

SKRIPSI

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

UJI KEMAMPUAN CLARIFIER THICKENER DALAM MENURUNKAN KADAR BOD DAN PO₄ PADA LIMBAH TAHU

Oleh :

TRIYAS YEKTI WULANDARI
00.26.028



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2005**

MILK
RECONDENSED
THE MARRIOTT

SIKIPSI

INI MEMAMPILKAN CANTING THICKENER
DALAM MEMURUKAN RASAR BOD DAN PO,
PADA (MARI) HARI

1950

THYAS YENI WILMABAN
800 25 00



WAGREKOWALI MARET KORTE MANDONW
JURUSAN TEKNIK LINDONGAN
FABRIKAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNIK DAN INDUSTRIAL MALANG
2002

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

***UJI KEMAMPUAN CLARIFIER THICKENER DALAM
MENURUNKAN KADAR BOD DAN PO.
PADA LIMBAH TAHU***

Oleh:


**TRIYAS YEKTI WULANDARI
00.26.028**

**Menyetujui :
Tim Pembimbing**


Dosen Pembimbing I


Dosen Pembimbing II


DR. Ir. Hery Setyobudiarso, MSi
NIP. 131 965 844


Sudiro, ST. MT
NIP. Y.103 990 0327

**Mengetahui
Ketua Jurusan/Prodi Teknik Lingkungan**


Sudiro, ST. MT
NIP. Y.103 990 0327



LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

UJI KEMAMPUAN CLARIFIER THICKENER DALAM MENURUNKAN KADAR BOD DAN PO, PADA LIMBAH TAHU

Oleh:

TRIYAS YEKTI WILANDARI
00.26.028

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan/Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata satu (S-1), dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 19 September 2005.

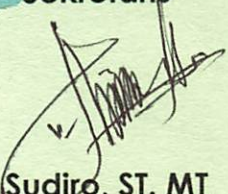
Mengetahui
Panitia Ujian Komprehensif Skripsi

Ketua



Ir. Agustina Nurul Hidayati, MTP
NIP.Y.103 900 214

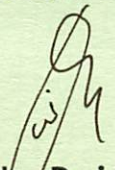
Sekretaris



Sudiro, ST. MT
NIP.Y.103 990 0327

Dewan Penguji

Dosen Penguji I



Candra Dwi Ratna, ST.
NIP.P. 103 000 0349

Dosen Penguji II



Ir. Raphael Sotang
NIP.Y. 101 800 0028

Orang selalu menyalahkan keadaan
Aku tak percaya akan keadaan
Orang yang berhasil di dunia
adalah orang yang bangkit dan mencari
keadaan yang mereka inginkan dan,
kalau mereka tak menemukannya
mereka akan menciptakannya.....
(George Bernard Show)

seriap SAHABAT
menampilkan sebuah dunia di dalam diri kita
suatu dunia yang mungkin tak akan pernah ada
kalau si SAHABAT itu tidak muncul
dan hanya lewat pertemuan inilah
sebuah dunia akan lahir

(Anais Nin)

Kegagalan adalah penundaan, bukan kekalahan
Kegagalan adalah jalan memutar, bukan jalan buntu
(William James)

Kesajaiban terjadi dalam sekejap
Tak bisa dipanggil , namun datang dengan sendirinya
Biasanya pada saat yang tidak biasa dan
pada orang yang paling tidak menduganya.....
(Katharine A. Porter)

PERSEMBAHANKU.....

Sebuah karya kecil untuk kedua orang tuaku yang tercinta.....

*" Ayahanda SUPRAPTO "
" Ibunda ARDINA ISDIARTI "*

Semua ungkapan ataupun kata-kata terima kasih tidak akan cukup ananda ucapkan atas semua pengorbanan, jerih payah, do'a dan air mata yang telah ayahanda dan ibunda berikan untuk menggapai segala impian dan cita-cita ananda. Sungguh ananda bersyukur telah memiliki orang tua seperti ayahanda dan ibunda, dengan sepenuh hati mengasuh, membimbing dan membekali ananda dengan ilmu dunia dan akhirat. Dukungan ayahanda dan ibunda berikan selama ini untuk ananda telah memberikan semangat tersendiri bagi ananda untuk bisa menyelesaikan karya kecil ini.

Terima kasih yang tiada hingga atas petuah dan nasehat dari ayahanda dan ibunda sehingga ananda bisa kuat dan sanggup menghadapi segala cobaan dan rintangan. Terima kasih atas semua limpahan kasih sayang, do'a, dorongan dan arahnya, serta lilit penerangan yang kau berikan hingga mengantarkan 'TIYOX' menjadi seorang Sarjana.....

Saudariku yang tercinta dan kusayangi.....

.....Mbak Widy "Ririn" Sulistyorini....

Banyak hal yang selama ini sangat aku ingat sampai sekarang ini, semua kenangan masa-masa kecil bersama sampai kita tumbuh dewasa bersama di rumah....dan satu hal yang slama ini masih kujaga dan terpelihara dengan baik dalam hati ini "aku amat sayang dan mencintai" mu mbak, dan apapun yang terjadi kita adalah doa saudara yang tidak akan terpisah oleh apapun. Makasih atas perhatiannya, dorongan, doa, air mata dan pelukanmu selama ini.. semua itu membuat aku bangga telah punya kakak seperti mu dan untuk kakak iparku Mas Doni...makasih juga atas semua perhatiannya dan mudah-mudahan mas yang akan menjaga dan melindungi mbak selamanya, dan gak lupa sama si kecil Adit "Didut"yang telah bikin tante dlatu kangen untuk pulang ke Blitar.....

Seseorang yang telah mencintai dan menyayangiku.....

.....Akhdiat "Papai" Suhirman.....

Selama selang waktu yang telah kita lewati bersama, begitu banyak perhatian, pengorbanan, kasih sayang dan cinta yang telah papai berikan dan Triyas merasa bersyukur pada Tuhan telah mengirim seorang "Akhdiat Suhirman" untuk mendampingiiku selama ini. Terima kasih atas semua dorongan, doa dan penyertaannya selama ini khususnya dalam penyelesaian skripsi ini sehingga memberikan nuansa tersendiri dalam jiwa Triyas untuk membangkitkan rasa percaya diri, terima kasih karena telah memberikan tempat untuk berkeluh kesah, berbagi kebahagiaan dan kesedihan serta mambantu Triyas untuk bisa kuat dan berdiri lagi disaat sedang rapuh... 'U Are My Soul'....

Terima Kasih untuk Keluarga di Blitar.....

Kakung dan Eyang Baris, Om Totok dan Bulek Pur trima kasih dorongan dan doanya buat Triyas, Bude Min sekeluarga terima kasih atas segala nasehat dan doanya.

Keluarga Papah & Mamah Suhirman di Kalimantan.....

Terima kasih atas semua perhatian dan doanya untuk Triyas, Mamah...terima kasih karena selama bulan bulan terakhir pengerjaan skripsi ini telah banyak memberikan perhatian dan segala bantuan yang Triyas perlukan dan berdoa untuk Triyas saat ujian seminar hasil serta kompre. De' Icha.... Makasih atas perhatiannya sama mbak. Dede' Hazmi...makasih juga untuk perhatiannya sama mbak...jadi anak yang baik ya dan jangan susah lagi kalau dibangunkan pagi buat sekolah.....

SPECIAL THANK'S TO.....

TEMEN TEMEN seperjuangan.....

DEWI-SARI (makasih atas kebersamaan dan persahabatan kita selama ini, aku bersyukur punya sahabat seperti kalian berdua, kalian adalah "my best friend"), Azis Qriwul (matur nuwun... aku banyak ngrepotin kamu slama ini), Linda-Sigit (mudah-mudahan slalu bisa atasi cobean berdua, selamat ya!), Iyan-Lalu-Minar (He he kemarin sempat deh degan ya, akhirnya...kita lulus jugal!!!), Agni (semangat non, kita lulus bareng!smoga bisa ke Kalimantan bareng juga he he he....), Linda-Nila-Eda-Nini' Obaz-Dedik-Rebi-Iman-Ali-Robby-Arif-Haris-Johan-Mas Rochim (cepat lulus juga ya), Ketut-Syamsi-Indah-Made (akhirnya aku bisa nyusul kalian juga), Ivan (asik ga jadi PNS? Ikut donk!!)

TEMEN TEMEN '01

Wawan (jangan usil lagi donk, cepet seminar proposal!!!) Ika (senengnya slalu goadain kamu, makasih pinjaman bukunya ya...) dan temen-temen '01 lainnya Widy, Putu, Taufik... makasih

Anak-anak C-!!....

Astuti - Mas Arif (makasih banyak atas dorongan, inspirasinya buat aku) Ulva-Rizal-Sinta-Ninok-Sita (akhirnya aku bisa nyusul kalian..... thanks udah menginspirasi aku untuk cepet selesai!!good luck buat kalian)

ABSTRACT

Wulandari, TY., Setyobudiarso, H., Sudiro., 2005., "The Ability Test of Clarifier Thickener in Decreasing BOD and PO₄ Content at Soybean Curd., Thesis Subfaculty Environment Technique., FTSP ITN Malang.

Waste water that come from soybean curd industry has high polluter. Parameter that used to know polluter level is Biological Oxygen Demand (BOD) and Phosphate (PO₄). One alternative to decrease the content of soybean curd polluter is water cleaning using sedimentation principle, development alternative is using sedimentation tool namely clarifier thickener. Coagulant CAPAC be used to know the ability of clarifier thickener in decreasing BOD and PO₄ content from soybean curd waste and to know the difference the level BPD and PO₄ using PAC concentration and stirring different.

This research uses clarifier thickener with coagulant concentration PAC 400 ppm, 500 ppm, 600 ppm and 700 ppm at 6 minutes, 9 minutes, 12 minutes, and 15 minutes stirring, using flocculation coagulation process. Titration be used to analyze in knowing BOD concentration that using clarifier thickener and to know the concentration of PO₄ it used spectrophotometer reading with 360 nm length wave. To know the difference between from some experiment namely PAC concentration and stirring time variation it used statistic analyze and ANOVA, correlation, and regression test.

The research result show that lowest percent of BOD decrease after flocculation coagulation process is using PAC 400 ppm with 6 minutes stirring and the highest decrease is at 700 ppm with 15 minutes stirring. The lowest percent of PO₄ decrease after flocculation coagulation process is using PAC 400 ppm with 6 minutes stirring and the highest decrease is at 700 ppm with 15 minutes stirring.

Keyword : clarifier thickener, soybean curd waste, coagulation flocculation

ABSTRAKSI

Wulandari, TY., Setyobudiarso, H., Sudiro., 2005., *Uji Kemampuan Clarifier Thickener Dalam Menurunkan Kadar BOD Dan PO₄ Pada Limbah Tahu.*, Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan., FTSP ITN Malang.

Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu mempunyai beban pencemar yang cukup tinggi . Parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran tersebut adalah Biological Oxygen Demand (BOD) dan Fosfat (PO₄). Salah satu alternatif untuk menurunkan kandungan pencemar dari limbah tahu adalah dengan cara penjernihan dengan prinsip sedimentasi (pengendapan), alternatif pengembangan tersebut adalah dengan penggunaan alat pengendap tipe clarifier thickener. Digunakan koagulan PAC untuk meningkatkan efisiensi pengolahan limbah tahu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan alat clarifier thickener dalam menurunkan kadar BOD dan PO₄ yang terdapat dalam limbah tahu dan mengetahui perbedaan penurunan kadar BOD dan PO₄ dengan variasi konsentrasi PAC dan waktu pengadukan.

Penelitian ini menggunakan alat clarifier thickener dengan variasi konsentrasi koagulan PAC 400 ppm, 500 ppm, 600 ppm, 700 ppm dan waktu pengadukan 6 menit, 9 menit, 12 menit, 15 menit dengan proses koagulasi flokulasi. Metode analisa yang digunakan untuk mengetahui besar konsentrasi BOD dengan menggunakan alat clarifier thickener, digunakan titrasi sedangkan untuk mengetahui konsentrasi PO₄ digunakan pembacaan spektrofotometer dengan panjang gelombang 360 nm. Untuk mengetahui perbedaan antara berbagai variasi percobaan yaitu variasi konsentrasi PAC dan variasi waktu pengadukan dilakukan analisa statistik dengan uji anova, korelasi, regresi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penyisihan konsentrasi BOD setelah proses koagulasi flokulasi yang paling rendah adalah pada konsentrasi PAC 400 ppm dengan waktu pengadukan 6 menit dan persentase penyisihan yang paling tinggi adalah pada konsentrasi PAC 700 ppm dengan waktu pengadukan 15 menit. Persentase penyisihan konsentrasi PO₄ setelah proses koagulasi flokulasi yang paling rendah adalah pada konsentrasi PAC 400 ppm dengan waktu pengadukan 6 menit dan persentase penyisihan yang paling tinggi adalah pada konsentrasi PAC 700 ppm dengan waktu pengadukan 15 menit.

Kata kunci: Clarifier Thickener, Limbah Tahu, Koagulasi Flokulasi, BOD, PO₄

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul ***“Uji Kemampuan Clarifier Thickener Dalam Menurunkan Kadar BOD dan PO₄ Pada Limbah Tahu”*** ini tepat waktunya.

Skripsi ini disusun setelah melalui penelitian, analisa data dan pembahasan dari data yang telah diperoleh dari penelitian. Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, kerja sama dan bimbingan dari semua pihak, karena itu dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak dan Ibundaku serta segenap keluarga tercinta yang selalu memberikan semua dukungan, perhatian, kekuatan dan doa serta memberikan hidup ini lebih berarti untukku, my sister tercinta makasih supportnya.
2. Ibu Anis Artiyani, ST. selaku Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian di Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
3. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSi selaku dosen wali dan dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
4. Bapak Sudiro , ST. MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang dan selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
5. Ibu Evy Hendriarianti, ST, MMT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
6. Ibu Chandra Dwiratna W, ST. MT selaku dosen pembahas dan penguji yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
7. Ibu Tuani Lidiawati, ST. MT selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
8. Bapak Ir. Raphael Sotang, selaku dosen penguji.

9. Dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang
 10. Teman-temenku Teknik Lingkungan khususnya Angkatan '00 dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam proses penyelesaian laporan skripsi ini.
- Kesadaran akan masih banyaknya kekurangan atas laporan ini, membuat penyusun berharap akan adanya masukan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi yang kami susun.
- Dan akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater, khususnya para rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang.

Malang, September 2005

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	
ABSTRAKSI	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Air Limbah.....	4
2.2 Pengertian Air Limbah Industri.....	4
2.3 Prinsip Pengolahan Air Limbah	5
2.4 Karakteristik Air Limbah	7
2.4.1 Parameter Fisik.....	7
2.4.2 Parameter Kimia.....	8
2.4.3 Parameter Biologis	9
2.5 Bahan Produksi Tahu	10
2.6 Proses Produksi Tahu	11
2.7 Kerusakan Tahu.....	15
2.8 Karakteristik Air Limbah Tahu	15
2.9 Parameter Yang Diuji.....	16
2.9.1 Biological Oxygen Demand (BOD)	16
2.9.2 Fosfat (PO ₄).....	16
2.9.3 Nitrat (NO ₃)	17

2.9.4 Sulfat (SO ₄)	18
2.10 Pengolahan Limbah Tahu.....	19
2.11 Pengertian Koagulasi dan Flokulasi	19
2.11.1 Proses Koagulasi Flokulasi	21
2.11.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi Flokulasi	22
2.12 Filtrasi.....	25
2.13 Penjernihan.....	26
2.14 Clarifier	26
2.15 Pengendapan dalam Clarifier	27
2.16 Pengentalan Lumpur (Sludge Thickening).....	28
2.17 Pengentalan Gaya Berat (Gravity Thickening).....	29
2.18 Kriteria Rancangan.....	29
2.19 Koagulan	29
2.20 Jar Test	31
2.21 Pengumpulan Data Dan Pengolahan Data.....	31
2.21.1 Metode Statistik	32
2.21.2 Pengujian Keseragaman Data.....	32
2.21.3 Pengolahan Data Secara Statistik.....	33
2.21.4 Generalisasi Dan Kesimpulan Analisis Data.....	38

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian.....	39
3.2 Tempat dan Lokasi Penelitian	39
3.3 Variabel Penelitian	39
3.3.1 Variabel Terikat.....	39
3.3.2 Variabel Tetap	39
3.3.3 Variabel Bebas	39
3.4 Rancangan Percobaan.....	39
3.4.1 Pengambilan Sampel	39
3.4.2 Persiapan Alat dan Bahan.....	39
3.4.3 Reaktor Clarifier Thickener.....	40

3.4.4 Analisa Pendahuluan	41
3.5 Pelaksanaan Percobaan	41
3.5.1 Tahap Persiapan	41
3.5.2 Tahap Penelitian	41
3.6. Metode Penelitian.....	42
3.6.1 Metode Analisa.....	42
3.6.2 Metode Statistik.....	42
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	43
3.8 Susunan Reaktor.....	44
3.9 Alat Clarifier Thickener	45

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian.....	46
4.2 Analisa Konsentrasi Akhir BOD.....	47
4.2.1 Analisa ANOVA	49
4.2.2 Analisa Korelasi	52
4.2.3 Analisa Regresi.....	53
4.3 Analisa Konsentrasi Akhir PO ₄	55
4.3.1 Analisa ANOVA	57
4.3.2 Analisa Korelasi	60
4.3.3 Analisa Regresi.....	61
4.4 Pembahasan	64
4.4.1 Pengaruh Variabel Konsentrasi PAC dan Waktu Pengadukan Terhadap % Penyisihan BOD.....	64
4.4.2 Pengaruh Variabel Konsentrasi PAC dan Waktu Pengadukan Terhadap % Penyisihan PO ₄	65

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	70
5.2 Saran.....	70

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Unit Operasi/ Proses Sistem Pengolahan Air Limbah untuk Penyisihan Zat Pencemar Utama yang Terdapat Dalam Air Limbah	5
Tabel 4.1 Data Konsentrasi Akhir BOD	46
Tabel 4.2 Data Konsentrasi Akhir PO ₄	47
Tabel 4.3 Perhitungan Persentase Removal BOD.....	48
Tabel 4.4 Hasil Uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi BOD dengan Alat Clarifier	49
Tabel 4.5 Hasil Uji Duncan Konsentrasi BOD	50
Tabel 4.6 Korelasi antara Persentase Konsentrasi BOD, Waktu Pengadukan (menit) dan Konsentrasi PAC (ppm)	52
Tabel 4.7 Hasil Uji Regresi ANOVA.....	53
Tabel 4.8 Tabel Persamaan Regresi	54
Tabel 4.9 Tabel Persamaan R Square.....	54
Tabel 4.10 Perhitungan Persentase Removal PO ₄	56
Tabel 4.11 Hasil Uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi PO ₄ dengan Alat Clarifier	57
Tabel 4.12 Hasil Uji Duncan Konsentrasi BOD	58
Tabel 4.13 Korelasi antara Persentase Konsentrasi PO ₄ , Waktu Pengadukan (menit) dan Konsentrasi PAC (ppm)	60
Tabel 4.14 Hasil Uji Regresi ANOVA.....	61
Tabel 4.15 Tabel Persamaan Regresi	62
Tabel 4.16 Tabel Persamaan R Square.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Alir Produksi Tahu.....	14
Gambar 3.1 Susunan Reaktor	44
Gambar 3.2 Alat Clarifier Thickener	45
Gambar 4.1 Grafik Persentase Penyisihan Konsentrasi BOD.....	49
Gambar 4.3 Grafik Persentase Penyisihan Konsentrasi PO ₄	57

DAFTAR LAMPIRAN

A. LAMPIRAN 1	
◆ PENENTUAN BOD	i
◆ ANALISA BOD	ii
B. LAMPIRAN 2	
◆ PENENTUAN PO ₄	iii
◆ ANALISA PO ₄	iv
C. LAMPIRAN 3 HASIL ANALISA BOD & PO₄	v
D. LAMPIRAN 4	
◆ KESERAGAMAN DATA BOD	vi
◆ KESERAGAMAN DATA PO ₄	vii
E. LAMPIRAN 5 DOKUMENTASI PENELITIAN	
◆ GAMBAR AIR LIMBAH TAHU	viii
◆ GAMBAR KOAGULAN PAC	viii
◆ GAMBAR REAKTOR CLARIFIER THICKENER	ix
◆ GAMBAR NERACA ANALITIS, NaOH, KERTAS LAKMUS ...	x
◆ pH METER	x
◆ GAMBAR PERALATAN PENELITIAN	xi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah adalah air buangan dari suatu lingkungan masyarakat. Air limbah ini dapat berasal dari limbah domestik, industri, pertanian dan lain sebagainya. Di dalam air buangan tersebut banyak terkandung parameter-parameter seperti : BOD, COD, TSS, minyak, lemak dan sebagainya. Dan parameter-parameter tersebut bila keberadaannya melebihi ambang batas atau melebihi dari baku mutu limbah cair yang telah ditetapkan dapat menimbulkan pencemaran pada badan air penerima, yang dapat menyebabkan timbulnya bau busuk atau berkurangnya nilai estetika dan gangguan kesehatan pada manusia.

