maka perlu dilakukan uji lanjutan (*post hoc test*).

Uji lanjutan (*post hoc test*) merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kelompok mana saja yang memiliki perbedaan. Uji lanjutan ini dapat dilakukan dengan menggunakan uji Mann-Whitney. Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 7 Hasil Uji Mann-Whitney dengan Penambahan serbuk PAC

Perlakuan	Kontrol	X1	X2	X3
Kontrol	-	0,004*	0,004*	0,004*
X1	-	-	0,004*	0,004*
X2	-	-	-	0,004*
X3	-	-	-	-

Keterangan : (*) menunjukkan signifikansi

Berdasarkan tabel 4.9 dapat dijelaskan bahwa nilai signifikansi kelompok Kontrol, kelompok X₁, kelompok X₂, dan kelompok X₃ lebih kecil dari α , yaitu 0,05. Setiap kelompok perlakuan memiliki tanda (*), artinya kelompok kontrol (K) berbeda secara signifikan dengan kelompok X₁, kelompok X₂, dan kelompok X₃. Kelompok X₁ berbeda secara signifikan dengan kelompok X₂, dan kelompok X₃. Kelompok X₂ berbeda secara signifikan dengan X₃. Seluruh kelompok memiliki tanda (*) sehingga masing-masing kelompok memiliki perbedaan yang

nyata atau signifikan.. Uji Mann-Whitney juga dilakukan pada kelompok tawas, berikut hasil uji Mann-Whiney kelompok tawas sebagai berikut

Tabel 4. 8 Hasil Uji Mann-Whitney Kelompok Penambahan Serbuk Tawas

Perlakuan	Kontrol	X1	X2	X3
Kontrol	-	0,003*	0,004*	0,004*
X1	-	-	0,003*	0,003*
X2	-	-	-	0,004*
X3	-	-	-	-

Keterangan : (*) menunjukkan signifikansi

Berdasarkan tabel 4.10 dapat dijelaskan bahwa nilai signifikansi kelompok K, kelompok X₁, kelompok X₂, dan kelompok X₃ lebih kecil dari α , yaitu 0,05. Setiap kelompok perlakuan memiliki tanda (*), artinya kelompok K berbeda secara signifikan dengan kelompok X₁, kelompok X₂, dan kelompok X₃. Kelompok X₁ berbeda secara signifikan dengan kelompok X₂, dan kelompok X₃. Kelompok X₂ berbeda secara signifikan dengan kelompok X₃. Seluruh kelompok memiliki tanda (*) sehingga masing-masing kelompok memiliki perbedaan yang nyata atau signifikan.

4.2 Pembahasan

4.2.1 pH pada kelompok kontrol (K), Kelompok Penambahan serbuk PAC (X₁,X₂,X₃) dan Kelompok Penambahan serbuk Tawas (X₁,X₂,X₃).

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan koagulasi-flokulasi PAC dan Tawas sebagai bahan koagulan terhadap parameter limbah air lindi TPA. Parameter yang diteliti adalah pH. Berdasarkan hasil penelitian eksperimen yang telah dilakukan untuk mengukur tingkat pH pada limbah lindi TPA menunjukkan bahwa pH dalam air baku yang digunakan sebagai kelompok kontrol dalam penelitian ini memiliki rerata sebesar 7,2. Hasil pengukuran memberikan gambaran bahwa pH dalam limbah lindi TPA masih dalam batas baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia No.P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 Tentang baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah, menyebutkan bahwa parameter pH pada air limbah lindi berkisar antara 6-9. Rerata pH pada

kelompok perlakuan pertama (X_1) sebesar 1600 mg/l yaitu 6,7 untuk PAC dan 6,8 untuk Tawas. Rerata tingkat pH pada kelompok perlakuan kedua (X_2) sebesar 2600 mg/l yaitu 6,7 untuk PAC dan 6,4 untuk Tawas, sedangkan rerata pada kelompok perlakuan ketiga (X_3) sebesar 3600 mg/l yaitu 6,5 untuk PAC dan 6,3 untuk Tawas. Dari ketiga kelompok perlakuan menunjukkan bahwa PAC dan tawas mampu menurunkan tingkat pH yang terdapat pada air limbah lindi.

Budiman, A. *et al.*, (2008:25-34) menyatakan bahwa nilai pH air sungai hasil penjernihan akan semakin rendah dengan bertambahnya kadar PAC. Hal ini disebabkan semakin besar dosis PAC yang ditambahkan maka semakin banyak ion H^+ yang dilepaskan dalam air. Kenaikan kadar tawas yang diberikan, menyebabkan pH larutan semakin turun. Penambahan tawas cenderung menurunkan pH larutan karena tawas juga menghasilkan ion H^+ setelah bereaksi dengan air, semakin tinggi konsentrasi tawas semakin banyak ion H^+ yang dilepaskan sehingga pH air akan semakin menurun (Nurlina *et al.*, 2015:690-699).

4.2.2 Perbedaan Penurunan pH pada Kelompok Kontrol (K), Kelompok Penambahan serbuk PAC (X_1, X_2, X_3) dan Kelompok Penambahan serbuk Tawas (X_1, X_2, X_3)

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan koagulasi-flokulasi PAC dan tawas sebagai bahan koagulan. Bahan yang digunakan sebagai koagulan didapatkan dari toko bahan kimia. Sebelum digunakan sebagai bahan- dalam proses koagulasi-flokulasi bahan PAC dan tawas ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan yang sudah ditetapkan dan kemudian siap untuk digunakan.

Air lindi pada penelitian ini dibagi menjadi empat kelompok yaitu satu kelompok kontrol dan tiga kelompok perlakuan. Setiap kelompok perlakuan masing-masing diberi serbuk PAC dan serbuk Tawas dengan kadar yang berbeda dan dikontakan selama 76 menit, hal ini berbeda dengan waktu kontak sebelumnya yaitu selama 42 menit dikarenakan dalam waktu kontak tersebut belum terlihat terbentuknya gumpalan atau flok. Air lindi pada seluruh kelompok diukur parameternya yaitu pH. Tingkat pH seluruh kelompok dibandingkan dengan baku mutu lingkungan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup

Dan Kehutanan Republik Indonesia
No.P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 Tentang baku Mutu Lindi Bagi Usaha
Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah menyatakan bahwa batas
baku mutu pH yang diperbolehkan adalah 6-9.

Berdasarkan hasil pengukuran tingkat pH menggunakan pH meter diketahui bahwa terdapat perbedaan antara kelompok kontrol (K) dengan kelompok perlakuan (X_1), (X_2), (X_3). Hal ini diketahui bahwa rerata tingkat pH mengalami penurunan. Namun, secara statistik penurunan secara signifikan terjadi pada kelompok perlakuan kedua (X_2) untuk PAC dibandingkan dengan kelompok kontrol (K) yaitu sebesar 9,72% dan penurunan secara signifikan terjadi pada kelompok perlakuan ketiga (X_3) untuk tawas dibandingkan dengan kelompok kontrol (K) yaitu sebesar 12,5%. Dari hasil uji *krukal-wallis*, hasil tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan untuk keempat kelompok sampel. Perbedaan yang signifikan dengan penambahan PAC terlihat pada kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan pertama (X_1), kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan kedua (X_2), kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan ketiga (X_3) dengan nilai signifikansi sebesar 0,003, kelompok perlakuan pertama (X_1) dengan kelompok perlakuan kedua (X_2) nilai signifikansi 0,008, kelompok perlakuan kedua (X_2) dengan kelompok perlakuan ketiga (X_3) nilai signifikansi 0,013. Kelompok perlakuan pertama (X_1) dan kelompok perlakuan kedua (X_2) tidak mengalami perbedaan secara signifikan dengan nilai signifikansi sebesar 0,495 lebih dari 0,05. Perbedaan yang signifikan juga terjadi pada kelompok dengan penambahan tawas. Perbedaan signifikansi terlihat pada kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan pertama (X_1), kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan kedua (X_2), kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan ketiga (X_3) yang memiliki nilai signifikansi masing-masing sebesar 0,003, kelompok perlakuan pertama (X_1) dengan kelompok perlakuan kedua (X_2) memiliki nilai signifikansi sebesar 0,026, kelompok perlakuan pertama (X_1) dengan kelompok perlakuan ketiga (X_3) memiliki nilai signifikansi sebesar 0,003 dan kelompok perlakuan kedua (X_2) dengan kelompok perlakuan ketiga (X_3) memiliki nilai signifikansi sebesar 0,101 yang berarti tidak terdapat perbedaan secara signifikan.

Kemampuan penurunan pH yang berbeda dari setiap kelompok dipengaruhi oleh dosis koagulan. Semakin besar dosis yang diberikan maka pH akan semakin rendah. Hal ini didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Budiman, A. *et al.*, (2008:25-34) menyatakan bahwa nilai pH air sungai hasil penjernihan akan semakin rendah dengan bertambahnya konsentrasi PAC. Hal ini disebabkan semakin besar dosis PAC yang ditambahkan maka semakin banyak ion H^+ yang dilepaskan dalam air. Kenaikan kadar tawas yang diberikan, menyebabkan pH larutan semakin turun. Penambahan tawas cenderung menurunkan pH larutan karena tawas juga menghasilkan ion H^+ setelah bereaksi dengan air, semakin tinggi konsentrasi tawas semakin banyak ion H^+ yang dilepaskan sehingga pH air akan semakin menurun (Nurlina *et al.*, 2015:690-699)

Waktu pengadukan tidak mempengaruhi nilai pH. Berapapun variasi waktu pengadukan yang digunakan pada setiap kadar koagulan yang ditambahkan tidak mengubah nilai pH, tidak terkecuali dengan kecepatan pengadukan Budiman. A *et.al* (2008:25-34).

4.2.3 TSS pada Kelompok Kontrol (K), Kelompok Penambahan serbuk PAC (X_1, X_2, X_3) dan Kelompok Penambahan serbuk Tawas (X_1, X_2, X_3)

Penelitian ini untuk menguji kemampuan koagulasi-flokulasi PAC dan Tawas sebagai koagulan terhadap parameter lindi. Adapun parameter yang diteliti adalah TSS. Berdasarkan hasil eksperimen menggunakan serbuk PAC dalam menurunkan TSS pada air lindi TPA menggunakan metode gravimetric menunjukkan bahwa TSS dalam air baku pada kelompok kontrol yaitu rerata kadarnya sebesar 1720 mg/l, sedangkan rerata kadar TSS kelompok kontrol dengan penambahan serbuk tawas sebesar 1724 mg/l. Hasil pengukuran memberikan gambaran bahwa TSS dalam air lindi melebihi baku mutu air limbah. Sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia No.P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 Tentang baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah menyatakan bahwa parameter TSS pada air lindi di TPA tidak boleh melebihi 100 mg/l. Rerata TSS pada kelompok dengan penambahan PAC dan tawas sebesar 1600 mg/l (X_1) yaitu

sebesar 1613 mg/l untuk PAC dan 940 mg/l untuk tawas. Rerata TSS pada kelompok dengan penambahan PAC dan tawas sebesar 2600 mg/l (X_2) yaitu sebesar 837 mg/l untuk PAC dan 292 mg/l untuk tawas dan rerata TSS pada kelompok dengan penambahan serbuk PAC dan penambahan serbuk tawas sebesar 3600 mg/l (X_1) yaitu sebesar 925 mg/l untuk PAC dan 145 mg/l untuk tawas.

Serbuk PAC dan serbuk tawas ketika diaduk dengan lindi menggunakan *Jar-Test* ion yang muatan listrik positif yang terkandung didalamnya mampu mengikat dan menarik muatan negatif yang terdapat pada permukaan koloid. Penambahan serbuk PAC dan serbuk tawas mampu menurunkan TSS akan tetapi masih belum berada dibawah baku mutu yang ditetapkan yaitu 100 mg/l. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Lindu, M *et al.*, (2015:34-40) menjelaskan bahwa efisiensi penurunan COD dan TSS sangat tergantung pada komposisi kimia dan umur air lindi. Air lindi berumur lebih muda (kurang dari 5 tahun) membutuhkan dosis koagulan yang lebih besar dibanding air lindi yang berasal dari landfill tua (diatas 10 tahun). TPA kabupaten lumajang berusia kurang dari lima tahun sehingga potensi parameter yang ada di dalamnya seperti TSS sangat tinggi, akibatnya dosis koagulan yang dibutuhkan juga cukup banyak untuk bisa menurunkan parameter tersebut.