Tahu yang merupakan hasil produksi industri rumah tangga merupakan makanan sehari – hari bagi kebanyakan masyarakat Indonesia, semakin hari semakin banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Dengan meningkatnya konsumsi tahu oleh masyarakat dapat mengakibatkan kontinuitas limbah industri tahu menjadi semakin meningkat juga.

Disisi lain, dalam proses produksi tahu juga berdampak negatif yaitu adanya limbah cair yang dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Pencemaran tersebut akan mulai terasa apabila laju pertumbuhan industri tidak seiring dengan penataan lingkungan. Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu mempunyai beban pencemar yang cukup tinggi . Limbah cair industri tahu yang biasanya kandungan organikya tinggi harus ditangani secara serius, karena dapat menimbulkan dampak atau masalah pencemaran lingkungan apabila dibuang langsung ke lingkungan terutama badan air disekitar lokasi industri, atau tanpa melalui pengolahan limbah cair untuk menurunkan kandungan organikya terlebih dahulu

Beban pencemar yang ditimbulkan tersebut akan menimbulkan bau yang kurang sedap, sebagai akibat dari penguraian bahan – bahan organik (protein) secara alami sehingga meresahkan masyarakat sekitar perusahaan tahu tersebut. Bertitik tolak dari permasalahan tersebut maka perlu kiranya suatu pengolahan

lebih lanjut dari limbah tersebut. Kandungan organik yang tinggi pada limbah cair industri tahu dapat diturunkan dengan pengolahan biologis yang memanfaatkan mikroorganisme aerobik atau anaerobik. Untuk saat ini pengolahan biologis yang diantaranya banyak digunakan adalah pengolahan biologis dengan menggunakan proses Lumpur aktif, kolam oksidasi dan Upflow Anaerobik Sludge Blanket (UASB). Alternatif lainnya yang dapat digunakan untuk dapat menurunkan kekeruhan dari limbah tahu yaitu dengan cara penjernihan dengan prinsip sedimentasi (pengendapan).

Penjernihan adalah proses memisahkan material tidak larut dari air. Penjernihan dapat diaplikasikan untuk penanganan limbah air industrial, membuang padatan dari air , lumpur limbah aktif. Karena luasnya pemakaian dan pentingnya air yang memenuhi syarat air yang aman untuk digunakan sesuai peruntukannya, perlu dicari pengembangan cara penjernihan dengan prinsip sedimentasi agar didapatkan sistem penjernihan air yang efektif dan efisien. Salah satu alternatif pengembangan tersebut adalah dengan penggunaan alat pengendap tipe clarifier thickener.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah kemampuan alat clarifier thickener dalam menurunkan kadar BOD dan PO_4 yang terdapat dalam limbah tahu
2. Adakah perbedaan penurunan nilai BOD dan PO_4 pada pemakaian PAC dengan konsentrasi dan waktu pengadukan yang berbeda.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui kemampuan alat clarifier thickener dalam menurunkan kadar BOD dan PO_4 yang terdapat dalam limbah tahu
2. Mengetahui perbedaan penurunan kadar BOD dan PO_4 dengan variasi konsentrasi PAC dan waktu pengadukan

1.4 Manfaat Penelitian

1. Dapat memberikan tambahan alternatif dan pengetahuan baru mengenai proses penurunan BOD dan PO₄.
2. Merupakan suatu teknologi tepat guna untuk mengolah dan menurunkan kadar BOD dan PO₄ yang terdapat dalam limbah tahu sehingga dapat memenuhi standart baku mutu air buangan.

1.5 Ruang Lingkup

Dari tujuan penelitian diatas, ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat alat clarifier thickener dalam skala laboratorium.
2. Parameter yang dianalisa yaitu BOD dan PO₄
3. Untuk menetralkan pH menggunakan larutan NaOH.
4. Melakukan percobaan untuk penurunan kadar BOD dan PO₄ dengan pengaturan :
 - Variasi dosis koagulan = 400, 500, 600 dan 700 ppm
 - Variasi waktu pengadukan = 6, 9, 12 dan 15 menit
5. Melakukan analisa kandungan BOD dan PO₄ pada awal dan akhir setiap percobaan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air Limbah

Menurut *Sugiharto (1987)* , air buangan / limbah (wastewater) adalah kotoran dari masyarakat, rumah tangga dan juga berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta air buangan lainnya, dengan demikian air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum. Sedangkan menurut *Metcalf dan Eddy (1984)* batasan Air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah – sampah cair yang berasal dari daerah pemukiman, perkantoran, perdagangan, dan industri bersama – sama dengan air tanah dan air hujan yang mungkin ada.

Air limbah mengandung berbagai mikroorganisme patogen dan penyebab penyakit pada manusia, air limbah juga mengandung senyawa – senyawa beracun yang dapat membahayakan kehidupan dan kelestarian lingkungan. Untuk alasan tersebut pemisahan secara cepat dan tepat, diikuti dengan pengelolaan dan pengolahan serta pembuangan adalah hal yang sangat penting dalam masyarakat baik masyarakat umum maupun masyarakat industri.

2.2 Pengertian Air limbah Industri

Limbah industri adalah air buangan yang berasal dari berbagai jenis kegiatan proses produksi suatu industri. Limbah cair industri pada umumnya lebih sulit dalam pengolahannya serta mempunyai variasi yang besar, zat – zat yang terkandung di dalamnya dapat berupa zat pelarut, mineral, logam berat, zat – zat organik maupun zat anorganik, minyak & lemak, garam – garam, zat warna nitrogen, sulfide, amoniak dan zat yang bersifat racun (toksik).

2.3 Prinsip Pengolahan Air Limbah

Pengolahan air limbah adalah proses yang dilakukan terhadap limbah yang mulai masuk hingga keluar dari proses merupakan serangkaian perlakuan guna menurunkan bahan pencemarnya. Untuk hal itu diperlukan suatu instalasi pengolahan dan proses yang dapat menghilangkan atau menurunkan kandungan zat pencemar tersebut. Unit operasi dan proses serta sistem pengolahan air limbah untuk menyisihkan zat pencemar utama yang terdapat dalam air limbah dapat dilihat pada tabel 2.1. Metode pengolahan yang paling tepat digunakan untuk air limbah industri tertentu sangat tergantung pada kandungan dan beban bahan polutan sekaligus sifat – sifatnya, yang dalam hal ini sifat fisik, kimiawi dan biologis. Pemilihan metode yang tepat tersebut dimaksudkan agar proses pengolahan air limbah nantinya dapat efektif dan efisien.

Sesuai dengan tujuan utama pengolahan air limbah, yaitu untuk mengurangi bahan – bahan cemaran hingga pada tingkat yang memenuhi baku mutu air limbah yang ditetapkan pemerintah sehingga memungkinkan air limbah dapat dibuang secara aman tanpa menimbulkan pencemaran pada badan air penerima.

Tabel 2.3 Unit Operasi / Proses Sistem Pengolahan Air Limbah untuk Penyisihan Zat Pencemar Utama yang Terdapat Dalam Air Limbah.

Kontaminan (Pencemar)	Unit Operasi/Proses dan Sistem Pengolahan
Suspended Solid	<ul style="list-style-type: none">• Screening dan comunitor• Grit Removal• Sedimentasi• Filtrasi• Flotation• Chemical Polymer Addition• Koagulasi / sedimentasi• Land Treatment

Biodegradable Organik	<ul style="list-style-type: none"> • Variasi Activated Sludge • Trickling Filter • Rotating Biological Contactors (RBC) • Intermittent Sand Filtration • Sistem Kimia – Fisika • Sistem Natural (alami)
Volatile Organik	<ul style="list-style-type: none"> • Air Stripping • Off Gas Treatment
Pathogens	<ul style="list-style-type: none"> • Klorinasi • Hypochlorination • Bromine Chloride • Ozinasi • UV Radiasi • Sistem Natural (alami)

Nutriens : Nitrogen	<ul style="list-style-type: none"> • Suspended – growth nitrification and denitrification variation • Fixed – film nitrification and denitrification variation • Ammonia Stripping • Ion exchange • Breakpoint Chlorination • Sistem Natural (alami)
- Phosphorus	<ul style="list-style-type: none"> • Metal – Salt addition • Lime koagulation / sedimentation • Biological phosphorus removal • Biological – chemical phosphorus removal

- Nitrogen and Phosporus	<ul style="list-style-type: none">• Sistem Natural (alami)• Biological Nutrient Removal
Refractory Organik	<ul style="list-style-type: none">• Carbon adsorption• Tertiary ozonation• Sistem Natural (alami)
Disolved Organik Solid	<ul style="list-style-type: none">• Ion exchange, Reverse osmosis• Elektrodoalylsis

(Metcalf & Eddy Inc., 1991, hal 48).

2.4 Karakteristik Air Limbah

Secara garis besar komposisi atau karakteristik air limbah dapat dibedakan berdasarkan parameter fisik, kimia dan biologis. Adapun parameter-parameter terukur tersebut adalah sebagai berikut :

2.4.1 Parameter fisik

1. Bahan padat total (TDS / total disolved solid)

Bahan padat total terdiri dari bahan padat tidak terlarut atau bahan padat terapung serta senyawa yang terlarut dalam air. Kandungan bahan padat terlarut ditentukan dengan mengeringkan serta menghitung residu yang dihasilkan dari proses pengeringan oleh air dan bila dinyalakan maka bahan padat yang teruapkan akan terbakar. Bahan padat terendapkan adalah bahan padat yang dapat diambil dengan cara pengendapan, biasanya sekitar 60 % bahan padat terapung dalam air limbah yang diendapkan.

2. Warna

Warna yang ada pada air limbah cair merupakan sifat fisik kualitatif yang dapat dijadikan penilaian terhadap limbah cair. Limbah cair yang berwarna coklat muda menandakan bahwa air limbah tersebut berumur kurang dari enam jam. Jika berwarna abu-abu setengah tua berarti air limbah sedang mengalami pembusukan dan bila berwarna hitam maka air limbah tersebut telah membusuk, setelah mengalami pembusukan

oleh bakteri dengan kondisi anaerobik yang disebabkan oleh pembentukan berbagai sulfida terutama ferrous sulfida.

3. Bau

Air limbah baru biasanya menghasilkan bau yang tidak begitu merangsang tetapi berbagai senyawa yang berbau dilepaskan pada saat air limbah terurai secara biologis pada kondisi anaerobik. Senyawa utama yang berbau adalah H₂S atau hidrogen sulfida yang mempunyai bau seperti telur busuk. Senyawa-senyawa lain yang terbentuk pada kondisi anaerobik yang mungkin pula menyebabkan bau yang lebih merangsang dari pada bau hidrogen sulfida.

4. Temperatur

Suhu air limbah biasanya lebih tinggi dari pada suhu air bersih. Suhu ini sangat berpengaruh terhadap aktifitas biologis, kelarutan gas, viskositas, didalam proses sedimentasi secara reaksi kimia dan biokimia. Selain itu suhu air limbah bervariasi pada musim dan letak geografisnya.

2.4.2 Parameter kimia

1. Bahan organik

Bahan organik merupakan indikator umum, bahan organik yang dapat larut akan mengakibatkan berkurangnya oksigen yang terlarut dalam air dan jumlahnya dapat diukur dengan BOD, COD, TOC, TOD. Zat yang termasuk bahan organik antara lain : karbon, urea, nitrogen dan sulfur.

2. Bahan anorganik

Beberapa komponen anorganik dari air limbah sangat penting untuk peningkatan dan pengawasan kualitas air. Jumlah kandungan bahan anorganik meningkat sejalan dengan dipengaruhinya formasi geologis dari sumber air limbah tersebut. Kandungan zat-zat anorganik dalam limbah cair antara lain: arsen, barium, besi, florida, kadmium, kesadahan, chromium, perak, sianida.

3. pH (Derajat tingkat keasaman)

Konsentrasi ion hidrogen adalah ukuran kualitas air bersih maupun air limbah adapun kadar yang baik dimana masih memungkinkan adanya

kehidupan biologis didalam air berjalan dengan baik air limbah dengan konsentrasi yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis sehingga mengganggu proses penjernihan air.

4. Kebasaan

Kebasaan adalah hasil dari adanya hidroksi karbon dan bikarbonat yang berupa kalsium, magnesium, sodiun, potasium atau amoniak. Dalam hal ini, paling utama adalah kalsium dan magnesium bikarbonat.

2.4.3 Parameter Biologis

Berbagai jenis bakteri yang terdapat dalam air limbah sangat berbahaya karena dapat menyebabkan timbulnya penyakit atau sebagai sarang vektor pembawa bibit penyakit. Kebanyakan bakteri di dalam air limbah merupakan bantuan yang sangat penting bagi proses pembusukan bahan organik. Proses pengolahan biologis bertumpu pada percepatan siklus perusakan alamiah, tujuan dari pengolahan adalah untuk mempersiapkan lingkungan yang baik bagi kegiatan bakteri yang menstabilkan bahan organik air limbah. Bahan organik dalam air yang sering digunakan sebagai parameter adalah BOD, COD, TOC, ThOD.

1. Biological Oxygen Demand (BOD)

Pengujian BOD adalah pengujian yang paling utama dipergunakan dalam bidang pengolahan limbah. Bila terdapat oksigen dalam jumlah yang cukup, maka pembusukan secara aerobik dari limbah organik akan terus berlangsung sampai semua limbah teroksidasi menjadi zat-zat yang lebih sederhana, antara lain sebagai berikut :

- Oksidasi sebagai limbah menjadi produk akhir untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel serta pembentukan serat-serat sel baru.
- Beberapa bagian limbah menjadi serat sel baru dengan menggunakan sebagian energi yang dilepaskan selama oksidasi.
- Pada saat organik dipakai sel-sel yang baru mulai memakan serat selnya sendiri untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel, proses ini sering disebut pernafasan atau respirasi

2. Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand / COD)

Pengujian COD digunakan untuk keadaan oksigen dari bahan organik dalam air limbah yang dapat dioksidasi secara kimia dengan menggunakan dikroma pada larutan asam.

3. Karbon Organik Total.

Karbon organik total (TOC) pada air limbah dapat dipergunakan sebagai ukuran tentang ciri-ciri pencemarannya.

4. Kebutuhan Oksigen Teoritis (ThOD)

Bila rumus kimia dari limbah organik diketahui, jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk oksidasi sempurna dari bahan yang bersifat karbon yang ada di dalam limbah dapat diperkirakan secara langsung.

(*Sugiharto, 1987*)

2.5 Bahan Produksi Tahu

Tahu merupakan makanan yang terbuat dari bahan baku kedelai dan prosesnya masih sederhana dan terbatas pada skala rumah tangga. Tahu juga dapat diartikan sebagai hasil olahan dari ekstrak kedelai diperlakukan dengan kalsium sulfat atau batu tahu juga bisa dengan asam asetat (asam cuka). Bahan-bahan yang digunakan untuk proses produksi tahu antara lain:

1. Kedelai

Kedelai merupakan bahan pokok yang paling mutlak untuk produksi tahu. Mutlak dalam arti pada umumnya dipakai sebagai syarat pokok yang harus dipenuhi dalam proses produksi tahu. Tanpa kedelai tidak akan mendapatkan hasil tahu yang diharapkan. Dengan kata lain kedelai sebagai bahan pokok produksi tahu yang tidak dapat diganti dengan bahan lain :

Cara memilih kacang kedelai yang baik untuk produksi tahu antara lain:

- Cepat padat
- Tidak mudah rusak
- Dapat bertahan dua sampai tiga hari
- Banyak menghasilkan pati
- Memiliki rasa gurih, lezat dan nikmat
- Warna tahu yang dihasilkan putih dan bersih

2. Air.

Air biasanya digunakan untuk mendapatkan sari kedelai. Di dalam proses pembuatan tahu air digunakan untuk perendaman dan pencucian, penggilingan, perebusan, penyaringan dan penggumpalan.

3. Pengawet tahu.

Untuk memperpanjang umur tahu agar tahan lama dalam pemasaran, sebagian orang akan berusaha untuk mengawetkan tahu agar tahan lama dalam penyimpanan. Pada umumnya proses pengawetan dilakukan dengan cara merendam dalam air atau dengan merebus. Ada pula yang diawetkan dengan kunyit sambil memberi warna kuning. Zat pengawet yang paling efektif adalah zat kimia. Zat pengawet tersebut diperlukan untuk menghambat atau memperlambat proses fermentasi, asidifikasi atau dekomposisi pada bahan makanan.

Zat pengawet sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Dapat mengawetkan bahan makanan
- Tidak berbahaya apabila dimakan
- Tidak memberikan gejala adanya bau, rasa pada makanan
- Mudah dipantau kembali setelah dikonsumsi ke dalam makanan
- Menaikkan nilai ekonomi terhadap kualitas bahan makanan

Proses pengawetan hasil produksi tahu yang dilakukan para pengrajin di sentra industri tahu umumnya menggunakan metode secara alami, yaitu pengawetan tahu dengan cara direndam dalam air ataupun direbus lebih dahulu sebelum dipasarkan atau juga diberi bahan pengawet alami yaitu kunyit dan direndam sebagai pewarna tahu untuk jenis atau produk tahu kuning.

2.6 Proses Produksi Tahu

Pembuatan tahu pada prinsipnya dengan cara mengekstraksi protein, kemudian mengumpulkannya, sehingga terbentuk padatan protein. Adapun urutan proses produksi tahu antara lain:

1. Perendaman dan Pencucian

Pekerjaan paling awal dalam pembuatan tahu adalah memilih kedelai. Kedelai yang baik adalah kedelai yang baru atau belum tersimpan lama di gudang. Kedelai yang baru dapat menghasilkan tahu yang baik (aroma dan bentuk). Pada umumnya para pengrajin mendapatkan kedelai dari koperasi, disamping dari pasar bebas. Kedelai yang digunakan biasanya berwarna kuning, putih, atau hijau dan jarang menggunakan jenis kedelai yang berwarna hitam.

Setelah kedelai tersedia, selanjutnya direndam dalam air bersih selama ± 3 jam. Lama perendaman ini masing-masing pengrajin mempunyai kebiasaan sendiri-sendiri, dimana ada yang merendam sampai 4 jam. Untuk setiap 100 kg kedelai direndam dalam air bersih sebanyak 250 liter dan 200 liter air rendaman dibuang sebagai limbah cair. Selanjutnya kedelai hasil rendaman dicuci dengan air bersih sebanyak 400 liter, untuk menghilangkan kotoran yang masih menempel pada kedelai. Air bekas cucian tersebut yang seluruhnya dibuang sebagai limbah cair.

2. Penggilingan

Setelah kedelai direndam dan dicuci bersih, selanjutnya dilakukan penggilingan. Proses penggilingan dilakukan dengan menggunakan mesin, karena penggunaan mesin akan memperhalus hasil gilingan kedelai. Pada saat penggilingan diberi air mengalir agar bubur kedelai terdorong keluar. Air yang digunakan untuk proses penggilingan sebanyak ± 400 liter untuk 100 kg kedelai. Kerapatan atau renggangnya batu gilingan dapat mempengaruhi rendaman tahu. Hasil dari proses penggilingan berupa bubur kedelai.

3. Perebusan

Bubur kedelai yang telah terbentuk kemudian diberi air ± 200 liter untuk 100 kg kedelai, selanjutnya dididihkan dalam tungku pemasakan dengan menggunakan uap panas bertekanan yang dihasilkan dari ketel uap. Sebagai bahan bakar ketel uap digunakan kayu. Setelah mendidih sampai 5 (lima) menit kemudian dilakukan penyaringan.