4.2.4 Perbedaan Penurunan TSS pada Kelompok Kontrol (K), Kelompok Penambahan serbuk PAC (X_1, X_2, X_3) dan Kelompok Penambahan serbuk Tawas (X_1, X_2, X_3)

Setiap kelompok perlakuan diberi PAC dan tawas sebagai bahan koagulan dengan konsentrasi berbeda-beda dan dikontakan selama 76 menit. Air limbah lindi pada seluruh kelompok diukur parameternya yaitu TSS. TSS seluruh kelompok dibandingkan dengan baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia No.P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 Tentang baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah menyatakan bahwa batas baku mutu kadar TSS yaitu 100 mg/l.

Berdasarkan hasil pengukuran TSS menggunakan *gravimetric* diketahui terdapat perbedaan antara kelompok kontrol (K) dengan kelompok penambahan PAC dan kelompok penambahan tawas (X_1, X_2, X_3). Hal ini diketahui bahwa rerata TSS mengalami penurunan. Namun, secara statistik penurunan secara signifikan terjadi pada kelompok perlakuan kedua (X_2) untuk PAC dibandingkan dengan kelompok kontrol (K) yaitu sebesar 51,34% dan penurunan secara signifikan terjadi pada kelompok perlakuan ketiga (X_3) untuk tawas dibandingkan dengan kelompok kontrol (K) yaitu sebesar 91,59%. Dari hasil uji *krukal-wallis*, hasil tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan untuk keempat kelompok sampel. Perbedaan yang signifikan dengan penambahan PAC terlihat pada terlihat pada semua kelompok dengan nilai signifikansi sebesar 0,004. Perbedaan yang signifikan juga terjadi pada kelompok dengan penambahan tawas. Perbedaan signifikansi terlihat pada kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan pertama (X_1) yang memiliki nilai signifikansi sebesar 0,003, kelompok kontrol (K) dengan kelompok perlakuan kedua (X_2) yang memiliki nilai signifikansi sebesar 0,004, kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan ketiga (X_3) memiliki nilai signifikansi sebesar 0,004, kelompok perlakuan pertama (X_1) dengan kelompok perlakuan kedua (X_2) memiliki nilai signifikansi sebesar 0,003, kelompok perlakuan pertama (X_1) dengan kelompok perlakuan ketiga (X_3) memiliki nilai signifikansi sebesar 0,003 dan kelompok perlakuan kedua (X_2) dengan kelompok perlakuan ketiga (X_3) memiliki nilai signifikansi sebesar 0,004. Penurunan TSS diakibatkan oleh beberapa faktor, seperti dosis koagulan, kecepatan pengadukan dan waktu kontak.

Penurunan TSS menunjukkan bahwa penambahan serbuk PAC dan serbuk tawas mampu membentuk flok. Hal ini sesuai dengan penelitian Radityaningrum, A.D dan Jenny Caroline (2017:55-60) yang menjelaskan bahwa semakin besar dosis yang dikontakan pada larutan yang mengandung TSS maka semakin besar pula kemampuan koagulan dalam membentuk flok. Dalam penelitian tersebut dosis PAC yang ditambahkan dalam adalah 15 mg/l, 20 mg/l, dan 25 mg/l masing-masing dikontakan dengan limbah cair batik sebanyak 1 liter. Hasilnya menunjukkan bahwa dosis 25 mg/l PAC mampu menurunkan kadar TSS 100 mg/l.

Budiman, A. *et al.*, (2008:25-34) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa semakin besar dosis PAC yang ditambahkan pada kisaran 10-75 ppm, semakin banyak juga muatan positif yang dihasilkan, maka jumlah flok yang terbentuk semakin banyak. Hal ini dapat dijelaskan karena semakin banyaknya kation dari koagulan yang dihasilkan, maka semakin banyak pula partikel koloid dalam larutan yang dinetralkan dan membentuk flok, sehingga nilai TSS akan menjadi meningkat. Menurut Rambe (2009), dosis koagulan mempengaruhi penyisihan TSS pada limbah cair. Penurunan TSS didalam limbah akan menyebabkan penurunan kekeruhan karena TSS merupakan salah satu faktor penyebab kekeruhan pada limbah.

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah kecepatan pengadukan. Kecepatan pengadukan membantu menghomogenkan bahan koagulan dengan larutan. Dalam penelitian ini, kecepatan pengadukan yang digunakan sebesar 400 rpm selama 1 menit untuk pengadukan cepat, dan 150 rpm selama 15 menit untuk pengadukan lambat. Pengadukan cepat membantu proses koagulasi dimana koagulan akan terdistribusi secara merata kedalam air dengan cepat. Hal ini memudahkan muatan positif koagulan (Al^{3+}) berikatan dengan muatan negative yang terdapat pada partikel koloid. Akibatnya destabilisasi partikel koloid menjadi terganggu, dimana destabilisasi dapat terjadi bila terdapat energi kinetik yang cukup yang berasal dari pengadukan, selain itu terjadi proses netralisasi muatan yang terdapat gaya *van der waals* sehingga partikel koloid akan terflokulasi yang terjadi pada pengadukan lambat (Nurlina *et al.*,2015:690-699). Penelitian lain yang dilakukan Budiman, A. *et al.*,(2008:25-34) menjelaskan bahwa kecepatan pengadukan yang terlalu cepat mengakibatkan struktur koagulan menjadi rusak, sehingga penyerapan kurang optimal. Pengadukan yang terlalu lambat menyebabkan kurang efektifnya tumbukan yang terjadi dan flok yang terbentuk sangat rendah. Kecepatan pengadukan yang dianggap optimal yaitu 100 rpm dengan waktu pengadukan 2-6 menit.

Waktu kontak merupakan waktu yang diperlukan PAC dan tawas untuk membentuk flok dalam larutan. Waktu yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu 60 menit untuk proses pengendapan agar terbentuk flok. Hal tersebut berdasarkan

penelitian Sofiah, D. *et al.*, (2015) yang menjelaskan bahwa waktu kontak optimal PAC dan Tawas untuk membentuk flok adalah 60 menit. Dalam waktu tersebut penyerapan akan cenderung tetap atau menurun. Namun, penentuan waktu kontak ini berbeda-beda berdasarkan bahan yang digunakan dan parameter yang akan diserap. Penelitian lain yang dilakukan Nurjannah, R. *et al.*, (2015) menjelaskan bahwa semakin lama waktu tinggal flok dalam tahap pengendapan maka jumlah flok yang akan terbentuk semakin baik.

Nilai efektivitas PAC dan tawas dalam menurunkan pH dan TSS terlihat bahwa dalam menurunkan pH tawas lebih efektif daripada PAC dengan prosentase penurunan lebih besar yaitu mencapai 12,5% terjadi pada perlakuan ketiga dengan dosis 3600 mg/l sedangkan PAC mencapai 9,72% terjadi pada perlakuan ketiga dengan dosis 3600 mg/l. Penurunan TSS dengan penambahan PAC dan penambahan tawas diketahui bahwa tawas lebih efektif daripada PAC dengan prosentase penurunan mencapai 91,59% yang terjadi pada perlakuan ketiga dengan dosis 3600 mg/l, sedangkan PAC prosentase penurunan mencapai 51,34% yang terjadi pada perlakuan kedua dengan dosis 2600 mg/l.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun hasil dan pembahasan mengenai diatas dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Rerata pH pada empat kelompok perlakuan (kontrol, X_1, X_2, X_3) untuk penambahan serbuk PAC dan penambahan serbuk tawas berturut-turut untuk PAC yaitu 7,2, 6,7, dan 6,7 dan tawas yaitu 7,2, 6,8, 6,4, dan 6,3. Sedangkan rerata TSS pada empat kelompok perlakuan (kontrol, X_1, X_2, X_3) penambahan serbuk PAC dan penambahan serbuk tawas berturut-turut untuk PAC yaitu 1720 mg/l, 1613 mg/l, 837 mg/l, dan tawas yaitu 1724 mg/l, 940 mg/l, 292 mg/l dan 145 mg/l.
- b. Terdapat perbedaan penurunan pH pada kelompok penambahan PAC dan kelompok penambahan tawas, prosentase penurunan pada penambahan PAC berturut-turut yaitu 6,94%, 6,94% dan 9,72%, sedangkan pada kelompok penambahan tawas prosentase penurunan berturut-turut yaitu 5,5%, 11,1% dan 12,5%. Perbedaan penurunan TSS pada kelompok penambahan PAC dan kelompok penambahan Tawas, prosentase penurunan pada penambahan PAC berturut-turut yaitu 6,22%, 51,34%, dan 46,22%, sedangkan pada kelompok penambahan tawas prosentase penurunan berturut-turut yaitu 45,48%, 83,06% dan 91,59%.
- c. Penurunan pH paling signifikan terjadi pada perlakuan penambahan tawas dimana penurunan pH mencapai 12,5% dan PAC mencapai 9,72%. Pada penurunan TSS didapatkan tawas lebih besar dalam menurunkan TSS dengan penurunan mencapai 91,59% dan PAC mencapai 46,22%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan tersebut disarankan sebagai berikut:

a. Bagi Dinas Lingkungan Hidup

PAC dan tawas sebagai bahan koagulan dapat digunakan untuk menurunkan pH dan TSS yang terkandung pada lindi, dan juga perlu dilakukan pengukuran empat parameter utama meliputi bahan organik terlarut, senyawa anorganik, logam berat dan senyawa organik yang terkandung didalam lindi.

b. Bagi penelitian selanjutnya perlu memperhatikan penggunaan *Jar-test* dengan variasi waktu dan dosis yang berbeda agar penentuan penggunaan PAC dan tawas lebih akurat, serta perlu adanya penelitian berkelanjutan terkait bahan apa saja yang terkandung pada air lindi di TPA Kabupaten Lumajang dan potensi pencemar yang ditimbulkan bagi lingkungan

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2015. Gambaran Umum Kondisi Daerah Kabupaten Lumajang. [*Serial Online*].
[https://lumajangkab.go.id/rpjmd2015/3.%20Bab2%20\(Kondisi%20Daerah%20Lumajang\).pdf](https://lumajangkab.go.id/rpjmd2015/3.%20Bab2%20(Kondisi%20Daerah%20Lumajang).pdf) [13 Juli 2017]
- Asmadi, dan Suharno. 2012. *Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Limbah*. Yogyakarta : Gosyen Publishing.
- Azamia, M. 2012. Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia dalam Penurunan Kadar Organik serta Logam Berat Fe, Mn, Cr, dengan Metode Koagulasi dan Absorpsi. *Skripsi*. Jawa Barat: Universitas Indonesia.
- Aziz, T, Pratiwi D.Y., dan Rethiana L. 2013. Pengaruh Penambahan Tawas $Al_2(SO_4)_3$ Dan Kaporit $Ca(OCl)_2$ Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Air Sungai Lambidaro. *Jurnal Teknik Kimia*, 3(19):55-65.
- Budi, Sudi Setyo. 2006. Penurunan Fosfat dengan Penambahan Kapus (Lime), Tawas, dan Filter Zeolit pada Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta. [*Tesis Ilmiah*]. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- Budiman, A, Candra W., Wenny, I., dan Herman H. 2008. Kinerja Koagulan Poly Alumunium Chloride (Pac) Dalam Penjernihan Air Sungai Kalimas Surabaya Menjadi Air Bersih. *Jurnal Teknik*. 7(1):25-34
- Candra, B. 2007. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta : EGC
- Dahlan, M. 2011. *Statistik untuk Kedokteran dan Kesehatan*. Jakarta : Salemba Medika.
- Damanhuri, Enri, dan Irsyad. 2009. *Evaluation of Municipal Solid Waste Flow in the Bandung Metropolitan Area Indonesia*. The Expert Meeting in Solid Waste Management in Asia and Pacific Islands.
- Dinas Lingkungan Hidup Lumajang. 2016. *Sampah dan Komposisi Sampah TPA Lumajang*. Lumajang: Dinas Lingkungan Hidup Lumajang

- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Cetakan Kelima*. Yogyakarta: Kanisius
- Ehrig, R.J (editor). 1993. "Plastic Recycling". New York: Oxford University Press.
- Elystia, S dan Jecky Asmura. 2014. Studi Kinetika Air Lindi TPA Muara Fajar Kecamatan Rumbai Pesisir, Pekanbaru. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 13(2):52-56.
- Environmental Protection Agency. 2002. "*Water Treatment Manuals: Coagulation, Flocculation & Clarification*", Wexford, Irlandia.
- Ernawati, J *et al.* 2017. Indonesia Hasilkan 65 Juta Ton Sampah Selama 2016. [Serial online] <http://nasional.news.viva.co.id/news/read/894458-indonesia-hasilkan-65-juta-ton-sampah-selama-2016>. (13 Juli 2017).
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta: Kanisius.
- G, Alaerts dan S.S. Santika. 1987. *Metoda penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Gebbie, P. 2005., "*A Dummy's Guide to Coagulants*", 68th Annual Water Industry Engineers and Operators, Conference Schweppes Centre, Bendigo.
- Gillespie, W. J., Mazzola, C.A., Marshall, D.W., 1970. Review of Strach Problems as Related to Stream Pollution. *Paper Trade Journal*. Vol. 154. Hal. 29-32.
- Hakim, Buddin. 2016. Studi Awal Potensi Limbah Cair Sampah (Lindi) Sebagai Sumber Energi Alternatif Biogas Di Tempat Pembungan Akhir (TPA) Keputih Surabaya. *Skripsi*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Himmah, Aminudi, dan Milala. 2009. *Potensi Limbah Air Lindi oleh Pseudomonas fluorescens sebagai Prebiotik Tanaman*. Tidak dipublikasikan. Program Kreativitas Mahasiswa. Bogor. Institut Pertanian Bogor

- Ignasius S., D.A. 2014. Perbandingan Efisiensi Koagulan *Poli Alumunium Khlorida* Dan *Alumunium Sulfat* Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut Dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal LIPI*, 1(24):13-21.
- Kusnaedi. 2002. *Mengolah Air Gambut dan Air Kotor Untuk Kebutuhan Air Minum*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Lindu, M.2015. Penentuan Koagulan untuk Mengolah Air Lindi Bantar Gebang menggunakan Koagulan *Poly Alumunium Chloride*, *Tawas*, dan *Polydiallyl Dimethyl Ammonium Chloride*.*Jurnal Sains Materi Indonesia* Vol.17, No.1:34-40
- Maramis, 2008.Pengelolaan Sampah dan Turunanya di TPA.Diakses dari jurnal melalui <https://core.ac.uk/download/pdf/32353717.pdf>.(19 Juni 2017).
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2001. *Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 416/Menkes/Per/IX Tahun 1990 tentang Standart Baku Mutu Aiir Limbah*. Jakarta : Menteri Kesehatan Republik Indonesia.
- Mulyadi. 2007. *Reguler Training : Chemical Proses Control In Water Treatment*. Serpong: Aula IPA Cisadane
- Nazir. 2011. *Metodologi Penelitian*. Jakarta :Ghalia Indonesia.
- Notoadmodjo, S. 2012. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta : PT Rineka Cipta.
- Noviani, H. 2012. Analisis Penggunaan Koagulan Poly Alumunium Chlorida (PAC) Dan Kitosan Pada Proses Penjernihan Air di PDAM Tirta Pakuan Bogor.*Skripsi Bogor*. Universitas Pakuan.
- Nurjanah, R. et al.,2015.Penentuan Dosis Koagulan pada Musim Hujan di PDAM Jember Unit Tegal Gede.*Jurnal Ilmiah Pertanian*.
- Nurlina, et al.,2015.Efektivitas Penggunaan Tawas dan Karbon Aktif pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu.*Jurnal Universitas Tanjungpura*.hal 690-699

- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. *Keputusan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Air*. Jakarta : Pemerintah Republik Indonesia.
- Pemerintah Republik Indonesia.2016. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI NoMOR p.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pemrosesan Akhir*. Jakarta:Pemerintah Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 tentang *Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah*.
- Pulungan D.A. (2012). *Evaluasi Pemberian Dosis Koagulan Aluminium Sulfat Cair Dan Bubuk Pada Sistem Dosing Koagulan Di Instalasi Pengolahan Air Minum PT. Krakatau Tirta Industri*.Skripsi. Bogor: IPB
- Priyono, Adi. 2008. *Pengolahan Leachate (Air Lindi) pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibaranag Semarang Secara Anaerob*. Makalah Penelitian. Fakultas Teknik:Universitas Diponegoro.
- Raditya, A.D. dan Jenny Caroline.2017.*Penurunan BOD5, COD dan TSS pada Limbah Cair Industri Batik dengan Koagulan PAC pada Proses Koagulasi Flokulasi*.*Jurnal Institusi Teknologi*. Vol. 1:55-60
- Raharjo,A.1993.*Teknik Penjernihan Air, Perkembangan Teknik Koagulasi*. Makalah Seminar Teknologi Pengolahan Air Minum dan Industri, 16 Juni 1993.Dilaksanakan oleh Jurusan Teknik Kimia UNDIP dan PT Perintis Anugerah Ciptatama Jakarta.
- Rahayu, W.P. dan Betty Sri, L.J. 1990. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Kanisius:Institut Pertanian Bogor.
- Rizki, F.W., Nugraha, Y.A., Nugroho, A.Y.2011. *Pemanfaatan Sampah Organik sebagai Bahan Dasar Pembuatan Kompos untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat Pemulung di Tempat Pengelolaan Akhir (TPA) Pakusari Jember*. Tidak Dipublikasikan. Program Kreativitas Jember. Universitas Jember.