4. Penyaringan dan Penggumpalan

Dalam keadaan panas cairan bahan baku tahu disaring dengan kain blaco sambil dibilas air hangat ± 400 liter untuk 100 kg kedelai, sehingga susu kedelai dapat terekstrak keluar semua. Ampas padat yang terpisah ditempatkan agak jauh dari proses pembuatan tahu agar tahu tidak terkontaminasi dengan barang yang kotor. Filtrat cair hasil penyaringan yang diperoleh kemudian ditampung dalam bak. Filtrat dalam keadaan hangat secara pelan-pelan diaduk sambil diberi asam (catu) sebanyak ± 350 liter. Air asam (catu) berasal dari sisa penggumpalan tahu. Pemberian air asam dihentikan apabila proses terlihat penggumpalan. Selanjutnya dilakukan penyaringan ke II. Jumlah limbah cair yang terjadi pada proses penyaringan ke II ini ± 350 liter.

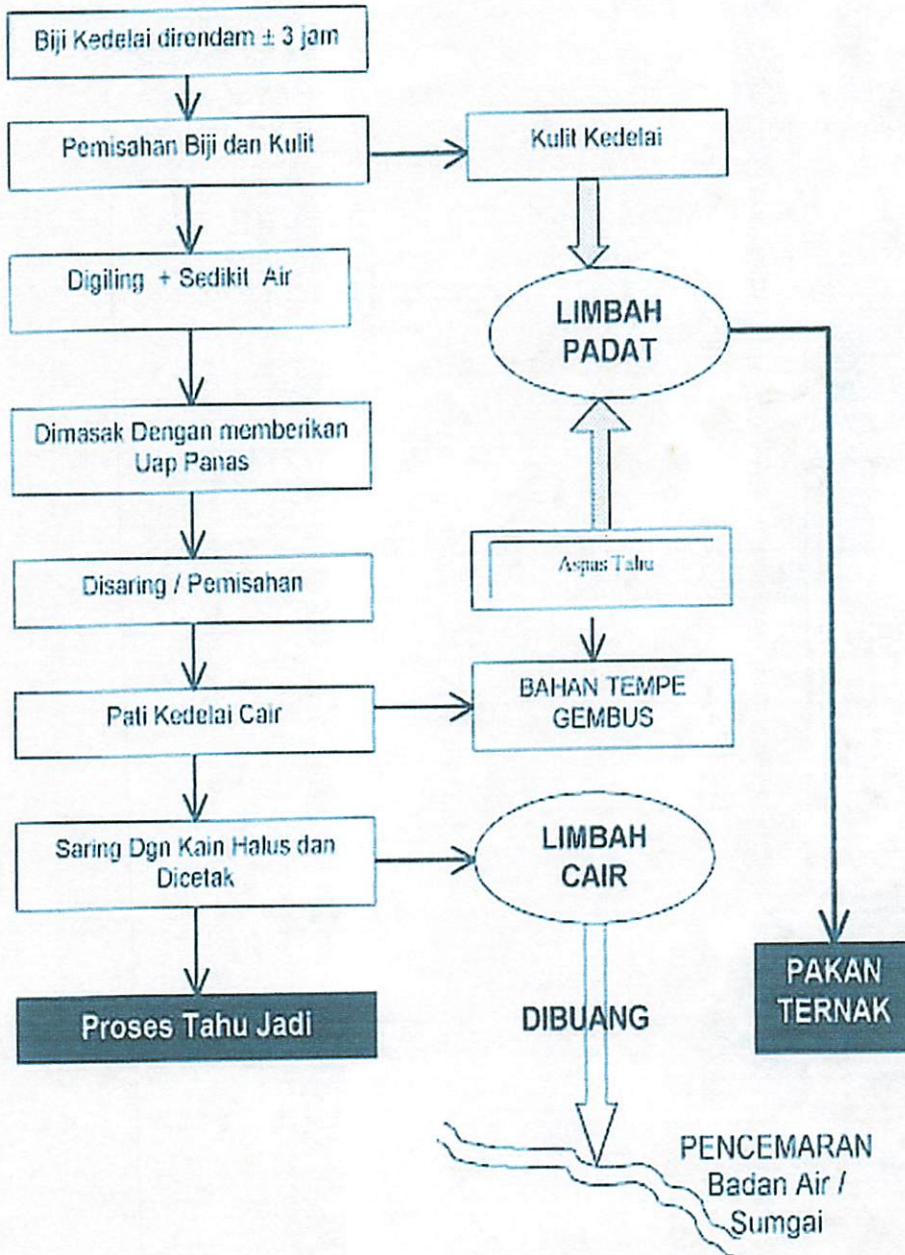
5. Pencetakan dan Pematangan

Cairan bening di atas gumpalan tahu dibuang sebagian dan sisanya untuk air asam. Gumpalan tahu kemudian diambil dan dituangkan ke dalam cetakan kayu yang sudah tersedia dan dialasi dengan kain dan diisi penuh. Selanjutnya kain ditutupkan ke seluruh gumpalan tahu dan dipres. Semakin berat benda yang dipergunakan untuk mengepres semakin keras tahu yang dihasilkan. Setelah dirasa cukup dan tahu sudah dingin, kemudian dipotong-potong sesuai dengan keinginan konsumen di pasar. Untuk setiap 1,8 kg kedelai menghasilkan 5,5 kg tahu dengan kadar air 85% atau setiap 1 kg kedelai dapat menghasilkan 20 potong tahu dengan ukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$. Pada proses pencetakan terjadi air limbah ± 250 liter untuk setiap 100 kg bahan baku kedelai.

Komposisi tahu mengandung unsur air, protein, lemak, dan karbohidrat dengan kadar sebagai berikut :

- Air : 84-90 %
- Protein : 5-8%
- Lemak : 3-4%
- Karbohidrat : 2-4%

Untuk lebih jelas mengenai diagram alir proses produksi tahu dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini:



(Laporan Akhir Program Percontohan Perbaikan Lingkungan Perairan DAS di Kota Semarang, 2002.)

Gambar 2.1 Proses Alir Produksi Tahu

2.7 Kerusakan Tahu

Kerusakan tahu dapat diketahui dengan melihat bentuk, warna dan bau. Tanda tersebut dapat berupa adanya lendir pada permukaan tahu, bau dan rasa pahit. Bau busuk biasanya karena adanya kerusakan protein dan menghasilkan bau. Sedang lendir adanya pertumbuhan mikroba. Mikroba yang sering dijumpai antara lain bakteri *bacillus subtilis*, *bacillus mesentericus*. Warna kuning kemungkinan disebabkan adanya *penicillium cacei* sedangkan rasa pahit kemungkinan adanya bakteri *coliform*, *micrococci*, dan *ahchromyces*. Pembusukan terjadi karena tumbuhnya *clostridium sporagenus* dan *clostridium leuotoputressens*.

2.8 Karakteristik Air Limbah Tahu

Karakteristik air limbah tahu ada dua hal yang perlu diperhatikan yaitu: karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik fisika meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Berikut ini adalah kualifikasi air limbah tahu:

- pH : 4 – 5,5
- Suhu : 37 – 45 °C
- Kekkeruhan: 535 – 585 FTU
- Warna : 2.225 – 2.250 Pt.Co
- Amonia : 23,3 – 23,5 mg/l
- BOD₅ : 6.000 – 8.000 mg/l
- COD : 7.500 – 14.000 mg/l

Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam air limbah tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik tersebut antara lain:

- Protein : 40 – 60 %
- Karbohidrat : 25 – 50 %
- Lemak : 10%

(Anonim, *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri*, 2002)

2.9 Parameter Yang Diuji

Banyak parameter yang dapat dianalisis pada air, terutama pada air limbah tahu. Parameter-parameter yang relevan dengan air limbah tahu diantaranya:

2.9.1 Biological Oxygen Demand (BOD)

BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik secara biologi. Hal ini merupakan petunjuk untuk mengetahui banyaknya zat organik yang terkandung didalam sampel air tersebut. Pada dasarnya kebutuhan oksigen sejalan dengan jumlah bahan organik yang diuraikan oleh mikroorganisme, makin banyak zat organik akan semakin besar nilainya.

2.9.2 Fosfat

Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah sebagai senyawa ortofosfat, polifosfat dan fosfat organik. Ortofosfat adalah senyawa monomer seperti H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} . Sedangkan polifosfat merupakan senyawa polimer seperti $(\text{PO}_3)_6^{3-}$ (heksametafosfat), $\text{PO}_3\text{O}_{10}^{5-}$ (tripolifosfat), dan $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ (pirofosfat). Kemudian, yang dimaksud dengan fosfat organik adalah P yang terikat dengan senyawa – senyawa organik sehingga tidak berada dalam larutan secara terlepas. Dalam air alam atau buangan tidak ditemukan unsur P dalam bentuk bebas.

Setiap senyawa fosfat tersebut terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi, atau terikat dalam bentuk sel organisme dalam air. Dalam air limbah senyawa fosfat dapat berasal dari limbah penduduk, industri, dan pertanian. Di daerah pertanian ortofosfat berasal dari bahan pupuk yang masuk ke sungai melalui drainase dan aliran air hujan. Polifosfat dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan bahan deterjen yang mengandung fosfat, seperti industri pencucian, industri logam, dan lain sebagainya. Fosfat organik terdapat dalam air buangan penduduk dan sisa makanan. Fosfat organik dapat terjadi dari ortofosfat terlarut melalui proses biologis karena baik bakteri

maupun tumbuhan menyerap fosfat bagi pertumbuhannya. Berbagai jenis fosfat juga dipakai untuk pengolahan anti karat dan anti kerak pada pemanas air (boiler)

Bila kadar fosfat dalam badan air sangat rendah (<0,01 mg P/l), pertumbuhan tanaman dan ganggang akan terhalang. Sebaliknya, bila kadar fosfat serta nutrien lainnya sangat tinggi, akan terjadi eutrofikasi (pertumbuhan yang tidak terbatas) sehingga tanaman tersebut dapat menghabiskan oksigen dalam sungai atau kolam pada malam hari atau bila tanaman tersebut mati dan dalam keadaan sedang dicerna (digest) (Winanto, 1998)

Berdasarkan ikatan kimia, senyawa fosfat dibedakan menjadi ortofosfat, polifosfat, dan fosfat organik. Sedangkan menurut klasifikasi sifat fisik, fosfat dibedakan menjadi fosfat tersuspensi dan fosfat total (terlarut dan tersuspensi). Fosfat terlarut di sini adalah fosfat yang dapat dipisahkan oleh filter membrane dengan diameter pori 0,45 µm.

Pemilihan senyawa fosfat yang akan dianalisa tergantung dari keperluan pemeriksaan dan kondisi badan air. Untuk sampel air alam yang jernih, biasanya hanya diperlukan pemeriksaan fosfat total terlarut dan ortofosfat terlarut. Sedangkan, badan air yang telah dicemari oleh buangan industri, penduduk, atau pertanian memerlukan pemeriksaan fosfat lebih lanjut sesuai dengan keperluan studi (Alaert dan Santika, 1984)

2.9.3 Nitrat (NO₃)

Nitrat (NO₃) merupakan bentuk nitrogen yang teroksidasi dengan tingkat oksidasi + 5. Jika konsentrasi nitrat dalam air cukup besar, dapat dikatakan bahwa proses pencemaran air sudah berlangsung cukup lama.

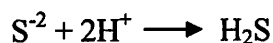
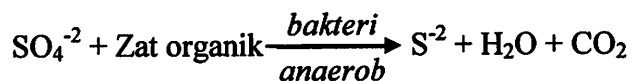
Purifikasi alamiah sudah berlangsung cukup lama, sehingga potensi bahaya dari zat pencemar sudah cukup besar berkurang. Namun konsentrasi nitrat yang tinggi juga sangat berbahaya, terutama ibu-ibu yang sedang hamil, karena dapat menyebabkan methamoglobinemia (bayi biru).

Nitrat merupakan salah satu unsur penting untuk sintesa protein tumbuh-tumbuhan dan hewan, akan tetapi nitrat pada konsentrasi yang tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang yang tak terbatas, sehingga air kekurangan oksigen terlarut.

Seperti halnya nitrit, kadar nitrat dapat bervariasi tergantung kondisi airnya. Diperairan bebas nitrat berasal dari proses oksidasi nitrit atau limbah industri, pertanian dan buangan rumah tangga, karena nitrat dapat dibatasi yaitu tidak boleh melebihi 10 mg/l. Kadar nitrat secara alamiah biasanya agak rendah, namun kadar nitrat dapat menjadi tinggi selagi pada air tanah di daerah-daerah yang diberi pupuk yang mengandung NO_3 . Pengukuran nitrat dalam air dilakukan dengan cara spektrofotometer ultraviolet.

2.9.4 Sulfat (SO_4)

Ion sulfat adalah salah satu unsur yang berada dalam air, baik air limbah maupun air alam. Keberadaan sulfat perlu dipertimbangkan karena secara tidak langsung berpengaruh terhadap dua masalah serius yaitu menimbulkan bau dan terjadinya korosi yang diakibatkan dari reaksi sulfat menjadi sulfid pada anaerobik, menurut reaksi:



Penentuan sulfat sangat diperlukan terutama jika ditemukan masalah-masalah yang menyangkut perkaratan beton.

Kepekaan khusus terhadap konsentrasi sulfat yang sangat tinggi telah diperhatikan pada beberapa tanaman, tetapi kepekaan ini berhubungan dengan kecenderungan tingginya konsentrasi sulfat untuk membatasi pengambilan kalsium oleh tanaman.

2.10 Pengolahan Limbah Tahu

Seperti halnya industri lainnya, pada industri pembuatan tahu juga dihasilkan produk sampingan, utamanya berupa limbah tahu. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan pengolahan terhadap produk sampingan/limbah tersebut. Adapun pengolahan yang dapat dilakukan dengan cara :

1. Pengolahan secara fisika

Umumnya pengolahan fisika ini untuk memisahkan padatan kasar hasil perendaman dan pengulitan kedelai. Pemisahan dapat dilakukan dengan menyaring air limbah.

2. Pengolahan secara kimiawi

Pengolahan jenis ini umumnya dilakukan dengan menggunakan bahan kimia seperti : kapur, tawas, fero sulfat, fero khlorida, feri sulfat.

3. Pengolahan secara biologis

Pada pengolahan jenis ini penguraian bahan organik dilakukan secara biologis oleh mikroba, baik secara anaerobik maupun aerobik.

(Winanto, 1998)

2.11 Pengertian Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi merupakan proses umum yang sering dilakukan untuk mengolah air yang telah tercemar oleh zat – zat pencemar yang tinggi tingkatannya

Pengertian koagulasi dan flokulasi untuk lebih jelasnya dapat didefinisikan sebagai berikut :

- Koagulasi adalah proses penambahan bahan kimia (koagulan) ke dalam air baku dengan maksud mengurangi daya tolak menolak antar partikel koloid, sehingga partikel – partikel tersebut dapat bergabung menjadi flok – flok.
- Flokulasi adalah proses penggabungan flok – flok kecil (proses koagulasi) menjadi flok – flok yang berukuran besar sehingga mudah mengendap.

Pengertian koagulasi dan flokulasi menurut beberapa ilmuwan dapat didefinisikan sebagai berikut :

1. Menurut **Lamer**

Koagulasi adalah destabilisasi partikel yang dihasilkan melalui proses – proses kompresi lapisan rangkap bermuatan listrik yang mengelilingi permukaan partikel.

Flokulasi adalah destabilisasi partikel melalui adsorpsi polimer organik yang diikuti dengan pembentukan gabungan partikel – polimer – partikel.

2. Menurut **E. Hudson Jr.**

Koagulasi adalah proses pencampuran pada phase turbulen, sehingga terjadi hidrolisa karena garam – garam yang mengandung ion logam.

Flokulasi adalah proses pencampuran pada phase turbulen, sehingga akan terjadi disperse (penyebaran ke berbagai arah dalam air), hidrolisa (reaksi yang terjadi antara suatu molekul dengan air) dan polimerisasi oleh koagulan pada rapid mix.

3. Menurut **Charles R. Cox, 1969**

Koagulasi adalah suatu proses penyebaran zat kimia di dalam air sehingga terjadi reaksi secara seragam keseluruhan badan air dengan menggunakan pengaduk cepat.

Flokulasi adalah proses pembentukan aglomerat partikel yang lembut menjadi flok – flok, sehingga flok – flok tersebut dapat mengendap.

4. Menurut **Rahardjo, 1993**

Koagulasi adalah suatu proses pembentukan partikel yang disebut mikroflok dari partikel – partikel koloid dan partikel halus lainnya yang tersuspensi dengan cara penambahan koagulan, sehingga partikel – partikel tersebut dapat mengendap. Penggunaannya dilakukan terutama untuk memisahkan koloid yang dapat mengalami aglomerasi dalam bentuk flok. Koagulasi kimia termasuk dalam destabilisasi yaitu dapat membentuk agregasi dan ikatan bersama koloid. Koloid yang terjadi membentuk gumpalan atau flok yang mengadsorpsi, menangkap atau mungkin mengendapkan suspensi padat yang ada pada air limbah.

5. Menurut Sumestri, 1985

Flokulasi adalah proses pembesaran ukuran flok yang telah terbentuk pada proses koagulasi dan akan diendapkan secara grafitasi. Ukuran flok hasil koagulasi biasanya lebih kecil dari 0,1 mm dan flok setelah flokulasi berukuran 0,1 – 3 mm dan dapat dilihat dengan mata.

Dari berbagai definisi yang telah disebut sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa koagulasi dan flokulasi merupakan serangkaian proses – proses sebagai berikut :

1. Destabilisasi muatan partikel karena adanya penambahan zat kogulan.
2. Proses destabilisasi

Koagulasi adalah proses penggumpalan zat – zat yang terlarut dalam air yang berbentuk suspensi ataupun koloid yang biasanya dilakukan dengan pengadukan lambat.

Flokulasi adalah proses lanjutan dari koagulasi yaitu terbentuknya flok – flok yang lebih besar sehingga terjadinya penggumpalan dan pengendapan. Dalam proses flokulasi ditambah zat – zat kimia. Flokulen adalah zat yang mempunyai kemampuan untuk mengikat partikel – partikel koloid dan digunakan pada air yang tidak dapat langsung mengadakan reaksi terhadap koagulasi dan flokulasi. Zat – zat tersebut adalah silika aktif, Natrium Alginat dan Poli elektrolit. (*Wina, 2004*)

2.11.1 Proses Koagulasi – Flokulasi

Proses koagulasi dan flokulasi merupakan penambahan suatu reagen kimia pembentuk flok ke air / air limbah untuk menggabungkan padatan koloid dan padatan tersuspensi yang selanjutnya flok dipisahkan dengan sedimentasi (*Sarto, 1994 dalam Wina, 2004*)

Proses koagulasi dan flokulasi berlangsung dalam dua tahap yaitu proses pengadukan cepat dan proses pengadukan lambat.

1. Proses pengadukan cepat

Proses pengadukan cepat dimaksudkan untuk meratakan campuran antara koagulan dengan air buangan sehingga diperoleh suatu kondisi campuran

yang homogen. Molekul – molekul serta partikel – partikel yang bermuatan negatif dalam air seperti koloid akan diikat oleh molekul – molekul serta ion – ion yang bermuatan positif dari koagulan. Kecepatan pengadukan cepat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 400 ppm. Dalam proses pengadukan cepat diperlukan tenaga pengadukan yang kuat dan waktu pengadukan yang cepat karena hidrolisa koagulasi terjadi sangat cepat dan destabilisasi partikel juga terjadi dalam waktu yang sangat cepat. Waktu yang diperlukan untuk pengadukan cepat antara 1 – 5 menit sedangkan gradient kecepatan $> 300 \text{ detik}^{-1}$ (AWWA,1964 dalam Wina, 2004)

2. Proses pengadukan lambat

Proses pengadukan lambat bertujuan untuk mendapatkan partikel – partikel flokulen yang lebih berat sehingga dapat mempercepat proses pengendapan. Waktu yang diperlukan untuk pengadukan cepat antara 10 – 30 menit, sedangkan gradient kecepatan 5 – 100 detik^{-1} . (AWWA,1964 dalam Wina, 2004)

2.11.2 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi – Flokulasi

Koagulasi yang optimum pada pengolahan air merupakan kesetimbangan yang sangat kompleks yang melibatkan banyak variabel. Jadi untuk sampel yang akan diuji akan berhubungan dengan kondisi optimum seperti pH, turbiditas, komposisi kimia air, tipe koagulan dan faktor – faktor fisik seperti temperatur dan kondisi pengadukan. Hubungan ini sangat kompleks sehingga tidak mungkin memprediksi dosis koagulan optimum berdasarkan teori semata. Untuk berbagai jenis air, tanpa melakukan percobaan. Meskipun dengan demikian pengetahuan mengenai teori koagulasi sangat berguna untuk memudahkan pekerjaan empiris. Variabel yang mempengaruhi proses ini adalah :

1) pH

pH merupakan besaran yang menyatakan sifat asam basa suatu larutan. Sifat kimia koagulan juga tergantung pada pH, karenanya pada proses koagulasi dan flokulasi batasan pH sangat penting mengingat pH air dapat mempengaruhi kelarutan bahan kimia (Al Layla, 1978). pH sebagai derajat

keasaman merupakan variabel penting pada proses koagulasi dan flokulasi, karena hanya pada pH optimum proses ini akan berlangsung dengan baik serta hanya memerlukan waktu yang sangat singkat pada pemberian dosis tertentu. Batasan nilai pH akan terjadi karena pengaruh jenis koagulan dan komposisi zat kimia dalam air.

2) Pengaruh garam – garam acid di air

Di dalam air terlarut garam mineral sangat dipengaruhi oleh senyawa pembentuk konsentrasinya. Pengaruh yang disebabkan oleh garam mineral dalam air adalah kemampuannya dalam menggantikan kedudukan ion. Hidroksinya pada senyawa kompleks hidroksit. Selain hal tersebut di atas garam mineral berpengaruh pada menentukan pH dan dosis koagulan. Adanya senyawa ini dalam sampel akan mengakibatkan perubahan range pH optimum koagulan, waktu yang diperlukan koagulasi, dosis koagulan optimum dan residu koagulan pada effluent.

3) Pengaruh kekeruhan

Menurut *Cohen dan Hanna (1971)* hal-hal yang diperlukan proses koagulasi dan flokulasi :

- a. Kebutuhan koagulan tergantung pada kekeruhan
- b. Kekeruhan tinggi membutuhkan dosis koagulan yang relatif rendah, adanya kemungkinan terjadinya tumbukan.
- c. Ukuran partikel yang tidak seragam lebih mudah dikoagulasi.

4) Warna

Warna dalam suatu sampel disebabkan oleh adsorpsi selektif matahari oleh atom dan molekul penyusun benda. Warna terbagi menjadi dua yaitu warna tampak dan warna sebenarnya. Semakin besar kandungan warna dalam sampel maka semakin besar kebutuhan koagulan.

5) Jenis koagulan

Harus disesuaikan dengan jenis koloid yang terdapat dalam air. Jenis koagulan yang tepat akan sangat efisien dalam proses karena dapat memperkecil gaya tolak menolak sesama partikel koloid sehingga membentuk flok.

6) Pengaruh temperatur

Temperatur erat hubungannya dengan viskositas air, semakin tinggi suhu air semakin kecil viskositas. Viskositas ini akan berpengaruh pada pengendapan flok. Hal ini terjadi karena bertambahnya suhu akan meningkatkan gradient kecepatan sehingga flok akan terlarut kembali. Disamping itu peningkatan suhu akan menyebabkan peningkatan dosis koagulan alum pada pH netral apesies muatan positif menurun dengan peningkatan temperatur (*Edzwal & Robinson, 1999 dalam P. Juli Ni Ketut, 2005*). Pada suhu yang rendah secara struktur agregat lebih kecil kinetik hidrolis dan presipitasi lebih lambat (*Fraus & Aly, 1998 dalam P. Juli Ni Ketut, 2005*) kekeruhan dan warna secara langsung berhubungan dengan temperatur. pH optimum koagulan turun dengan naiknya temperatur. Untuk itu penentuan pemakaian koagulan dengan jar test harus dilakukan pada temperatur air yang akan diolah.

7) Pengaruh waktu detensi

Merupakan fungsi debit dan aliran waktu detensi lebih lama dari kriteria desain akan menyebabkan pengendapan pada sistem kontinyu, sedangkan waktu detensi yang lebih singkat menyebabkan pembentukan flok yang relatif kecil dan sukar mengendap.

8) Pengaruh pengadukan

Dilakukan dua tahap pengadukan yaitu pengadukan cepat untuk mendistribusikan koagulan secara merata dengan waktu detensi 30 – 60 detik. Sedangkan pengadukan lambat adalah untuk tumbukan antara partikel sehingga menghasilkan bertambahnya ukuran flok. Waktu detensi minimal 10 menit dan umumnya 30 -60 menit.

Kecepatan pengadukan merupakan karakteristik untuk pencampuran fluida yang dinyatakan dalam rpm dan harus dipilih sesuai tujuan dari proses. Untuk koagulasi, kecepatan pengadukan harus tinggi agar proses pencampuran benar-benar merata ke seluruh campuran sedangkan untuk flokulasi kecepatan pengadukan harus rendah karena kecepatan yang lebih tinggi akan menyebabkan pecahnya flok yang terbentuk. Kecepatan pengadukan yang

umum dipakai untuk pengadukan cepat 60-100 rpm, sedangkan untuk pengadukan lambat 20-60 rpm (*Lukmila A., 2005*)

9) Zeta potensial

Zeta potensial adalah potensial elektrostatis yang ada disekitar kulit suatu partikel yang dapat mempengaruhi stabilitas koloid. Harga zeta potensial mempengaruhi kemudahan destabilisasi partikel koloid untuk pembentukan flok. Dalam air gaya tarik menarik akan dilawan oleh gaya tolak menolak oleh zeta potensial. Resultan gaya yang terjadi akan menentukan terbentuknya flok. Jika elektrostatis yang ada di sekitar partikel bermuatan negatif maka harga zeta potensial juga negatif sehingga lapisan ion negatif tersebut akan menarik ion positif yang berada disekitarnya.

2.12 Filtrasi

Proses filtrasi adalah proses penyaringan air melalui media yang berpori – pori. Dalam pengolahan air dikenal beberapa macam proses filtrasi antara lain :

1. Rapid Filtrasi (penyaringan cepat)

Yaitu proses pengolahan air yang umumnya dilakukan sesudah proses – proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi.

2. Slow Sand Filtration (penyaringan lambat dengan pasir)

Ialah proses pengolahan air yang umumnya dilakukan untuk air permukaan tanpa melalui unit koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Jadi air baku sesudah melalui prasedimentasi langsung dialirkan ke saringan pasir lambat.

Pada proses ini koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi terjadi di saringan pasir dengan bantuan mikroorganisme yang terbentuk di lapisan permukaan pasir

3. Pressure Filtration (penyaringan dengan tekanan)

Yaitu proses pengolahan air yang umumnya dilakukan pada air tanah sebelum didistribusikan.

4. Direct Filtration (penyaringan langsung)

Ialah proses pengolahan air yang umumnya dilakukan jika air baku kekeruhannya rendah. Jika diperlukan flokulen dan koagulan bisa

diinjeksikan pada saluran yang menuju filter dan flok –flok yang ada langsung disaring tanpa melalui unit sedimentasi.

2.13 Penjernihan

Penjernihan adalah proses memisahkan material tidak larut dari air. Penjernihan dapat diaplikasikan untuk penanganan limbah air industrial, membuang padatan dari air, lumpur limbah aktif dari bangunan penanganan pembuangan atau penebalan lumpur tawas dari pabrik penanganan air yang dapat diminum.

Berlawanan dengan opini umum, penjernih tidaklah sesederhana yang dilihat. Terdapat lingkup luas perbedaan rancangan yang menangkap lingkup luas aplikasi dan kondisi didasarkan pada spektrum luas.

Penjernih pada umumnya dirancang secara khusus untuk setiap aplikasi. Penjernihan umumnya diklasifikasikan sebagai penyelesaian gaya berat, penyaringan atau pengambangan.

(www.ajmenviro.com.au/downloads/clarif_low.pdf, 2004)

2.14 Clarifier

Clarifier merupakan suatu tangki pengendap yang digunakan untuk memperlakukan suspensi cair. Pada prinsipnya proses industri dan buangan industri domestik menggunakan clarifier ini untuk tujuan mendapatkan air overflow yang jernih.

Dalam penjernihan air menggunakan sistem clarifier ini. Ditambahkan koagulan yang berfungsi :

- mempercepat distribusi pengolahan air
- mempercepat pertumbuhan flok – flok yang lebih besar
- mempercepat proses flokulasi

Timbulnya flok – flok disebabkan adanya kontak antara flok pengendap dan butiran flok yang berada pada kesetimbangan hidrolika.

Ada beberapa macam clarifier yang digunakan oleh industri – industri dalam penjernihan air, antara lain:

1. Clarifier Rectangular
2. Clarifier Circular
3. Clarifier Thickener
4. Clarifier Plate Miring
5. Clarifier Kontak Padatan

(Ismail S.&Budiarto H., 1997)

2.15 Pengendapan dalam Clarifier

Didalam clarifier dengan aliran vertikal, slurry akan bergerak keatas sedangkan flok akan bergerak kebawah untuk mengendap. Air akan menempuh jarak setinggi bagian silinder dalam waktu tinggal rata – rata sedangkan flok akan bergerak ke bawah dengan kecepatan selisih kecepatan bebas flok dengan kecepatan air yang bergerak keatas. Kecepatan aliran air keatas menuju overflow dapat dinyatakan sebagai laju alir persatuan luas efektif seperti yang terlihat pada persamaan (1)

$$S_0 = Q / \frac{\pi}{4} d_e^2 \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : Q = laju alir air dan koagulan (cm³/detik)

$$d_e = \frac{d_2^2 - d_1^2}{d_1} \text{ (cm)}$$

d₁ = diameter well cone reactor (cm)

d₂ = diameter clarifier (cm)

Waktu tinggal rata – rata air adalah volume clarifier dibagi dengan laju alirnya dan dinyatakan dalam persamaan (2)

$$T_0 = V / Q \dots\dots\dots (2)$$

Dimana : T₀ = waktu tinggal rata – rata (detik)

V = volume clarifier (cm³)

Q = laju alir air dan koagulan (cm³/detik)

Agar flok dapat mengendap maka kecepatan pengendapannya harus lebih besar dari kecepatan air bergerak keatas. Selisih kecepatan pengendapan flok dengan kecepatan air bergerak keatas merupakan kecepatan flok mengendap didalam clarifier yang sebenarnya. Untuk dapat mengendapkan seluruh flok maka waktu tinggal didalam rata – ratanya dinyatakan dalam persamaan (3).

$$T_s = \frac{L}{(s - s_0)} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana : T_s = waktu tinggal rata – rata flok untuk mengendap (detik)

L = tinggi bagian silinder (cm)

S = kecepatan flok secara bebas (cm/detik)

S_0 = kecepatan over flow rata – rata (cm/detik)

Selain kecepatan dan waktu tinggal rata – rata flok jenis aliran didalam bagian silinder harus laminar seperti yang terlihat pada persamaan (4). Aliran laminar akan memberikan kesempatan flok yang terbentuk untuk mengendap sebab kecepatan aliran slurry keatas masih dapat dilawan oleh kecepatan flok yang mengendap (*Kusnarjo, 2001*).

$$NR_e = \rho \cdot de \cdot v / \mu \dots\dots\dots (4)$$

Dimana : NR_e = Bilangan Reynold

ρ = densitas slurry (gr/cm³)

de = diameter ekivalen (cm)

v = kecepatan slurry (cm/detik)

μ = viskositas slurry (gr/detik)

2.16 Pengentalan Lumpur (sludge thickening)

Lumpur berisi sejumlah besar volume air. Pengentalan lumpur membutuhkan kapasitas tangki lebih kecil dan dosis kimia lebih kecil untuk stabilisasi dan pipa perlengkapan pompa lebih kecil untuk transportasi.

Metode umum dari pengentalan lumpur yang digunakan pada bangunan menengah sampai besar adalah ;

1. Pengentalan gaya berat (gravity thickening)
2. Penguraian pengambilan udara (dissolved air flotation)
3. sentrifugasi (centrifugation)

(Qasim, Syed R., 1985)

2.17 Pengentalan Gaya Berat (Gravity Thickening)

Pengentalan dengan gaya berat dicapai dalam sedimentasi sirkuler yang menggunakan penjernihan primer dan sekunder dari limbah cair. Padatan yang masuk pada thickener dipisahkan ke dalam tiga zona berbeda. Lapisan atas adalah cairan yang relatif jernih. Berikutnya adalah zona sedimentasi, yang biasanya berisi aliran lumpur lebih padat yang bergerak dari influen berakhir pada zona pengentalan. Dalam zona pengentalan, partikel lumpur individual akan menggumpal. Sebuah lapisan lumpur dan dipertahankan dalam zona ini dimana massa lumpur ditekan oleh material yang dialirkan secara kontinyu pada bagian atas. Tiang vertikal disediakan untuk secara halus mengaduk lapisan Lumpur dan menggerakkan udara dan cairan ke permukaan. *(Qasim, Syed R., 1985)*

2.18 Kriteria Rancangan

Kriteria rancangan untuk thickener dengan gaya berat meliputi hal – hal sebagai berikut :

1. Area permukaan minimum didasarkan pada beban padat dan hidrolik
2. Kedalaman thickener
3. Kemiringan lantai

(Qasim, Syed R., 1985)

2.19 Koagulan

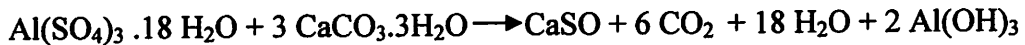
Koagulan adalah adalah zat – zat yang mempunyai kemampuan untuk menetralkan muatan partikel koloida dan mempunyai kemampuan untuk mengikat partikel – partikel tersebut. Macam – macam koagulan diantaranya :

1. Alumunium Sulfat atau Tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$)

Koagulan alum banyak digunakan karena sangat baik dalam pembentukan flok dan mudah dalam pengerjaan. Agar koagulan tersebut dapat membentuk endapan, maka air yang akan diproses harus mempunyai alkalinitas.

Alum jika ditambahkan dengan Kalsium Karbonat maka akan membentuk Kalsium Sulfat. Karena alum bersifat asam, maka untuk koagulasi pH yang terbaik adalah 7,5 – 8,5.

Reaksi yang terjadi adalah :



2. Poly Alumunium Chlorida (AlCl_3)_n · 6 H₂O

Koagulan ini relatif lebih baik dibandingkan dengan alum. Flok yang dihasilkan lebih besar, sehingga proses penjernihan lebih singkat. Meskipun lebih unggul dibandingkan dengan alum, PAC juga mempunyai kelemahan karena dalam penyimpanannya harus pada suhu 40° sedangkan sifat – sifat PAC yaitu :

- serbuk kuning
- higroskopis
- dapat larut dalam air

3. Sodium Aluminat (NaAlO_2)

Koagulan ini lebih baik dipakai bersama- asam Alum karena akan menurunkan pemakaian dan menghilangkan warna.

4. Ferro Sulfat ($\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

Koagulan ini membentuk flok lebih berat daripada flok yang dibentuk oleh Alum. Ferro Sulfat lebih efektif pada range pH 4 – 9. pemakaian koagulan ini tidak cocok untuk air berwarna yang mempunyai derajat kesadahan rendah. Didalam pembentukan flok harus ditambahkan lime ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Kelebihan lime yang sangat besar dapat menyebabkan endapan dalam saluran, oleh karenanya harus dihindari.

5. Amonia Alum

Koagulan ini dipakai dengan cara dilarutkan terlebih dahulu didalam suatu pot dengan memakai tekanan kemudian larutannya diinjeksikan ke dalam air.

(Ismail S.&Budiarso H., 1997)

2.20 Jar Test

Jar Test merupakan batch proses yaitu proses sesaat yang terkumpul sehingga sedikit banyak mempunyai perbedaan dengan proses kontinyu yaitu proses terus menerus dan mengalir baik dan segi jalannya proses maupun hasil yang akan didapat. Proses pengolahan air buangan dibangun pengolahan (instalasi) adalah termasuk proses terus - menerus dan mengalir.

Jar Test dilakukan untuk mengetahui dosis optimum koagulan yang akan dibubuhkan pada proses koagulasi dan flokulasi. Manfaat dari Jar Test adalah :

1. Dapat memilih koagulan dan flokulan yang sesuai dengan jenis koloid yang terdapat di dalam air baku atau sample.
2. Menentukan dosis optimum koagulan dan flokulan yang sesuai dengan kondisi air baku.
3. Dapat menentukan nilai G dan Td untuk proses pengadukan cepat dan lambat yang layak.
4. Dapat membandingkan berbagai flok dan dapat menentukan ukuran flok yang ideal untuk bisa diendapkan.
5. Mempelajari pengaruh pH dan unsur lainnya terhadap proses koagulasi dan flokulasi
6. Menghitung efisiensi proses koagulasi dan flokulasi.

(Sugeng S., 2003)

2.21. PENGUMPULAN DATA DAN PENGOLAHAN DATA

Populasi adalah totalitas semua nilai, baik itu menghitung maupun mengukur, kuantitatif maupun kualitatif dari karakteristik tertentu mengenai sekumpulan obyek yang lengkap dan jelas. Sedangkan Sampel adalah sebagian

data yang diambil dari populasi dengan menggunakan cara-cara tertentu (Sudjana, 1996 dalam P. Juli Ni Ketut, 2005).

2.21.1. Metode Statistik

Untuk keperluan perhitungan hasil penelitian berupa data kuantitatif ini digunakan beberapa rumus statistik :

a. Rata-rata hitung

Rumus yang digunakan adalah :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

Dimana :

\bar{X} = Rata – rata hitung dari sampel

$\sum X$ = Total jumlah sampel

n = Banyaknya sampel

b. Standart Deviasi

Rumus yang digunakan adalah :

$$S = \sqrt{\frac{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

Dimana :

S = Standart deviasi yang dicari

$\sum X$ = Jumlah semua harga X yang ada

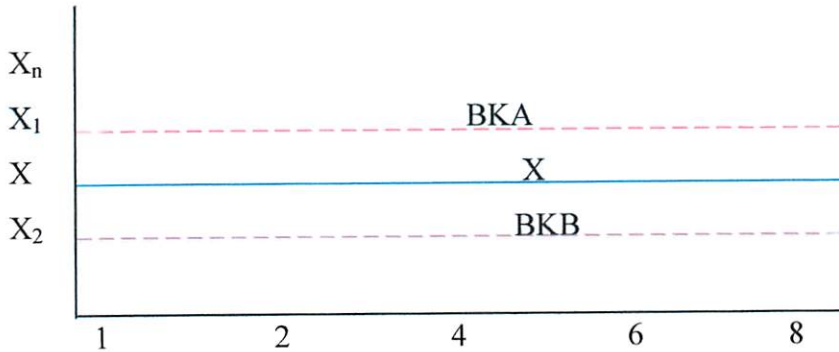
n = Jumlah pengukuran yang telah dilakukan

(Sujana, 1996 dalam P. Juli Ni Ketut, 2005)

2.21.2 Pengujian Keseragaman Data

Pengujian keseragaman data perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum dilanjutkan pengolahan data, data disini akan diuji apakah data yang terkumpul seragam dan selanjutnya mengidentifikasi data yang ekstrim. Data ekstrim yang dimaksud adalah data yang terlalu besar atau data yang terlalu kecil dan jauh menyimpang dari trend rata-ratanya. Data yang ekstrim tidak digunakan perhitungan selanjutnya.

Untuk memudahkan pengujian maka digunakan peta kontrol dengan contoh sebagai berikut :



Gambar 2.2. Peta Kontrol

Rumus yang digunakan untuk menentukan batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) adalah sebagai berikut : (Sritomo Wignsoebroto, 1995 hal.195 dalam P. Juli Ni Ketut, 2005)

$$BKA = \bar{X} + K.S$$

$$BKB = \bar{X} - K.S$$

Dimana :

\bar{X} = Hasil rata-rata Pengukuran

S = Standart Deviasi dari hasil pengukuran

K = Index (tergantung dari tingkat kepercayaan yang diambil) untuk kepercayaan 95%, nilai K = 2

2.21.3 Pengolahan Data Secara Statistik

Untuk mengolah data kuantitatif dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa tahapan yaitu analisis derajat hubungan diantara variabel-variabel, uji statistik dan uji beda dengan penggunaan analisa varians

Teknik statistik yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Koefisien korelasi

Koefisien Korelasi adalah indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur derajat hubungan, meliputi kekuatan hubungan dan bentuk/arah hubungan.