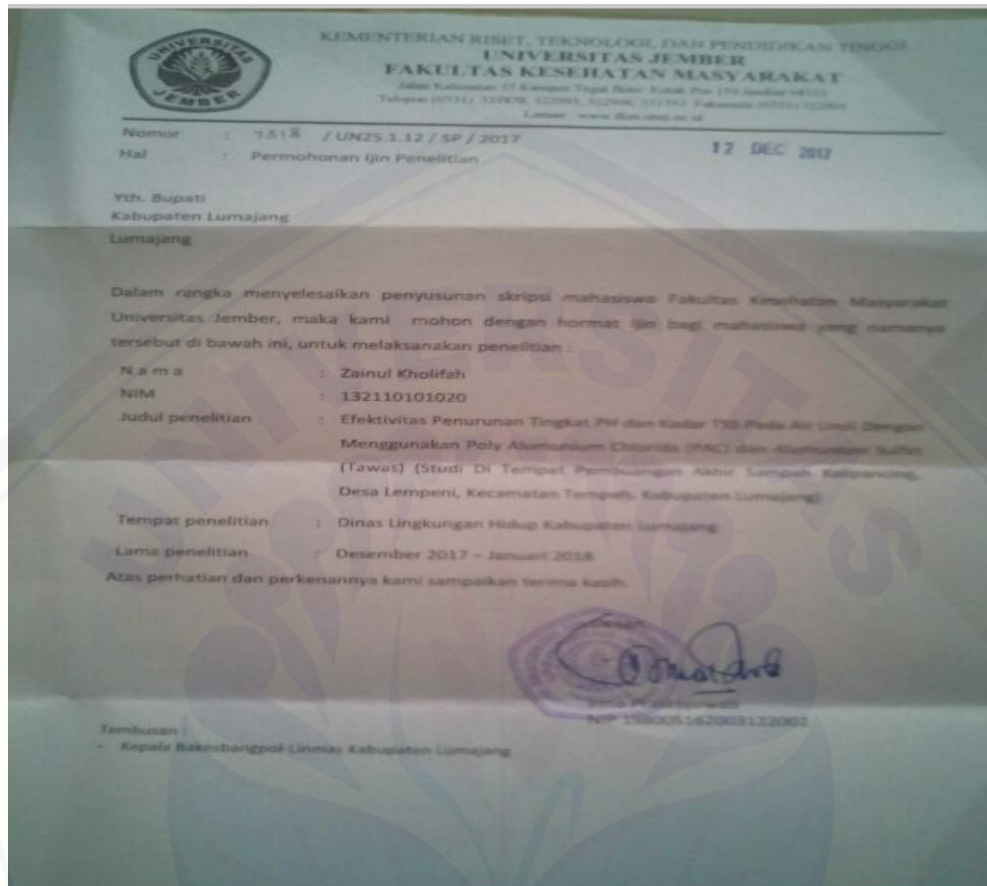
- Santoso, S. 2005. *Menguasai Statistika di Era Informasi dengan SPSS 12*. Jakarta: PT.Elex Media Komputindo.
- Samorn, M, C.L. sales, and S. Phunsiri. 2002. Solid Waste Recycling, Disposal and Management in Bangkok. *J. Environ. Res.* 28:106-112.
- Setyaningsih, D.2002. Perbandingan Efektivitas Penggunaan Koagulan FeCl₃, PAC, PE (Poly Electrolit) Pada Proses Koagulasi Limbah (White water) Pabrik Kertas. *Skripsi Teknik Kimia UPN Jatim*. Surabaya.
- Sofiah, D. et al.,2015.Perbandingan Penggunaan Poly Alumunium Chloride (PAC) dan Alumunium Sulfat (TAWAS) pada Proses Pengolahan Air Bersih di PDAM Jember.*Jurnal Berkala Teknologi Pertanian*.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta:UI-Press.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung:Alfabeta.
- Suharto. 2011. *Limbah Kimia : dalam Pencemaran Udara dan Air*. Yogyakarta: ANDI.
- Susilo, G.E. 2005. Diktat Mata Kuliah Rekayasa Lingkungan. Bandar Lampung
- Sutrisno, C.T.2004. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: PT. RINEKA CIPTA.
- Suwandi R., Cahiril I., Andri, T.R. 2016. Pengolahan Limbah Perendaman Karet Rakyat Dengan Metode Koagulasi dan Flokulasi Menggunakan Al₂(SO₄)₃, FeCl₃ dan PAC. *Jurnal Biorporal Industri*.7(1):17-25.
- Tchobanoglous.1993.*Intregated Solid Waste Management:Engineering Principles and Management Issues*. New York:McGraw-Hili, Inc.
- Tchobanoglous, G. dan Burton, F. L., 1991. *Wastewater Engineering Treatment,Disposal, reuse*. Series Water Resource and environmental engineering 6th ed.McGraw Hill Book Co., Singapore

Widyasari, N., Anita, D.M., & Rahayu, S.R.2013.Analisis Potensi Pencemaran Timbal (Pb) pada Tanah, Air Lindi dan Air Tanah (Sumur Monitoring) di TPA Pakusari Kabupaten Jember. Artikel Kesehatan Masyarakat.1:8



LAMPIRAN

Lampiran A. Hasil Uji Laboratorium





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS JEMBER – FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
 JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
 LABORATORIUM PENGENDALIAN DAN KONSERVASI LINGKUNGAN

DATA ANALISIS AIR

Dikirim oleh : Zainal Kholifah
 Dikirim Tanggal : 28 Desember 2017
 Jenis Sampel : Air Limbah (Air Lindi TPA)
 Pelaksana : Hendra Andriananta Pradana, S.TP

Analisa:

Kode Sampel	Hasil Analisis			
	pH	Deviasi	TSS (mg/L)	Deviasi
A1	6.7	0.08	1613	8
A2	6.7	0.09	837	1
A3	6.5	0.10	925	7
A4	7.2	0.05	1720	6
B1	6.8	0.08	940	2
B2	6.4	0.19	292	5
B3	6.3	0.08	145	5
B4	7.2	0.05	1724	5
Limbah Awal	7.1	0.02	1790	7
Metode Analisis	pH meter		Gravimetri	

Mengesahui,
 Ketua Jurusan Teknik Pertanian

(Dr. Sri Walguningsih, S.P., M.T.)
 NIP. 197211301999032001

Jember, 04 Januari 2018
 Ka. Lab. TPKL FTP – UNEJ,

(Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.)
 NIP. 197311301999032001