Untuk kekuatan hubungan, nilai koefisien korelasi berada -1 dan +1. Untuk bentuk/arah hubungan, nilai koefisien korelasi dinyatakan dalam positif(+) dan negatif (-), atau $(-1 \leq KK \leq + 1)$.

- Jika koefisien korelasi bernilai positif, maka variabel-variabel berkorelasi positif, artinya jika variabel yang satu naik/turun, maka variabel yang lainnya juga naik/turun. Semakin dekat nilai koefisien korelasi ke +1, semakin kuat korelasi positifnya.
- Jika koefisien korelasi bernilai negatif, maka variabel-variabel berkorelasi negatif, artinya jika variabel yang satu naik/turun, maka variabel yang lainnya akan turun/naik. Semakin dekat nilai koefisien korelasi -1, semakin kuat korelasi negatifnya.
- Jika koefisien korelasi bernilai 0 (nol), maka variabel tidak menunjukkan korelasi.
- Jika koefisien korelasi bernilai +1 atau -1, maka variabel-variabel menunjukkan korelasi positif atau negatif sempurna.

Proses untuk memperoleh koefisien korelasi ini disebut sebagai ukuran asosiasi. Oleh karena jenis data adalah kuantitatif dan bersifat interval maka dipilih rumus koefisien korelasinya adalah Koefisien Korelasi Pearson.

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X - \sum Y}{\sqrt{(n \sum X - (\sum X))(n \sum Y - (\sum Y))}}$$

Dimana :

r = koefisien korelasi Pearson,

X = variabel bebas

Y = variabel terikat

Uji Statistik Koefisien Korelasi untuk mengetahui signifikan atau tidaknya hubungan antar variabel tersebut adalah :

- Untuk sampel kecil ($n \leq 30$), menggunakan uji t.

$$t = t \sqrt{\frac{n-2}{1-r}} \quad \text{dengan db} = n-2$$

- Untuk sampel kecil ($n \leq 30$), menggunakan uji z

$$z = \frac{r}{1/\sqrt{n-1}}$$

- Regresi

Regresi merupakan suatu alat ukur yang juga digunakan untuk mengukur ada atau tidaknya korelasi antar variabel. Analisis regresi ini lebih akurat dibanding dengan analisis lainnya karena pada analisis ini kesulitan dalam menunjukkan slope (tingkat perubahan suatu variabel terhadap variabel lainnya) dapat teratasi.

Digunakan rumus sebagai berikut :

a. Regresi Linier Sederhana

$$Y = a + bX$$

Keterangan :

Y = variabel terikat (variabel yang diduga),

X = variabel bebas,

a = intersep

b = koefisien regresi (slop)

Untuk melihat bentuk korelasi antar variabel dengan persamaan regresi tersebut, maka nilai a dan b harus ditentukan terlebih dahulu.

$$b = \frac{n \sum XY - (\sum X) - (\sum Y)}{\sum X - (\sum X)}$$

$$a = \frac{\sum Y - b \cdot \sum X}{n}$$

Uji Statistik regresi linier sederhana bagi koefisien korelasi b menggunakan uji statistik F dengan rumus :

$$F = \frac{b \cdot \sum(X - \bar{X})}{Se}$$

Keterangan :

Y = variabel terikat (variabel yang diduga),

X = variabel bebas,

Se = kesalahan baku regresi

b. Regresi Linier Berganda

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

Keterangan :

Y = variabel terikat (variabel yang diduga),

X₁ dan X₂ = variabel bebas I dan II,

a = intersep

b₁ dan b₂ = koefisien regresi (slop)

nilai a dan b harus ditentukan terlebih dahulu dengan rumus :

$$b = \frac{n \sum XY - (\sum X) - (\sum Y)}{\sum X - (\sum X)}$$

$$a = \frac{\sum Y - b \cdot \sum X - b \cdot \sum X}{n}$$

Uji Statistik regresi linier sederhana :

- Untuk uji hipotesis serentak menggunakan uji F yaitu :

$$F = \frac{RKreg(RKR)}{RKres(RKE)}$$

Keterangan :

Rkreg = rata-rata kuadrat regresi

Rkres = rata-rata kuadrat residu (error)

- Untuk uji hipotesis individual menggunakan uji t, yaitu sebagai berikut :

$$t = \frac{bi - Bi}{Sbi}, i = 1, 2, 3, \dots$$

Keterangan :

b_i = nilai koefisien regresi

B_i = nilai koefisien regresi untuk populasi

S_{b_i} = kesalahan baku koefisien regresi

• **Analisis Komparasi**

Analisis Komparasi atau perbedaan merupakan prosedur statistik untuk menguji perbedaan di antara dua kelompok data (variabel) atau lebih. Dikarenakan penggunaan data adalah interval maka digunakan One way Analisis Varians (ANOVA) untuk k sampel berkorelasi dan independen digunakan rumus sebagai berikut

Sumber Varians	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Rata-rata Kuadrat	F0
Rata-rata Kolom	JKK	k-1	$S_1^2 = JKK/k-1$	$\frac{S_1^2}{S_2^2}$
Error	JKR	k (n-1)	$S_2^2 = JKE/k(n-1)$	
Total	JKT	nk - 1		

• **Analisis Deskriptif**

Analisis deskriptif merupakan prosedur statistik untuk menguji generalisasi hasil penelitian yang didasarkan atas satu variabel. Jenis data yang digunakan interval sehingga digunakan rumus *t-tes*.

$$t = \frac{X - \mu_0}{s / \sqrt{n}}$$

Keterangan :

t = nilai t hitung,

X = rata-rata X ,

μ_0 = nilai yang dihipotesiskan,

s = simpangan baku

n = jumlah anggota sampel

2.21.4 Generalisasi Dan Kesimpulan Analisis Data

Generalisasi adalah penarikan suatu kesimpulan umum dari suatu analisis penelitian. Generalisasi yang dibuat harus berkaitan dengan teori yang mendasari penelitian yang dilakukan.

Generalisasi ini, dibuat setelah interpretasi data/penemuan yang telah dilakukan. Setelah generalisasi dibuat, selanjutnya dibuatkan kesimpulan-kesimpulan yang lebih khusus (terinci) dari penelitian berdasarkan generalisasi yang telah dibuat.

(Hasan, M. Iqbal, 2002 hal 100-138 dalam P. Juli Ni Ketut, 2005)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan skala laboratorium

3.2 Tempat dan Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang yang dilaksanakan pada bulan April – Mei 2005

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Terikat

- Kandungan BOD
- PO₄

3.3.2 Variabel tetap

- Kecepatan aliran air masuk = 40 ml/menit
- Kecepatan aliran masuk koagulan = 0,4 ml/menit
- Diameter dan tinggi clarifier = 36 cm, 60 cm
- Jenis koagulan = Poly alumunium Chlorida

3.3.3 Variabel bebas

- Dosis koagulan = 400, 500, 600 dan 700 ppm
- Waktu tinggal = 6, 9, 12 dan 15 menit

3.4 Rancangan Percobaan

3.4.1 Pengambilan Sampel

Sampel diambil dari pabrik tahu Tlogo Mas Malang

3.4.2 Persiapan Alat dan Bahan

a. Bahan

- Limbah cair pabrik tahu
- Koagulan PAC

b. Alat

- a. Alat Clarifier jenis Thickener
- b. Pipa

Metode Penelitian

- c. Bak penampung
- d. Selang
- e. Adaptor
- f. Dynamo
- g. Tangki koagulan
- h. Tangki sampel
- i. Penyiapan alat jar test

Peralatan jar test menggunakan peralatan yang ada di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang. Untuk menghasilkan hasil yang akurat maka dilakukan kalibrasi terhadap putaran pengaduk. Reaktor Batch bertujuan untuk menentukan dosis optimal koagulan yang dibutuhkan pada pengolahan air limbah tahu pada proses koagulasi flokulasi.

Pada penelitian ini model reaktor yang digunakan adalah seperangkat jar test dan BIRD = 6 buah paddle impeller berjenis two blades yang memiliki alat pengukur putaran bersatuan rpm (round per minutes), dan timer untuk mengukur lama pengadukan baik lambat maupun cepat.

3.4.3 Reaktor Clarifier Thickener

Alat yang digunakan pada penelitian ini berupa reaktor clarifier thickener skala laboratorium, mempunyai ukuran diameter = 36 dan tinggi silinder = 60 cm. Pada bagian bawah reaktor dan samping reaktor terdapat inlet, sebelum alat reaktor filter terdapat dua buah bak. Bak pertama merupakan bak penampung air limbah dan bak kedua adalah bak penampung koagulan PAC.

Air limbah tahu dengan laju alir tertentu dimasukkan kedalam clarifier, bersamaan dengan air baku tersebut dimasukkan koagulan dengan laju alir tertentu. Alat dioperasikan dengan berbagai variasi, kemudian sampel diambil pada inlet untuk diamati .

3.4.4 Analisa Pendahuluan

Analisa pendahuluan berfungsi untuk mendapatkan gambaran awal mengenai sampel sebelum diberi perlakuan yaitu kandungan BOD dan PO₄. Hasil tersebut akan digunakan sebagai pembanding hasil percobaan setelah diberi perlakuan.

3.5 Pelaksanaan Percobaan

3.5.1 Tahap Persiapan

- a. Persiapan alat dan bahan.
- b. Analisa awal untuk mengetahui kandungan BOD dan PO₄ pada limbah tahu.
- c. Percobaan Jar Test untuk mengetahui konsentrasi koagulan optimum, waktu pengadukan optimum dan kecepatan pengadukan optimum

3.5.2 Tahap Penelitian

1. UJI PENDAHULUAN (JAR TEST)

- Lakukan pemeriksaan pendahuluan pada sampel air limbah yang akan digunakan meliputi pH, suhu, kekeruhan
- Sediakan beaker glass 1 L, isi masing masing beaker glass dengan 500 ml air sampel
- Menyesuaikan nilai pH dengan menambahkan masing – masing air sampel dengan larutan NaOH sampai nilai pH mencapai 7
- Siapkan flokulator (jar test), masukkan pengaduk dalam beaker glass yang berisi sampel air
- Pada saat yang bersamaan, tambahkan larutan koagulan pada masing – masing beaker dengan variasi konsentrasi koagulan 200 ppm, 300 ppm dan 400 ppm
- Atur pengaduk pada kecepatan yang divariasikan yaitu 300 rpm, 350 rpm dan 400 rpm.
- Hentikan pengadukan, biarkan selama 30 menit sampai flok mengendap
- Analisa awal kadar sampel

2. PROSEDUR PENELITIAN

- Lakukan pemeriksaan pendahuluan pada sampel air limbah yang akan digunakan meliputi pH, suhu.
- Menyesuaikan nilai pH dengan menambahkan pada air sampel dengan larutan NaOH sampai nilai pH mencapai 7
- Siapkan alat clarifier thickener, masukkan pengaduk dalam alat clarifier
- Pada saat yang bersamaan, tambahkan larutan koagulan dan sampel limbah tahu pada alat clarifier dengan variasi konsentrasi koagulan
- Atur pengaduk pada kecepatan 400 rpm dan waktu pengadukan yang telah divariasikan yaitu 6, 9, 12 dan 15 menit.
- Ambil sampel air limbah pada outlet setelah air overflow pada alat clarifier, analisa sampel.

3.6 Metode Penelitian

3.6.1. Metode Analisa

Untuk mengetahui besar konsentrasi BOD dengan menggunakan alat clarifier thickener, digunakan titrasi sedangkan untuk mengetahui konsentrasi PO_4 digunakan pembacaan spektrofotometer dengan panjang gelombang 816,5 nm.

3.6.2. Metode Statistik

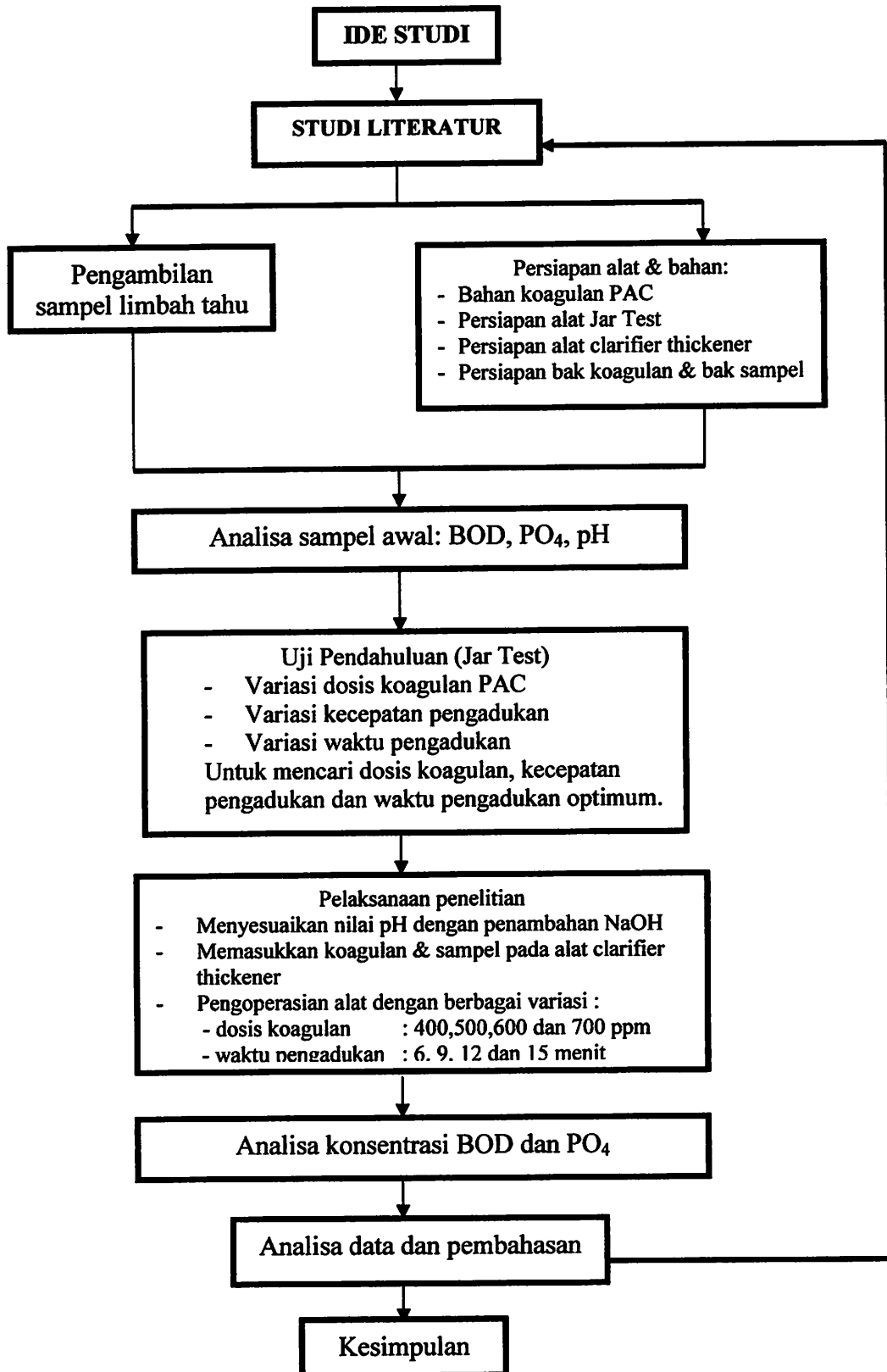
Analisa data dari hasil percobaan dilakukan dengan metode duncan, deskriptif, korelasi pearson dan anova.

Uji duncan yang diikuti dengan analisa deskriptif ditujukan untuk menganalisa data dari perbedaan setiap perlakuan dan mengetahui signifikansi pengaruhnya.

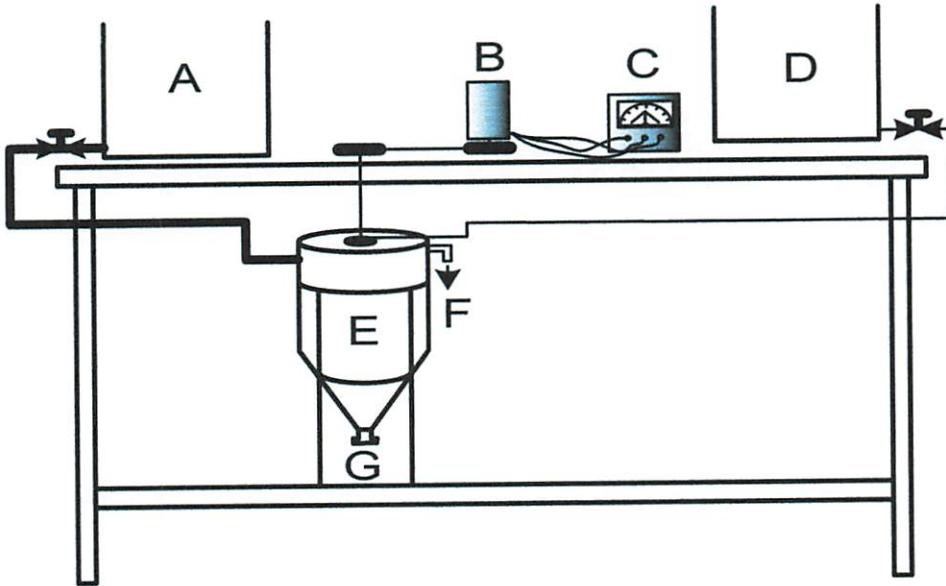
Korelasi pearson ditujukan untuk menganalisis hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat.

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat digunakan uji varians (ANOVA) regresi sehingga diketahui ketepatan dan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data.

3.7 Diagram Alir Penelitian



3.8 SUSUNAN REAKTOR

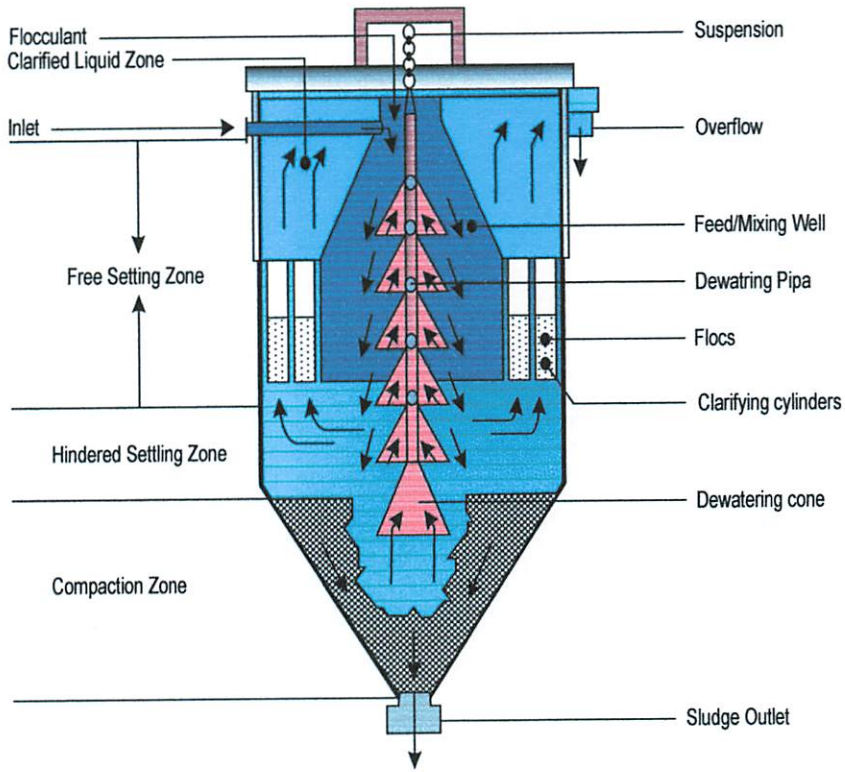


Gambar 3.1 Susunan Reaktor

KETERANGAN :

- A. BAK SAMPEL AIR LIMBAH**
- B. MOTOR PENGGERAK**
- C. ADAPTOR**
- D. BAK KOAGULAN**
- E. CLARIFIER THICKENER**
- F. OVERFLOW**
- G. OUTLET LUMPUR**

3.9 ALAT CLARIFIER THICKENER (400 rpm).



Gambar 3.2 Alat Clarifier Thickener

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi BOD dan PO₄ yang dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Brawijaya Malang, maka data konsentrasi akhir BOD dan PO₄ setelah diujikan dengan alat clarifier yang memvariasikan konsentrasi PAC yaitu 400 ppm, 500 ppm, 600 ppm, 700 ppm dan variasi waktu yaitu 6 menit, 9 menit, 12 menit dan 15 menit dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1. Data Konsentrasi Akhir BOD

Konsentrasi PAC (ppm)	Waktu (menit)	Konsentrasi awal BOD (ppm)	Konsentrasi akhir BOD		
			1	2	3
400	6	3750	2350	2325	2335
	9	3750	1900	1915	1890
	12	3750	1550	1535	1545
	15	3750	1480	1490	1465
500	6	3750	2130	2140	2135
	9	3750	1665	1660	1670
	12	3750	1300	1310	1290
	15	3750	1210	1200	1205
600	6	3750	1810	1825	1800
	9	3750	1230	1220	1210
	12	3750	1020	1005	995
	15	3750	870	885	860
700	6	3750	1730	1745	1705
	9	3750	1180	1165	1195
	12	3750	980	985	965
	15	3750	825	800	835

Tabel 4.2. Data Konsentrasi Akhir PO₄

Konsentrasi PAC (ppm)	Waktu (menit)	Konsentrasi awal PO ₄	Konsentrasi akhir PO ₄		
			1	2	3
400	6	38,23	31,29	31,45	31,29
	9	38,23	25,00	25,32	25,48
	12	38,23	23,71	23,23	23,23
	15	38,23	22,26	22,10	22,42
500	6	38,23	28,23	27,90	27,74
	9	38,23	21,13	21,29	20,97
	12	38,23	18,39	18,23	18,55
	15	38,23	16,77	16,45	16,29
600	6	38,23	24,36	23,87	24,52
	9	38,23	19,19	19,36	19,19
	12	38,23	16,29	15,81	16,45
	15	38,23	13,23	13,23	13,39
700	6	38,23	22,10	22,26	21,94
	9	38,23	18,55	18,71	18,71
	12	38,23	15,65	16,65	15,48
	15	38,23	12,90	13,07	13,07

4.2. ANALISA KONSENTRASI AKHIR BOD

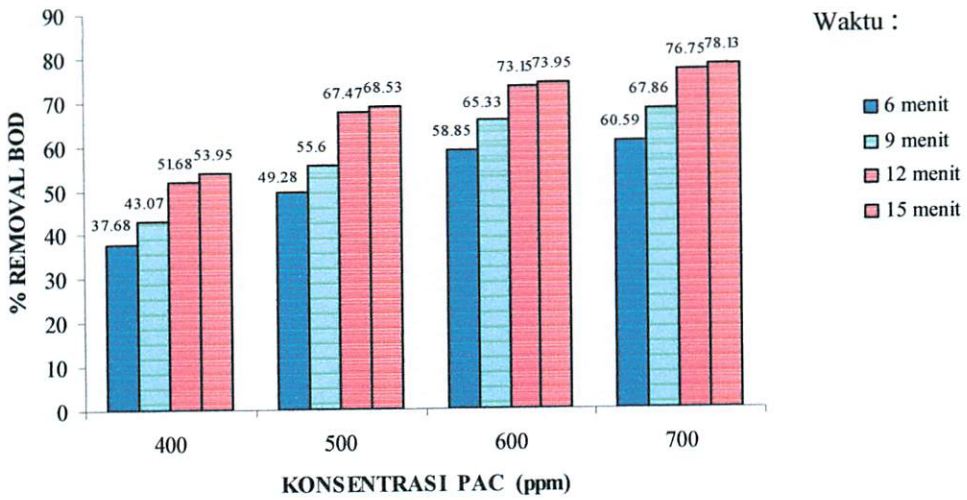
Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa PAC sebagai koagulan dengan perlakuan yang dikerjakan meliputi variasi konsentrasi PAC yaitu 400 ppm, 500 ppm, 600 ppm, 700 ppm dan variasi waktu yaitu 6 menit, 9 menit, 12 menit dan 15 menit dengan menggunakan alat clarifier mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi BOD. Untuk mengetahui persentase removal BOD pada tiap variasinya digunakan rumus:

$$\% \text{ penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Perhitungan persentase removal BOD dapat dilihat pada tabel 4.3.

Konsentrasi PAC (ppm)	Waktu (menit)	Konsentrasi akhir BOD			Rata-rata % penyisihan
		1	2	3	
400	6	37,33	38	37,73	37,68
	9	49,33	48,93	49,6	49,28
	12	58,67	59,06	58,8	58,85
	15	60,53	60,27	60,93	60,59
500	6	43,2	42,93	43,06	43,07
	9	55,6	55,73	55,47	55,6
	12	65,33	65,06	65,6	65,33
	15	67,76	68	67,86	67,86
600	6	51,73	51,33	52	51,68
	9	67,2	67,47	67,73	67,47
	12	72,8	73,2	73,46	73,15
	15	76,8	76,4	77,06	76,75
700	6	53,87	53,47	54,53	53,95
	9	68,53	68,93	68,13	68,53
	12	73,87	73,71	74,27	73,95
	15	78	78,67	77,73	78,13

Berdasarkan tabel 4.3 menunjukkan bahwa kemampuan penurunan konsentrasi BOD melalui alat clarifier berkisar antara 37,68 – 78,13. Kemampuan penurunan terbesar adalah 78,13 % pada konsentrasi PAC 700 ppm dan waktu 15 menit sedangkan kemampuan terkecil sebesar 37,68 % pada konsentrasi PAC 400 ppm dan waktu 6 menit. Berdasarkan tabel 4.3 dapat dibuat grafik seperti pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Grafik Persentase Penyisihan Konsentrasi BOD

4.2.1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam penurunan konsentrasi BOD maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA. Hasil uji tersebut tersaji dalam tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan Konsentrasi BOD dengan Alat Clarifier

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: % removal BOD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6576.725 ^a	15	438.448	4203.975	.000
Intercept	180770.245	1	180770.245	1733280	.000
sampel	6576.725	15	438.448	4203.975	.000
Error	3.337	32	.104		
Total	187350.307	48			
Corrected Total	6580.062	47			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .999)

Pada tabel 4.4 merupakan hasil uji ANOVA satu faktor. ANOVA satu faktor ini untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara persentase penurunan konsentrasi BOD diantara kelompok perlakuan.

Hipotesis:

H_0 = Keempat puluh delapan rata-rata perlakuan adalah identik.

H_1 = Keempat puluh delapan rata-rata perlakuan adalah tidak identik.

Keputusan:

Terlihat bahwa F hitung adalah 4203.975 dengan probabilitas 0,000. Karena probabilitas < 0,05 maka H_0 ditolak atau persentase penurunan konsentrasi BOD dalam keempat puluh delapan perlakuan tersebut memang berbeda nyata.

Untuk melihat persentase penurunan konsentrasi BOD yang paling besar dan perbedaannya dalam setiap perlakuan digunakan uji Duncan. Perlakuan dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut ini:

Tabel 4.5. Hasil Uji Duncan Konsentrasi BOD

% removal BOD

Duncan ^{a,b}		Subset															
samp	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
K1W1	3	7.6867															
K2W1	3		3.0633														
K1W2	3			9.2867													
K3W1	3				1.6867												
K4W1	3					3.9567											
K2W2	3						5.6000										
K1W3	3							3.8433									
K1W4	3								0.5767								
K2W3	3									5.3300							
K3W2	3										7.4667						
K2W4	3											7.8733					
K4W2	3												3.5300				
K3W3	3													3.1533			
K4W3	3														3.9500		
K3W4	3															3.7533	
K4W4	3																3.1333
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.133	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .104.

^aUses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

^bAlpha = .05.

Keterangan:

- K1W1= Konsentrasi PAC 400 ppm dan waktu pengadukan 6 menit.
- K1W2= Konsentrasi. PAC 400 ppm dan waktu pengadukan 9 menit
- K1W3= Konsentrasi. PAC 400 ppm dan waktu pengadukan 12menit
- K1W4= Konsentrasi PAC 400 ppm dan waktu pengadukan 15 menit
- K2W1= Konsentrasi PAC 500 ppm dan waktu pengadukan 6 menit.
- K2W2= Konsentrasi. PAC 500 ppm dan waktu pengadukan 9 menit
- K2W3= Konsentrasi. PAC 500 ppm dan waktu pengadukan 12 menit
- K2W4= Konsentrasi PAC 500 ppm dan waktu pengadukan 15 menit
- K3W1= Konsentrasi PAC 600 ppm dan waktu pengadukan 6 menit.
- K3W2= Konsentrasi. PAC 600 ppm dan waktu pengadukan 9 menit
- K3W3= Konsentrasi. PAC 600 ppm dan waktu pengadukan 12 menit
- K3W4= Konsentrasi PAC 600 ppm dan waktu pengadukan 15 menit
- K4W1= Konsentrasi PAC 700 ppm dan waktu pengadukan 6 menit.
- K4W2= Konsentrasi. PAC 700 ppm dan waktu pengadukan 9 menit
- K4W3= Konsentrasi. PAC 700 ppm dan waktu pengadukan 12 menit
- K4W4= Konsentrasi PAC 700 ppm dan waktu pengadukan 15 menit

Hasil Uji Duncan menunjukkan bahwa tidak seluruhnya terdapat perbedaan nyata dalam perubahan konsentrasi BOD. Pada perlakuan K3W2 yaitu konsentrasi. PAC 600 ppm dan waktu pengadukan 9 menit dan perlakuan K2W4 yaitu konsentrasi PAC 500 ppm dan waktu pengadukan 15 menit, menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang tidak nyata dalam perubahan konsentrasi BOD.. Penurunan terendah terjadi saat perlakuan K1W1 yaitu penambahan konsentrasi PAC 400 ppm serta pada waktu pengadukan 6 menit sebesar 37,68 %. Sedangkan penurunan konsentrasi BOD tertinggi terjadi pada saat perlakuan K4W4 yaitu dengan penambahan konsentrasi PAC 700 ppm dan pada waktu pengadukan 15 menit sebesar 78,13 %.

4.2.2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui bukti empiris hubungan antara variabel yang diamati, maka kita analisa data dengan menggunakan analisa korelasi. Hasil dari analisa tersebut dapat kita lihat pada tabel 4.6.

Correlations

		% removal BOD	variasi konsentrasi	variasi waktu
Pearson Correlation	% removal BOD	1.000	.577	.767
	variasi konsentrasi	.577	1.000	.000
	variasi waktu	.767	.000	1.000
Sig. (1-tailed)	% removal BOD	.	.000	.000
	variasi konsentrasi	.000	.	.500
	variasi waktu	.000	.500	.
N	% removal BOD	48	48	48
	variasi konsentrasi	48	48	48
	variasi waktu	48	48	48

Tabel 4.6. Korelasi antara Persentase Konsentrasi BOD, Waktu Pengadukan (menit) dan Konsentrasi PAC (ppm)

Dari tabel 4.6 menunjukkan bahwa:

Tingkat hubungan antara variabel yang dapat diketahui dari koefisien korelasi adalah:

- Besar hubungan % penyisihan BOD dengan variasi konsentrasi PAC adalah 0.577. Hal ini menunjukkan bahwa adanya hubungan yang kuat karena memiliki nilai diatas 0.5 (Yarnest, 2004). Sedangkan tanda positif menyatakan hubungan searah yang berarti semakin besar konsentrasi PAC maka akan diikuti dengan penurunan konsentrasi BOD yang tinggi. Tingkat signifikan BOD dan variasi konsentrasi PAC yang ditunjukkan dengan nilai 0.000 jauh lebih kecil dari 0.05 maka korelasinya nyata (signifikan).
- Besar hubungan % penyisihan BOD dengan variasi waktu adalah 0.767. Hal ini menunjukkan bahwa adanya hubungan yang kuat karena memiliki nilai diatas 0.5 (Yarnest, 2004). Sedangkan tanda positif menyatakan hubungan searah yang berarti semakin lama waktu maka akan diikuti dengan penurunan konsentrasi BOD yang tinggi. Tingkat signifikan BOD

dan variasi waktu yang ditunjukkan dengan nilai 0.000 jauh lebih kecil dari 0.05 maka korelasinya nyata (signifikan).

4.2.3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui bukti empiris keceratan hubungan antara variabel maka kita analisa data dengan menggunakan analisa regresi. Hasil analisa tersebut dapat kita lihat pada tabel-tabel berikut:

Tabel 4.7. Hasil Uji Regresi ANOVA

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6060.547	2	3030.274	262.480	.000 ^a
	Residual	519.514	45	11.545		
	Total	6580.062	47			

a. Predictors: (Constant), variasi waktu, variasi konsentrasi

b. Dependent Variable: % removal BOD

Dari uji ANOVA atau F test, didapat F hitung adalah 262.480 dengan tingkat signifikan 0,000. Karena probabilitas 0.000 lebih kecil dari 0.05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksikan konsentrasi BOD.

Tabel 4.8. Tabel Persamaan Regresi

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	26.184	1.627		16.098	.000
	variasi konsentrasi	6.043	.439	.577	13.777	.000
	variasi waktu	8.031	.439	.767	18.308	.000

a. Dependent Variable: % removal BOD

Tabel 4.9. Tabel Persamaan R square

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.960 ^a	.921	.918	3.39776

a. Predictors: (Constant), variasi waktu, variasi konsentrasi

Dari tabel 4.8 dan 4.9 di atas dapat kita ketahui:

1. Persamaan regresi

$$Y = 26.184 + 6.043 X_1 + 8.031 X_2$$

Dimana: Y = % penurunan konsentrasi BOD

X_1 = variasi konsentrasi PAC

X_2 = variasi waktu

Berdasarkan hasil analisa statistik, nilai R sebesar 0.960 menunjukkan hubungan yang kuat antar variabel konsentrasi akhir BOD dengan penambahan konsentrasi PAC serta waktu pengadukan karena mendekati 1 (Yarnest, 2004). Sedangkan nilai R square (r^2) sebesar 0.921 bisa disebut koefisien determinasi yang dalam hal ini berarti 92.1 % penyisihan konsentrasi BOD dipengaruhi oleh variabel konsentrasi PAC dan waktu, 92,1 % variability data ditunjukkan oleh persamaan regresi. Berdasarkan nilai R dan R square tersebut maka model persamaan regresi di atas dapat diterima.

Koefisien regresi untuk variasi PAC sebesar 6.043 menyatakan bahwa setiap penambahan konsentrasi PAC 1 ppm akan meningkatkan % penyisihan konsentrasi BOD sebesar 6.043 % dan koefisien regresi untuk variasi PAC sebesar 8.031 menyatakan bahwa setiap penambahan

konsentrasi PAC 1 ppm akan meningkatkan % penyisihan konsentrasi BOD sebesar 8.031 %.

2. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independen.

Hipotesa:

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan.

H_1 = koefisien regresi signifikan.

Keputusan:

Dasar pengambilan keputusan:

a. Dengan membandingkan statistik hitung dengan statistik tabel. Jika statistik t hitung < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak dan begitu sebaliknya. Statistik t hitung berdasarkan tabel 4.7 adalah 13.777 (PAC) dan 18.308 (waktu) sedangkan t tabel 2.021. Karena statistik t hitung > t tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

b. Berdasarkan probabilitas

- Jika probabilitas > 0.05 maka H_0 diterima dan H_1 ditolak
- Jika probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima

Keputusan:

Terlihat bahwa pada kolom signifikan (*significance*) adalah 0.000 atau probabilitas lebih kecil dari 0.05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima, atau koefisien regresi signifikan, atau konsentrasi PAC dan waktu pengadukan benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi BOD.

4.3. ANALISA KONSENTRASI AKHIR PO_4

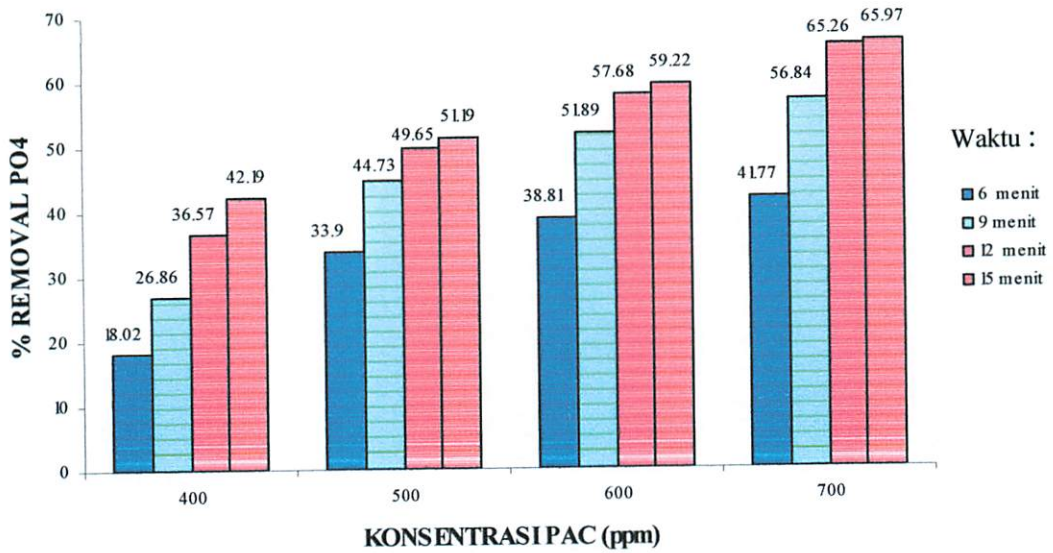
Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa PAC sebagai koagulan dengan perlakuan yang dikerjakan meliputi variasi konsentrasi PAC yaitu 400 ppm, 500 ppm, 600 ppm, 700 ppm dan variasi waktu yaitu 6 menit, 9 menit, 12 menit dan 15 menit dengan menggunakan alat clarifier thickener mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi PO_4 . Untuk mengetahui persentase penyisihan PO_4 pada tiap variasinya digunakan rumus:

$$\% \text{ penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Perhitungan persentase penyisihan PO₄ dapat dilihat pada tabel 4.10.

Konsentrasi PAC (ppm)	Waktu (menit)	Konsentrasi akhir PO ₄			Rata-rata % penyisihan
		1	2	3	
400	6	18,15	17,73	18,15	18,02
	9	34,61	33,77	33,35	33,90
	12	37,98	39,24	39,24	38,81
	15	41,77	42,19	41,35	41,77
500	6	26,16	27,02	27,44	26,86
	9	44,72	44,31	45,15	44,73
	12	51,89	52,31	51,48	51,89
	15	56,13	56,97	57,39	56,84
600	6	36,28	37,56	35,86	36,57
	9	49,80	49,36	49,80	49,65
	12	57,39	58,65	56,97	57,68
	15	65,39	65,39	64,98	65,26
700	6	42,19	41,77	42,61	42,19
	9	51,47	51,05	51,05	51,19
	12	56,06	56,06	56,51	59,22
	15	66,25	65,81	65,81	65,97

Berdasarkan tabel 4.10 menunjukkan bahwa kemampuan penurunan konsentrasi PO₄ melalui alat clarifier berkisar antara 18,02 – 65,97. Kemampuan penurunan terbesar adalah 65,97 % pada konsentrasi PAC 700 ppm dan waktu 15 menit sedangkan kemampuan terkecil sebesar 18,02 % pada konsentrasi PAC 400 ppm dan waktu 6 menit. Berdasarkan tabel 4.10 dapat dibuat grafik seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik Persentase Penyisihan Konsentrasi PO₄

4.3.1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam penurunan konsentrasi PO₄ maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA. Hasil uji tersebut tersaji dalam tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan Konsentrasi PO₄ dengan Alat Clarifier

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: % removal PO₄

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8014.676 ^a	15	534.312	1943.688	.000
Intercept	101988.875	1	101988.875	371009.2	.000
sampel	8014.676	15	534.312	1943.688	.000
Error	8.797	32	.275		
Total	110012.348	48			
Corrected Total	8023.473	47			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .998)

Pada tabel 4.4 merupakan hasil uji ANOVA satu faktor. ANOVA satu faktor ini untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara persentase penurunan konsentrasi PO₄ diantara kelompok perlakuan.

Hipotesis:

H_0 = Keempat puluh delapan rata-rata perlakuan adalah identik.

H_1 = Keempat puluh delapan rata-rata perlakuan adalah tidak identik.

Keputusan:

Terlihat bahwa F hitung adalah 1943.688 dengan probabilitas 0,000. Karena probabilitas < 0,05 maka H_0 ditolak atau persentase penurunan konsentrasi PO_4 dalam keempat puluh delapan perlakuan tersebut memang berbeda nyata.