Lampiran B. Hasil Uji

Tests of Normality

	GROUP	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
pH	PAC_0mg	.407	6	.002	.640	6	.001
	PAC_1600mg	.293	6	.117	.822	6	.091
	PAC_2600mg	.202	6	.200 [*]	.853	6	.167
	PAC_3600mg	.401	6	.003	.770	6	.031
	TAWAS_0mg	.407	6	.002	.640	6	.001
	TAWAS_1600mg	.392	6	.004	.701	6	.006
	TAWAS_2600mg	.368	6	.011	.682	6	.004
	TAWAS_3600mg	.254	6	.200 [*]	.866	6	.212

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Test of Homogeneity of Variances

Ph

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.062	7	40	.405

Tests of Normality

	GROUP	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TSS	PAC_0mg	.273	6	.183	.882	6	.280
	PAC_1600mg	.349	6	.021	.671	6	.003
	PAC_2600mg	.254	6	.200 [*]	.866	6	.212
	PAC_3600mg	.228	6	.200 [*]	.942	6	.674
	TAWAS_0mg	.209	6	.200 [*]	.910	6	.438
	TAWAS_1600mg	.401	6	.003	.770	6	.031
	TAWAS_2600mg	.181	6	.200 [*]	.969	6	.887
	TAWAS_3600mg	.190	6	.200 [*]	.913	6	.459

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Test of Homogeneity of Variances

TSS

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.352	7	40	.041

Kruskal-Wallis Test PAC pada pH

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank
pH	PAC_0mg	6	21.50
	PAC_1600mg	6	12.83
	PAC_2600mg	6	11.33
	PAC_3600mg	6	4.33
	Total	24	

Test Statistics^{a,b}

			pH
Chi-Square			18.421
Df			3
Asymp. Sig.			.000
	Sig.		.000 ^c
Monte Carlo Sig.		Lower Bound	.000
	99% Confidence Interval	Upper Bound	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: GROUP

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 299883525.

Mann-Whitney Test

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
pH	PAC_0mg	6	9.50	57.00
	PAC_1600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	pH
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.966
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
pH	PAC_0mg	6	9.50	57.00
	PAC_2600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	pH
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.956
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
pH	PAC_0mg	6	9.50	57.00
	PAC_3600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	pH
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.994
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
pH	PAC_1600mg	6	7.17	43.00
	PAC_2600mg	6	5.83	35.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	pH
Mann-Whitney U	14.000
Wilcoxon W	35.000
Z	-.682
Asymp. Sig. (2-tailed)	.495
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.589 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
pH	PAC_1600mg	6	9.17	55.00
	PAC_3600mg	6	3.83	23.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	pH
Mann-Whitney U	2.000
Wilcoxon W	23.000
Z	-2.647
Asymp. Sig. (2-tailed)	.008
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.009 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
pH	PAC_2600mg	6	9.00	54.00
	PAC_3600mg	6	4.00	24.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	pH
Mann-Whitney U	3.000
Wilcoxon W	24.000
Z	-2.472
Asymp. Sig. (2-tailed)	.013
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.015 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Kruskal-Wallis Test Tawas pada pH

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank
pH	TAWAS_0mg	6	21.50
	TAWAS_1600mg	6	14.75
	TAWAS_2600mg	6	8.83
	TAWAS_3600mg	6	4.92
	Total	24	

Test Statistics^{a,b}

			pH
Chi-Square			19.364
Df			3
Asymp. Sig.			.000
	Sig.		.000 ^c
Monte Carlo Sig.		Lower Bound	.000
	99% Confidence Interval	Upper Bound	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: GROUP

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 334431365.

Mann-Whitney Test

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
pH	TAWAS_0mg	6	9.50	57.00
	TAWAS_1600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

		pH
Mann-Whitney U		.000
Wilcoxon W		21.000
Z		-2.994
Asymp. Sig. (2-tailed)		.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]		.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
pH	TAWAS_0mg	6	9.50	57.00
	TAWAS_2600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	pH
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.966
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
pH	TAWAS_0mg	6	9.50	57.00
	TAWAS_3600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	pH
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.966
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
pH	TAWAS_1600mg	6	8.75	52.50
	TAWAS_2600mg	6	4.25	25.50
	Total	12		

Test Statistics^a

	pH
Mann-Whitney U	4.500
Wilcoxon W	25.500
Z	-2.225
Asymp. Sig. (2-tailed)	.026
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.026 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
pH	TAWAS_1600mg	6	9.50	57.00
	TAWAS_3600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	pH
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.961
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
pH	TAWAS_2600mg	6	8.08	48.50
	TAWAS_3600mg	6	4.92	29.50
	Total	12		

Test Statistics^a

	pH
Mann-Whitney U	8.500
Wilcoxon W	29.500
Z	-1.640
Asymp. Sig. (2-tailed)	.101
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.132 ^b

- a. Grouping Variable: GROUP
- b. Not corrected for ties.

Kruskal-Wallis Test PAC pada TSS

	GROUP	N	Mean Rank
TSS	PAC_0mg	6	21.50
	PAC_1600mg	6	15.50
	PAC_2600mg	6	3.50
	PAC_3600mg	6	9.50
	Total	24	

			TSS
Chi-Square			21.675
Df			3
Asymp. Sig.			.000
	Sig.		.000 ^c
Monte Carlo Sig.	99% Confidence Interval	Lower Bound	.000
		Upper Bound	.000

- a. Kruskal Wallis Test
- b. Grouping Variable: GROUP
- c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 624387341.

Mann-Whitney Test

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
TSS	PAC_0mg	6	9.50	57.00
	PAC_1600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	TSS
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.892
Asymp. Sig. (2-tailed)	.004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
TSS	PAC_0mg	6	9.50	57.00
	PAC_2600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	TSS
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.913
Asymp. Sig. (2-tailed)	.004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
TSS	PAC_0mg	6	9.50	57.00
	PAC_3600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	TSS
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.892
Asymp. Sig. (2-tailed)	.004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
TSS	PAC_1600mg	6	9.50	57.00
	PAC_2600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	TSS
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.913
Asymp. Sig. (2-tailed)	.004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
TSS	PAC_1600mg	6	9.50	57.00
	PAC_3600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	TSS
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.892
Asymp. Sig. (2-tailed)	.004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
TSS	PAC_2600mg	6	3.50	21.00
	PAC_3600mg	6	9.50	57.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	TSS
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.913
Asymp. Sig. (2-tailed)	.004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Kruskal-Wallis Test Tawas pada TSS

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank
TSS	TAWAS_0mg	6	21.50
	TAWAS_1600mg	6	15.50
	TAWAS_2600mg	6	9.50
	TAWAS_3600mg	6	3.50
	Total	24	

Test Statistics^{a,b}

		TSS
Chi-Square		21.704
Df		3
Asymp. Sig.		.000
	Sig.	.000 ^c
Monte Carlo Sig.	Lower Bound	.000
	99% Confidence Interval	
	Upper Bound	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: GROUP

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 1502173562.