Untuk melihat persentase penurunan konsentrasi PO_4 yang paling besar dan perbedaannya dalam setiap perlakuan digunakan uji Duncan. Perlakuan dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut ini:

Tabel 4.12. Hasil Uji Duncan Konsentrasi PO_4

% removal PO_4

Duncan ^{a,b}		Subset											
sample	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K1W1	3	18.0100											
K2W1	3		26.8733										
K1W2	3			33.9100									
K3W1	3				36.5667								
K1W3	3					38.8200							
K1W4	3						41.7700						
K4W1	3						42.1900						
K2W2	3							44.7267					
K3W2	3								49.6533				
K4W2	3									51.1900			
K2W3	3									51.8933			
K4W3	3										56.2100		
K2W4	3										56.8300	56.8300	
K3W3	3											57.6700	
K3W4	3												55.2533
K4W4	3												55.9567
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.334	1.000	1.000	.110	.157	.058	.110

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .275.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Keterangan:

- K1W1= Konsentrasi PAC 400 ppm dan waktu pengadukan 6 menit.
- K1W2= Konsentrasi. PAC 400 ppm dan waktu pengadukan 9 menit
- K1W3= Konsentrasi. PAC 400 ppm dan waktu pengadukan 12menit
- K1W4= Konsentrasi PAC 400 ppm dan waktu pengadukan 15 menit

Hasil dan Pembahasan

- K2W1= Konsentrasi PAC 500 ppm dan waktu pengadukan 6 menit.
- K2W2= Konsentrasi. PAC 500 ppm dan waktu pengadukan 9 menit
- K2W3= Konsentrasi. PAC 500 ppm dan waktu pengadukan 12 menit
- K2W4= Konsentrasi PAC 500 ppm dan waktu pengadukan 15 menit
- K3W1= Konsentrasi PAC 600 ppm dan waktu pengadukan 6 menit.
- K3W2= Konsentrasi. PAC 600 ppm dan waktu pengadukan 9 menit
- K3W3= Konsentrasi. PAC 600 ppm dan waktu pengadukan 12 menit
- K3W4= Konsentrasi PAC 600 ppm dan waktu pengadukan 15 menit
- K4W1= Konsentrasi PAC 700 ppm dan waktu pengadukan 6 menit.
- K4W2= Konsentrasi. PAC 700 ppm dan waktu pengadukan 9 menit
- K4W3= Konsentrasi. PAC 700 ppm dan waktu pengadukan 12 menit
- K4W4= Konsentrasi PAC 700 ppm dan waktu pengadukan 15 menit

Hasil Uji Duncan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata pada perlakuan K1W1 yaitu konsentrasi PAC 400 ppm dan waktu pengadukan 6 menit, pada perlakuan K2W1 yaitu konsentrasi PAC 500 ppm dan waktu pengadukan 6 menit, pada perlakuan K1W2 yaitu konsentrasi. PAC 400 ppm dan waktu pengadukan 9 menit, pada perlakuan K3W1 yaitu konsentrasi PAC 600 ppm dan waktu pengadukan 6 menit, pada perlakuan K1W3 yaitu konsentrasi. PAC 400 ppm dan waktu pengadukan 12 menit, pada perlakuan K2W2 yaitu konsentrasi. PAC 500 ppm dan waktu pengadukan 9 menit serta pada perlakuan K3W2 yaitu konsentrasi. PAC 600 ppm dan waktu pengadukan 9 menit dalam persentase penurunan konsentrasi PO_4 .

Pada perlakuan K1W4 yaitu konsentrasi PAC 400 ppm dan waktu pengadukan 15 menit dan K4W1 yaitu konsentrasi PAC 700 ppm dan waktu pengadukan 6 menit. terletak dalam satu kelompok (satu subset). Kedua perlakuan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang tidak nyata dalam perubahan konsentrasi PO_4 . hal serupa (terletak dalam satu subset) juga terjadi pada perlakuan :

- K4W2 yaitu Konsentrasi. PAC 700 ppm dan waktu pengadukan 9 menit dan K2W3 yaitu Konsentrasi. PAC 500 ppm dan waktu pengadukan 12 menit

- K4W3 yaitu Konsentrasi. PAC 700 ppm dan waktu pengadukan 12 menit dan K2W4 yaitu Konsentrasi PAC 500 ppm dan waktu pengadukan 15 menit
- K2W4 yaitu Konsentrasi PAC 500 ppm dan waktu pengadukan 15 menit dan K3W3 yaitu Konsentrasi. PAC 600 ppm dan waktu pengadukan 12 menit
- K3W4 yaitu Konsentrasi PAC 600 ppm dan waktu pengadukan 15 menit dan K4W4 yaitu Konsentrasi PAC 700 ppm dan waktu pengadukan 15 menit

Penurunan terendah terjadi saat perlakuan K1W1 yaitu penambahan konsentrasi PAC 400 ppm serta pada waktu pengadukan 6 menit sebesar 18,02 %. Sedangkan penurunan konsentrasi PO₄ tertinggi terjadi pada saat perlakuan K4W4 yaitu dengan penambahan konsentrasi PAC 700 ppm dan pada waktu pengadukan 15 menit sebesar 65,97 %.

4.3.2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui bukti empiris hubungan antara variabel yang diamati, maka kita analisa data dengan menggunakan analisa korelasi. Hasil dari analisa tersebut dapat kita lihat pada tabel 4.13.

Correlations

		% removal PO4	variasi konsentrasi	variasi waktu
Pearson Correlation	% removal PO4	1.000	.601	.743
	variasi konsentrasi	.601	1.000	.000
	variasi waktu	.743	.000	1.000
Sig. (1-tailed)	% removal PO4	.	.000	.000
	variasi konsentrasi	.000	.	.500
	variasi waktu	.000	.500	.
N	% removal PO4	48	48	48
	variasi konsentrasi	48	48	48
	variasi waktu	48	48	48

Tabel 4.13. Korelasi antara Persentase Konsentrasi PO₄, Waktu Pengadukan (menit) dan Konsentrasi PAC (ppm)

Dari tabel 4.13 menunjukkan bahwa:

Tingkat hubungan antara variabel yang dapat diketahui dari koefisien korelasi adalah:

- Besar hubungan % penyisihan PO_4 dengan variasi konsentrasi PAC adalah 0.601. Hal ini menunjukkan bahwa adanya hubungan yang kuat karena memiliki nilai diatas 0.5 (Yarnest, 2004). Sedangkan tanda positif menyatakan hubungan searah yang berarti semakin besar konsentrasi PAC maka akan diikuti dengan penurunan konsentrasi PO_4 yang tinggi. Tingkat signifikan PO_4 dan variasi konsentrasi PAC yang ditunjukkan dengan nilai 0.000 jauh lebih kecil dari 0.05 maka korelasinya nyata (signifikan).
- Besar hubungan % penyisihan PO_4 dengan variasi waktu adalah 0.743. Hal ini menunjukkan bahwa adanya hubungan yang kuat karena memiliki nilai diatas 0.5 (Yarnest, 2004). Sedangkan tanda positif menyatakan hubungan searah yang berarti semakin lama waktu maka akan diikuti dengan penurunan konsentrasi PO_4 yang tinggi. Tingkat signifikan PO_4 dan variasi waktu yang ditunjukkan dengan nilai 0.000 jauh lebih kecil dari 0.05 maka korelasinya nyata (signifikan).

4.3.3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui bukti empiris keeratan hubungan antara variabel maka kita analisa data dengan menggunakan analisa regresi. Hasil analisa tersebut dapat kita lihat pada tabel-tabel berikut:

Tabel 4.14. Hasil Uji Regresi ANOVA

ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7324.578	2	3662.289	235.805	.000 ^a
	Residual	698.895	45	15.531		
	Total	8023.473	47			

a. Predictors: (Constant), variasi waktu, variasi konsentrasi

b. Dependent Variable: % removal PO_4

Dari uji ANOVA atau F test, didapat F hitung adalah 235.805 dengan tingkat signifikan 0,000. Karena probabilitas 0.000 lebih kecil dari 0.05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksikan konsentrasi PO₄.

Tabel 4.15. Tabel Persamaan Regresi

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	7.248	1.887		3.842	.000
variasi konsentrasi	6.948	.509	.601	13.657	.000
variasi waktu	8.591	.509	.743	16.885	.000

a. Dependent Variable: % removal PO₄

Tabel 4.16. Tabel Persamaan R square

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.955 ^a	.913	.909	3.94094

a. Predictors: (Constant), variasi waktu, variasi konsentrasi

Dari tabel 4.15 dan 4.16 di atas dapat kita ketahui:

1. Persamaan regresi

$$Y = 7.248 + 6.948X_1 + 8.591 X_2$$

Dimana: Y = % penurunan konsentrasi PO₄

X₁ = variasi konsentrasi PAC

X₂ = variasi waktu

Berdasarkan hasil analisa statistik, nilai R sebesar 0.955 menunjukkan hubungan yang kuat antar variabel konsentrasi akhir PO₄ dengan penambahan konsentrasi PAC serta waktu pengadukan karena mendekati 1 (Yarnest, 2004). Sedangkan nilai R square (r²) sebesar 0.913 bisa disebut koefisien determinasi yang dalam hal ini berarti 91.3 % penyisihan konsentrasi PO₄ dipengaruhi oleh variabel konsentrasi PAC dan waktu, 91,3 % variability data ditunjukkan oleh persamaan regresi. Berdasarkan nilai R dan R square tersebut maka model persamaan regresi di atas dapat diterima.

Koefisien regresi untuk variasi PAC sebesar 6.948 menyatakan bahwa setiap penambahan konsentrasi PAC 1 ppm akan meningkatkan % penyisihan konsentrasi PO_4 sebesar 6.948 % dan koefisien regresi untuk variasi PAC sebesar 8.591 menyatakan bahwa setiap penambahan konsentrasi PAC 1 ppm akan meningkatkan % penyisihan konsentrasi PO_4 sebesar 8.591 %.

2. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independen.

Hipotesa:

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan.

H_1 = koefisien regresi signifikan.

Keputusan:

Dasar pengambilan keputusan:

- a. Dengan membandingkan statistik hitung dengan statistik tabel. Jika statistik t hitung < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak dan begitu sebaliknya. Statistik t hitung berdasarkan tabel 4.7 adalah 13.657 (PAC) dan 16.885 (waktu) sedangkan t tabel 2.021. Karena statistik t hitung > t tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.
- b. Berdasarkan probabilitas
 - Jika probabilitas > 0.05 maka H_0 diterima dan H_1 ditolak
 - Jika probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima

Keputusan:

Terlihat bahwa pada kolom signifikan (*significance*) adalah 0.000 atau probabilitas lebih kecil dari 0.05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima, atau koefisien regresi signifikan, atau konsentrasi PAC dan waktu pengadukan benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi PO_4 .

4.4 PEMBAHASAN

4.4.1 Pengaruh variabel konsentrasi PAC dan waktu pengadukan terhadap % penyisihan BOD

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi awal BOD dari limbah cair pabrik tahu adalah 3750 ppm (table 4.1), setelah dilakukan proses pengolahan secara koagulasi flokulasi yang dilanjutkan dengan proses pengendapan menggunakan alat clarifier thickener dengan variasi konsentrasi PAC (400 ppm, 500 ppm, 600 pmm dan 700 ppm) dan waktu pengadukan (6 menit, 9 menit, 12 menit dan 15 menit) telah terbukti dapat menurunkan konsentrasi BOD pada limbah cair tahu secara meningkat seiring dengan besarnya konsentrasi dan lamanya waktu pengadukan yang diberikan.

Pada gambar grafik 4.1 menunjukkan % penyisihan konsentrasi BOD setelah proses koagulasi flokulasi yang paling rendah adalah pada konsentrasi PAC 400 ppm dengan waktu pengadukan 6 menit dengan penurunan 37,68 % dan % penyisihan yang paling tinggi adalah pada konsentrasi PAC 700 ppm dengan waktu pengadukan 15 menit dengan penurunan 78,13 %. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar konsentrasi PAC dan semakin lama waktu pengadukan, bahan-bahan organik yang disisihkan akan semakin besar. Tingginya efektifitas penyisihan BOD ini disebabkan karena waktu pengadukan yang semakin lama maka kontak air limbah dengan bahan koagulan juga lebih lama, sehingga partikel-partikel dalam air limbah yang mengalami destabilisasi juga semakin meningkat (*Susanti E., 2002*)

Semakin besar dosis koagulan PAC maka semakin besar pula efektifitas penyisihan BOD nya, karena besarnya dosis koagulan menambah konsentrasi muatan koloid agar mampu berinteraksi secara positif dari koagulan sehingga semakin mempermudah penggabungan partikel koloid (*Hardjono, 1999 dalam Zantos I., 2005*). Penambahan koagulan itu sendiri pada pengolahan limbah cair tahu dimaksudkan untuk mengurangi daya tolak menolak antar partikel koloid, sehingga partikel-partikel tersebut dapat bergabung menjadi flok-flok dan kemudian dengan pengaruh gaya grafitasi flok-flok yang telah terbentuk akan mengendap. Pembubuhan koagulan dalam proses koagulasi flokulasi mengakibatkan stabilitas partikel tersebut terganggu, yang kemudian dengan

partikel lain yang lebih stabil dan membentuk flok (Alaerts, Sumestri, 1984). Menurut Charles R. Cox (1969) dalam proses koagulasi flokulasi terjadi reaksi secara seragam keseluruh badan air baku dengan menggunakan pengadukan cepat.

Pada proses koagulasi kecepatan pengadukan harus tinggi agar proses pencampuran benar-benar merata ke seluruh campuran (Lukmila A., 2005). Proses pengadukan cepat dimaksudkan untuk meratakan campuran antara koagulan dengan air buangan sehingga diperoleh suatu kondisi campuran yang homogen. Molekul-molekul serta partikel-partikel yang bermuatan negatif dalam air seperti koloid akan diikat oleh molekul-molekul serta ion-ion yang bermuatan positif dari koagulan (P. Juli Ni Ketut, 2005).

Dari uji korelasi pada $(AlCl_3)_n \cdot 6H_2O$ diketahui bahwa faktor yang mempengaruhi penurunan konsentrasi BOD dalam limbah tahu adalah konsentrasi PAC $(AlCl_3)_n \cdot 6H_2O$ dengan nilai korelasi 0,577 (table 4.6). Hal ini menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi BOD disebabkan karena tingginya efektifitas penyisihan zat-zat organik yang dipengaruhi oleh konsentrasi PAC. Faktor pendukung pada proses koagulasi yaitu waktu pengadukan juga memiliki pengaruh cukup kuat dalam penurunan konsentrasi BOD, dengan nilai korelasi 0,767, sedangkan pengadukan cepat juga memiliki pengaruh pada proses koagulasi. Hal ini dikarenakan pengadukan cepat (*flash mixing*) diperlukan untuk mendistribusikan koagulan secara merata dalam air limbah, sehingga terbentuk flok-flok (Yuliasuti, 2000 dalam Lukmila A., 2005).

Pada tabel 4.6 menyatakan pengaruh variabel konsentrasi PAC dan waktu pengadukan adalah signifikan, kemudian diperkuat dengan nilai R square sebesar 0.921 menyatakan bahwa 92,1 % penyisihan konsentrasi BOD dipengaruhi oleh variabel tersebut (konsentrasi PAC dan waktu pengadukan). Dengan demikian diketahui terdapat hubungan yang erat dan benar-benar berpengaruh secara signifikan antara penambahan konsentrasi koagulan PAC dan waktu pengadukan terhadap penurunan konsentrasi BOD.

4.4.2 Pengaruh variabel konsentrasi PAC dan waktu pengadukan terhadap % penyisihan PO_4

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi awal PO_4 dari limbah cair pabrik tahu adalah 38,23 ppm (table 4.1), setelah dilakukan proses

pengolahan secara koagulasi flokulasi yang dilanjutkan dengan proses pengendapan menggunakan alat clarifier thickener dengan variasi konsentrasi PAC (400 ppm, 500 ppm, 600 ppm dan 700 ppm) dan waktu pengadukan (6 menit, 9 menit, 12 menit dan 15 menit) telah terbukti dapat menurunkan konsentrasi PO_4 pada limbah cair tahu secara meningkat seiring dengan besarnya konsentrasi dan lamanya waktu pengadukan yang diberikan.

Pada gambar grafik 4.2 menunjukkan % penyisihan konsentrasi PO_4 setelah proses koagulasi flokulasi yang paling rendah adalah pada konsentrasi PAC 400 ppm dengan waktu pengadukan 6 menit dengan penurunan 18,02 % dan % penyisihan yang paling tinggi adalah pada konsentrasi PAC 700 ppm dengan waktu pengadukan 15 menit dengan penurunan 65,97 %. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar konsentrasi PAC dan semakin lama waktu pengadukan, fosfat terlarut yang disisihkan akan semakin besar. Seperti yang telah dikemukakan oleh (*Shaukat Farooq dan Abdul Bari, 1989 dalam Lukmila A., 2005*), penurunan fosfat secara fisik-kimiawi (*physis-chemical processes*) adalah dengan proses koagulasi, dimana reaksi yang terjadi pada proses koagulasi tersebut adalah kompleks, tetapi reaksi yang pertama kali terjadi adalah penggabungan ortofosfat dengan ion logam Al (III), Fe (III), dan Ca (II), yang mempengaruhi kestabilan partikel koloid, sehingga mengakibatkan terjadinya pengendapan. Hal ini berarti adanya ion-ion logam tersebut, yang mengakibatkan penurunan konsentrasi fosfat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan koagulan Poly Aluminium Chlorida ($AlCl_3$)_n.6H₂O) dapat menurunkan kadar fosfat dalam limbah tahu. Hal ini dikarenakan senyawa PAC (ortofosfat) dalam limbah tahu merupakan partikel koloid yang dapat berikatan dengan Al^{3+} , Fe^{3+} dan Ca^{2+} membentuk flok kemudian mengendap (*Hammer, 1977*). Begitu juga yang telah dinyatakan oleh (*Gordon.F, John Geyer dan Daniel Okun, 1971 dalam Lukmila A., 2005*) bahwa ion logam yang dapat mengendapkan senyawa fosfat adalah Al(III), Fe(III) dan Ca(II).

Tingginya efektifitas penyisihan PO_4 ini disebabkan karena waktu pengadukan yang semakin lama maka kontak air limbah dengan bahan koagulan juga lebih lama, sehingga partikel-partikel dalam air limbah yang mengalami

destabilisasi juga semakin meningkat (Susanti E., 2002). Semakin besar dosis koagulan PAC maka semakin besar pula efektifitas penyisihan PO_4 nya, karena besarnya dosis koagulan menambah konsentrasi muatan koloid agar mampu berinteraksi secara positif dari koagulan sehingga semakin mempermudah penggabungan partikel koloid (Hardjono, 1999 dalam Zantos I., 2005). Penambahan koagulan itu sendiri pada pengolahan limbah cair tahu dimaksudkan untuk mengurangi daya tolak menolak antar partikel koloid, sehingga partikel-partikel tersebut dapat bergabung menjadi flok-flok dan kemudian dengan pengaruh gaya grafitasi flok-flok yang telah terbentuk akan mengendap. Pembubuhan koagulan dalam proses koagulasi flokulasi mengakibatkan stabilitas partikel tersebut terganggu, yang kemudian dengan partikel lain yang lebih stabil dan membentuk flok (Alearts., Sumestri, 1984). Menurut Charles R. Cox (1969) dalam proses koagulasi flokulasi terjadi reaksi secara seragam keseluruh badan air baku dengan menggunakan pengadukan cepat.

Pada proses koagulasi kecepatan pengadukan harus tinggi agar proses pencampuran benar-benar merata ke seluruh campuran (Lukmila A., 2005). Proses pengadukan cepat dimaksudkan untuk meratakan campuran antara koagulan dengan air buangan sehingga diperoleh suatu kondisi campuran yang homogen. Molekul-molekul serta partikel-partikel yang bermuatan negatif dalam air seperti koloid akan diikat oleh molekul-molekul serta ion-ion yang bermuatan positif dari koagulan (P. Juli Ni Ketut, 2005).