Mann-Whitney Test

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	TAWAS_0mg	6	9.50	57.00
TSS	TAWAS_1600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

		TSS
Mann-Whitney U		.000
Wilcoxon W		21.000
Z		-2.934
Asymp. Sig. (2-tailed)		.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]		.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	TAWAS_0mg	6	9.50	57.00
TSS	TAWAS_2600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	TSS
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.887
Asymp. Sig. (2-tailed)	.004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	TAWAS_0mg	6	9.50	57.00
TSS	TAWAS_3600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	TSS
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.882
Asymp. Sig. (2-tailed)	.004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	TAWAS_1600mg	6	9.50	57.00
TSS	TAWAS_2600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	TSS
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.939
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	TAWAS_1600mg	6	9.50	57.00
TSS	TAWAS_3600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	TSS
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.934
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.

Ranks

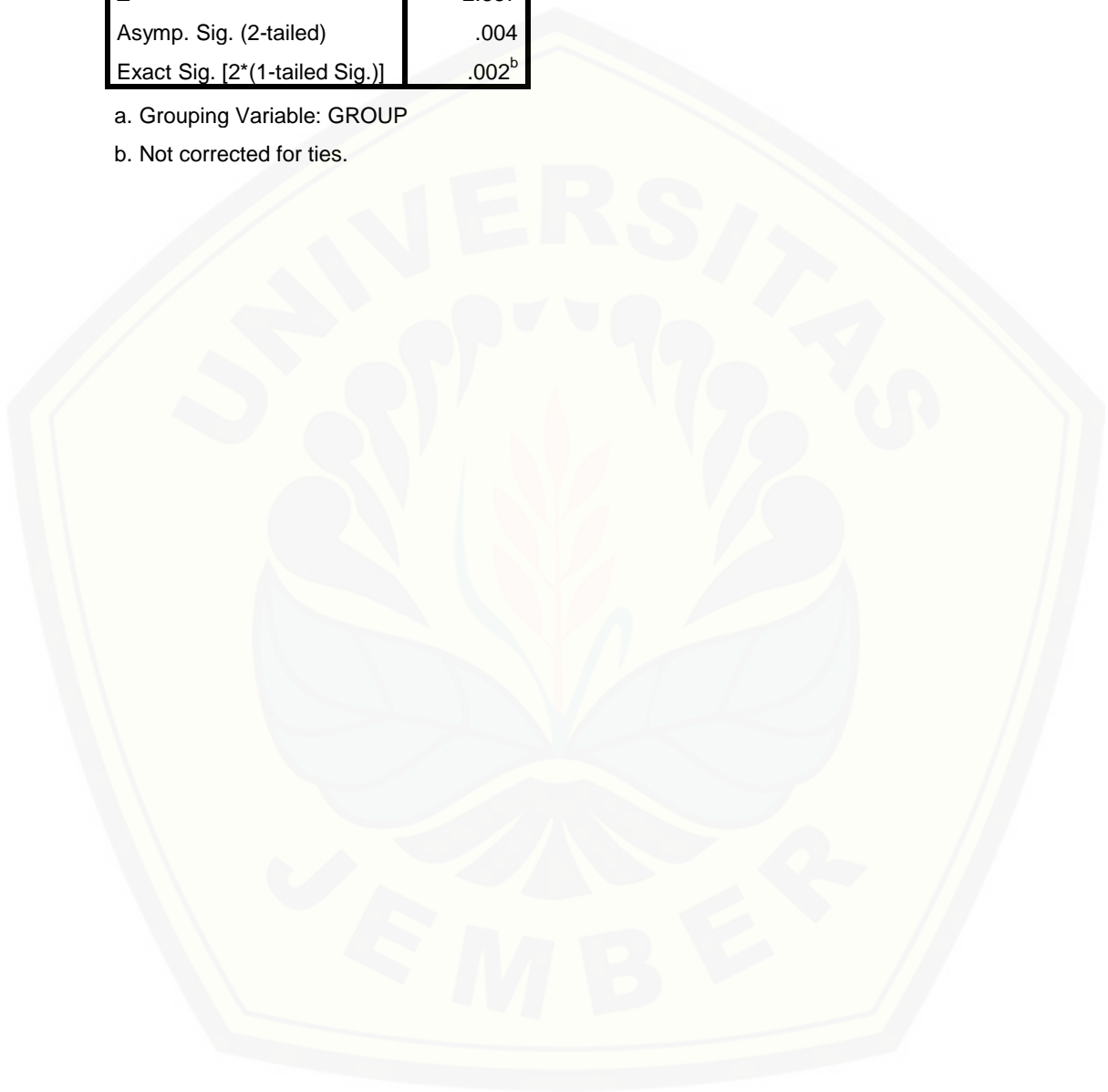
	GROUP	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	TAWAS_2600mg	6	9.50	57.00
TSS	TAWAS_3600mg	6	3.50	21.00
	Total	12		

Test Statistics^a

	TSS
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	21.000
Z	-2.887
Asymp. Sig. (2-tailed)	.004
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: GROUP

b. Not corrected for ties.



Lampiran C. Dokumentasi Kegiatan

PERSIAPAN



Gambar 1
Bahan serbuk PAC dan Tawas



Gambar 2
Penimbangan serbuk PAC dan
Tawas



Gambar 3
Pemasukan air lindi ke beaker glass



Gambar 4
Kondisi air lindi sebelum
pengontakan



Gambar 5.
Pemberian serbuk PAC dan Tawas



Gambar 6.
Pemutaran alat Jar-Test



Gambar 7
Proses pembentukan flok oleh PAC



Gambar 8.
Proses pembentukan flok
oleh Tawas



Gambar 9.
Proses penghitungan TSS



Gambar 10.
Proses penghitungan pH