Dari uji korelasi pada $(AlCl_3)_n \cdot 6H_2O$ diketahui bahwa faktor yang mempengaruhi penurunan konsentrasi PO_4 dalam limbah tahu adalah konsentrasi PAC $(AlCl_3)_n \cdot 6H_2O$ dengan nilai korelasi 0,577 (table 4.6). Hal ini menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi PO_4 disebabkan karena tingginya efektifitas penyisihan zat-zat organik yang dipengaruhi oleh konsentrasi PAC. Faktor pendukung pada proses koagulasi yaitu waktu pengadukan juga memiliki pengaruh cukup kuat dalam penurunan konsentrasi PO_4 , dengan nilai korelasi 0,767, sedangkan pengadukan cepat juga memiliki pengaruh pada proses koagulasi. Hal ini dikarenakan pengadukan cepat (*flash mixing*) diperlukan untuk mendistribusikan koagulan secara merata dalam air limbah, sehingga terbentuk flok-flok (Yuliastuti, 2000 dalam Lukmila A., 2005).

Pada tabel 4.13 menyatakan pengaruh variabel konsentrasi PAC dan waktu pengadukan adalah signifikan, kemudian diperkuat dengan nilai R square sebesar 0.913 menyatakan bahwa 91,3 % penyisihan konsentrasi PO_4 dipengaruhi oleh variabel tersebut (konsentrasi PAC dan waktu pengadukan). Dengan demikian diketahui terdapat hubungan yang erat dan benar-benar berpengaruh secara signifikan antara penambahan konsentrasi koagulan PAC dan waktu pengadukan terhadap penurunan konsentrasi PO_4 .

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dengan variasi konsentrasi PAC dan waktu pengadukan dapat diambil kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Persentase penyisihan konsentrasi BOD setelah proses koagulasi flokulasi yang paling rendah adalah pada konsentrasi PAC 400 ppm dengan waktu pengadukan 6 menit dengan penurunan 37,68 % dan persentase penyisihan yang paling tinggi adalah pada konsentrasi PAC 700 ppm dengan waktu pengadukan 15 menit dengan penurunan 78,13 %.
2. Persentase penyisihan konsentrasi PO_4 setelah proses koagulasi flokulasi yang paling rendah adalah pada konsentrasi PAC 400 ppm dengan waktu pengadukan 6 menit dengan penurunan 18,02 % dan persentasess penyisihan yang paling tinggi adalah pada konsentrasi PAC 700 ppm dengan waktu pengadukan 15 menit dengan penurunan 65,97 %.
3. Alat clarifier thickener mampu menurunkan konsentrasi BOD dan PO_4 pada limbah tahu dengan proses koagulasi flokulasi

5.2. Saran

1. Reaktor clarifier thickener sebaiknya terbuat dari bahan yang anti panas atau tidak mudah berkarat seperti bahan dari alumunium dan acrilik.
2. Variasi konsentrasi koagulan PAC yang digunakan sebaiknya lebih besar untuk mendapatkan dosis optimum sehingga di dapatkan penurunan konsentrasi yang lebih baik
3. Variasi waktu pengadukan yang digunakan sebaiknya lebih lama untuk mendapatkan waktu pengadukan optimum dan penurunan konsentrasi yang lebih baik
4. Penanganan terhadap busa yang dihasilkan oleh proses pengolahan limbah tahu selama pengadukan berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G., Sri S. Santika., 1987., **“Metoda Penelitian Air”**, Usaha Nasional Surabaya.
- Al-Layla., M.A, S. Ahmad and E. J. Middlebrooks., 1978., **“Water Supply Engineering and Design”**., New York
- Anonimus., 2004., **“Clarifier Thickener”**., [www.mining-technology.com/contractor/filtering/dorr-oliver/index.html#dorr – oliver](http://www.mining-technology.com/contractor/filtering/dorr-oliver/index.html#dorr-oliver) 3 pada tanggal 9 November 2004
- Anonimus., 2004., **“Clarifier Thickener”**., [www.mining-technology.com/contractor/filtering/dorr-oliver/dorr - oliver](http://www.mining-technology.com/contractor/filtering/dorr-oliver/dorr-oliver) 3 pada tanggal 9 November 2004
- Anonimus.,2004., **“Clarifier”**., www.ajmenviron.com.au/downloads/clarif_low.pdf pada tanggal 9 November 2004
- Anonimus., 2002., **Laporan Program Percontohan Perbaikan Lingkungan Perairan DAS di Kota Semarang.**
- Anonimus., 2002., **“Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri”**.
- Clair N. Sawyer., Perry L. McCarty., **“ Chemistry For Environmental Engineering “ 3rd edition, Mc.Grow Hill Book Company.**
- Cohen., Jesse M. & Sydney A. Hannah., 1971., **“ Coagulation and Flocculation “ dalam : Water Quality and Threatment.**, edisi III., AWWA inc., Washington.
- Hammer M. J., 1977., **” Water and Waste Water Technology “.**, Second Edition., Ptentice – Hall International Inc.
- Ismail S.,Budiarto H., 1997., **”Proses Penjernihan Air Sungai Menggunakan Koagulan PAC Dengan Sistem Clarifier Berpengaduk”**., Laporan Penelitian tidak diterbitkan., Jurusan Teknik Kimia ITN Malang
- Kusnarjo., 2001., **”Pengaruh Perbandingan Tinggi Dengan Diameter Dan Sudut Puncak Pada Pengendap Tipe Clarifier Terhadap Removal Flocc Yang Terbentuk”**., Prosiding Seminar Nasional., Rekayasa Kimia Dan Proses., Jurusan Teknik Kimia- ITS

- Lukmila A., 2005., **"Uji Efektifitas $Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$ dan $Ca(OH)_2$ Untuk menurunkan Kadar Fosfat Dalam Limbah Deterjen Dengan Koagulasi Flokulasi"**., Skripsi tidak diterbitkan., Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
- Metcalf., Eddy Inc., **"Wastewater Engineering Treatment, Disposal, and Reuse"**., 1991, hal 48.
- P. Juli Ni. Ketut., 2005., **"Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Koagulan Khitosan Dari Limbah Perikanan Di CV. Mama & Leon Tekstil-Tabanan Bali Untuk Proses Penurunan Warna"**., Skripsi tidak diterbitkan., Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang
- Qasim., Syed R., 1985., **" Wastewater Treatment Plant "**., Planing, Design, and Operation , The University of Texas at Arlington
- Santoso Singgih., 2002., **"SPSS Versi 10 Mengolah Data Secara Profesional"**., PT Elex Media Komputindo., Jakarta.
- Siswanto S., 2003., **"Pengolahan Limbah Cair Unit Produksi II PT. Petrokimia Gresik Dengan Koagulan Sebagai Kajian Perencanaan Waste Water Treatment Plant"**., Skripsi tidak diterbitkan., Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
- Sugiharto., 1987., **"Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah"**., Universitas Indonesia- Prees., Jakarta
- Susanti E., 2002., **"Pengaruh Waktu Dan Kecepatan Pengadukan terhadap Proses Koagulasi Flokulasi Pada Pengolahan Limbah Deterjen"**., Skripsi tidak diterbitkan., Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
- Wina., 2004., **" Penurunan Kekeruhan dan Warna Limbah Industri Tekstil dengan Proses Koagulasi Flokulasi dalam Tangki Berpengaduk "**., Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan UPN-Veteran Surabaya.
- Winanto., 1998., **" Studi Penurunan Kandungan Fosfat dalam Limbah Tahu dengan Sistem Biological Atthached Growth "** Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
- Yearnest ., 2004., **"Aplikasi Statistik"**., Dioma., Malang
- Zantos I., 2005., **"Pengaruh Variasi Dosis Koagulan & BOD_5 Pada Tangki Koagulasi % Flokulasi Di RS. Dr. Soepraoen Malang"**., Skripsi tidak diterbitkan., Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.

LAMPIRAN 1

Analisa BOD

PENENTUAN BOD

CARA KERJA :

1. Buat air reaksi dengan penambahan CaCl_2 , Fe Cl_3 , MgSO_4 , buffer phosphate, benih 1 cc sampai 5 cc perliter, gelembungkan sampai jenuh sekitar 2 jam. Ini namanya air reaksi
2. Ambil contoh, dan masukkan ke dalam 2 botol BOD kalau perlu pengenceran diencerkan misalnya 100x pengenceran, ambil contoh 8 cc masukkan ke dalam gelas piala 1000 cc dan tambahkan air reaksi sampai 800 cc. Contoh yang sudah diencerkan ini juga dimasukkan ke dalam dua botol BOD.
3. Satu botol dimasukkan ke dalam incubator yang sudah diatur suhunya sekitar 20°C . Selama 5 hari
Satu botol lagi dititrasikan langsung dengan penambahan 1 cc MnSO_4 dan 1 cc alkali azida. Kocok dan biarkan selama 10 menit
4. Setelah ini ditambah 2 cc H_2SO_4 pekat, kocok dan masukkan ke dalam Erlenmeyer 500 cc, titrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N sampai warna kuning pucat tambah beberapa tetes amilum 1 %. Titrasi dilanjutkan sampai warna biru hilang. Catat volume titrasi dan volume contoh
5. Setelah 5 hari contoh dalam incubator dikeluarkan dan ditambahkan dengan 1 cc MnSO_4 dan 1 cc alkali azida. Kocok dan biarkan selama 10 menit
6. Setelah itu lakukan cara kerja no 4

Pembuatan Reagen :

MnSO_4

480 g $\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ → 1 L

400 g $\text{MnSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ → 1 L

364 g $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ → 1 L

Alkali Azida

500 g NaOH + 150 g KI + 10 g NaN_3 $\xrightarrow{\text{akuades}}$ 1 Liter

Rumus :

$$\text{ppm BOD} = \frac{(DO_{\text{awalS}} - DO_{\text{incuS}}) - (DO_{\text{awalBL}} - DO_{\text{incuBL}})}{\text{Pengenceran}}$$

$$\text{ppm DO} = \frac{(\text{mlxN})\text{thiox8000}}{\text{volumecontoh}}$$

Regression

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
% removal BOD	61.3681	11.83222	48
variasi konsentrasi	2.5000	1.12987	48
variasi waktu	2.5000	1.12987	48

Correlations

		% removal BOD	variasi konsentrasi	variasi waktu
Pearson Correlation	% removal BOD	1.000	.577	.767
	variasi konsentrasi	.577	1.000	.000
	variasi waktu	.767	.000	1.000
Sig. (1-tailed)	% removal BOD	.	.000	.000
	variasi konsentrasi	.000	.	.500
	variasi waktu	.000	.500	.
N	% removal BOD	48	48	48
	variasi konsentrasi	48	48	48
	variasi waktu	48	48	48

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	variasi waktu, variasi konsentrasi		Enter

- a. All requested variables entered.
 b. Dependent Variable: % removal BOD

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.960 ^a	.921	.918	3.39776

- a. Predictors: (Constant), variasi waktu, variasi konsentrasi

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6060.547	2	3030.274	262.480	.000 ^a
	Residual	519.514	45	11.545		
	Total	6580.062	47			

a. Predictors: (Constant), variasi waktu, variasi konsentrasi

b. Dependent Variable: % removal BOD

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	26.184	1.627		16.098	.000
	variasi konsentrasi	6.043	.439	.577	13.777	.000
	variasi waktu	8.031	.439	.767	18.308	.000

a. Dependent Variable: % removal BOD

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	N
sampel K1W1	3
K1W2	3
K1W3	3
K1W4	3
K2W1	3
K2W2	3
K2W3	3
K2W4	3
K3W1	3
K3W2	3
K3W3	3
K3W4	3
K4W1	3
K4W2	3
K4W3	3
K4W4	3

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: % removal BOD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6576.725 ^a	15	438.448	4203.975	.000
Intercept	180770.245	1	180770.245	1733280	.000
sampel	6576.725	15	438.448	4203.975	.000
Error	3.337	32	.104		
Total	187350.307	48			
Corrected Total	6580.062	47			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .999)

Post Hoc Tests

sampel

Homogeneous Subsets

% removal BOD

sampel	N	Subset															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
K1W1	3	37.8887															
K2W1	3		43.0633														
K1W2	3			49.2867													
K3W1	3				51.6887												
K4W1	3					53.9567											
K2W2	3						55.6000										
K1W3	3							58.8433									
K1W4	3								60.5767								
K2W3	3									65.3300							
K3W2	3										67.4867						
K2W4	3											67.8733					
K4W2	3												68.5300				
K3W3	3													73.1533			
K4W3	3														73.9500		
K3W4	3															76.7533	
K4W4	3																78.1333
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.133	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .104.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

LAMPIRAN 2

Analisa PO₄

PENENTUAN PO_4^{-3} $\gamma = 816 \text{ nm}$

PROSEDUR

1. 10 cc contoh masukkan dalam tabung reaksi
2. Tambahkan 2 cc Reagen campuran biarkan selama 5 menit
3. Baca pada panjang gelombang 816,5 nm. Catat abosorbasinya

REAGEN

1. Am-molibdat
20 gr $(\text{NH}_4)_6 \text{ Mo 7O}_{24} 4\text{H}_2\text{O} + 20 \text{ cc H}_2\text{SO}_4 \text{ pk} \rightarrow 500 \text{ cc}$
2. As-ascorbat 0,01 M
1,76 gr as-abcorbat $\rightarrow 100 \text{ cc}$
3. H_2SO_4 5 N
14 cc $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ pk} \rightarrow 100 \text{ cc}$
4. R. Campuran (100 cc)
50 cc H_2SO_4 5 N + 15 cc am-molibdat + 30 cc as-ascorbat 0,01 M

STANDAR

BL	\longrightarrow	O (Pengganti Aqiadest)
1 ppm	\longrightarrow	0.03 A
3 ppm	\longrightarrow	0.09 A
5 ppm	\longrightarrow	0,15 A
7 ppm	\longrightarrow	0,21 A
14 ppm	\longrightarrow	0,14 A

Catatan :

Khusus untuk sampel padat, timbang beberapa gram contoh + 2 cc H_2SO_4 2 M + Aquadest 20 cc kocok saring filtratnya ambil 10 cc perlakuan seperti prosedur.

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
sampel	K1W1	3
	K1W2	3
	K1W3	3
	K1W4	3
	K2W1	3
	K2W2	3
	K2W3	3
	K2W4	3
	K3W1	3
	K3W2	3
	K3W3	3
	K3W4	3
	K4W1	3
	K4W2	3
	K4W3	3
	K4W4	3

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: % removal PO4

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8014.676 ^a	15	534.312	1943.688	.000
Intercept	101988.875	1	101988.875	371009.2	.000
sampel	8014.676	15	534.312	1943.688	.000
Error	8.797	32	.275		
Total	110012.348	48			
Corrected Total	8023.473	47			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .998)

Post Hoc Tests

sampel

Homogeneous Subsets

% removal PO4

Duncan^{a,b}

sampel	N	Subset												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
K1W1	3	18.0100												
K2W1	3		26.8733											
K1W2	3			33.9100										
K3W1	3				36.5667									
K1W3	3					38.8200								
K1W4	3						41.7700							
K4W1	3						42.1900							
K2W2	3							44.7267						
K3W2	3								49.6533					
K4W2	3									51.1900				
K2W3	3									51.8933				
K4W3	3										56.2100			
K2W4	3										56.8300	56.8300		
K3W3	3											57.6700		
K3W4	3												65.2533	
K4W4	3													65.9567
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.334	1.000	1.000	.110	.157	.058		.110

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .275.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Regression

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
% removal PO4	46.0952	13.06569	48
variasi konsentrasi	2.5000	1.12987	48
variasi waktu	2.5000	1.12987	48

Correlations

		% removal PO4	variasi konsentrasi	variasi waktu
Pearson Correlation	% removal PO4	1.000	.601	.743
	variasi konsentrasi	.601	1.000	.000
	variasi waktu	.743	.000	1.000
Sig. (1-tailed)	% removal PO4	.	.000	.000
	variasi konsentrasi	.000	.	.500
	variasi waktu	.000	.500	.
N	% removal PO4	48	48	48
	variasi konsentrasi	48	48	48
	variasi waktu	48	48	48

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	variasi waktu, variasi konsentrasi	.	Enter

- a. All requested variables entered.
 b. Dependent Variable: % removal PO4

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.955 ^a	.913	.909	3.94094

- a. Predictors: (Constant), variasi waktu, variasi konsentrasi

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7324.578	2	3662.289	235.805	.000 ^a
	Residual	698.895	45	15.531		
	Total	8023.473	47			

- a. Predictors: (Constant), variasi waktu, variasi konsentrasi
 b. Dependent Variable: % removal PO4

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7.248	1.887		3.842	.000
	variasi konsentrasi	6.948	.509	.601	13.657	.000
	variasi waktu	8.591	.509	.743	16.885	.000

- a. Dependent Variable: % removal PO4

LAMPIRAN 3

Hasil Analisa BOD & PO₄



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838**

LAPORAN HASIL PENELITIAN

NO : M.050 / RT.5 / T.I / R.O / TT. 150803 / 2005

Nama : Triyas Yekti Wulandari
 Nim : 00.26.028
 Jurusan : Teknik Lingkungan
 PTN/PTS : ITN Malang
 Asal sampel : Pabrik Tahu Tlogo Mas

No	Sampel	Parameter	Kadar		Metode Analisis	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
1	K1W1	BOD	2350	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	31.29	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
2	K1W1	BOD	2325	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	31.45	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
3	K1W1	BOD	2335	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	31.29	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
4	K1W2	BOD	1900	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	25.00	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
5	K1W2	BOD	1915	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	25.32	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
6	K1W2	BOD	1890	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	25.48	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
7	K1W3	BOD	1550	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	23.71	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
8	K1W3	BOD	1535	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	23.23	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
9	K1W3.	BOD	1545	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	23.23	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
10	K1W4	BOD	1480	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	22.26	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
11	K1W4	BOD	1490	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	22.10	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
12	K1W4	BOD	1465	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	22.42	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
13	K2W1.	BOD	2130	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	28.23	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
14	K2W1	BOD	2140	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	27.90	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
15	K2W1	BOD	2135	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	27.74	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
16	K2W2	BOD	1665	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	21.13	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838**

LAPORAN HASIL PENELITIAN
NO : M.050 / RT.5 / T.I / R.O / TT. 150803 / 2005

No	Sampel	Parameter	Kadar		Metode Analisis	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
17	K2W2	BOD	1660	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	21.29	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
18	K2W2	BOD	1670	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	20.97	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
19	K2W3	BOD	1300	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	18.39	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
20	K2W3	BOD	1310	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	18.23	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
21	K2W3	BOD	1290	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	18.55	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
22	K2W4	BOD	1210	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	16.77	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
23	K2W4	BOD	1200	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	16.45	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
24	K2W4	BOD	1205	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	16.29	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
25	K3W1	BOD	1810	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	24.36	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
26	K3W1	BOD	1825	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	23.87	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
27	K3W1	BOD	1800	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	24.52	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
28	K3W2	BOD	1230	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	19.19	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
29	K3W2	BOD	1220	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	19.36	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
30	K3W2	BOD	1210	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	19.19	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
31	K3W3	BOD	1020	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	19.29	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20
32	K3W3	BOD	1005	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	15.81	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as- ascorbat	Spektronik-20



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838**

LAPORAN HASIL PENELITIAN
NO : M.050 / RT.5 / T.I / R.O / TT. 150803 / 2005

No	Sampel	Parameter	Kadar		Metode Analisis	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
33	K3W3	BOD	995	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	16.45	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + ascorbat	Spektronik-20
34	K3W4	BOD	870	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	13.23	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + ascorbat	Spektronik-20
35	K3W4	BOD	885	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	13.23	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + ascorbat	Spektronik-20
36	K3W4	BOD	860	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	13.39	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + ascorbat	Spektronik-20
37	K4W1	BOD	1730	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	22.10	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + ascorbat	Spektronik-20
38	K4W1	BOD	1745	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	22.26	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + ascorbat	Spektronik-20
39	K4W1	BOD	1705	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	21.94	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + ascorbat	Spektronik-20
40	K4W2	BOD	1180	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	18.55	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + ascorbat	Spektronik-20
41	K4W2	BOD	1165	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	18.71	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + ascorbat	Spektronik-20
42	K4W2	BOD	1195	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	18.71	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + ascorbat	Spektronik-20
43	K4W3	BOD	980	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	15.65	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + ascorbat	Spektronik-20
44	K4W3	BOD	985	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	16.65	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + ascorbat	Spektronik-20
45	K4W3	BOD	965	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	15.48	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + ascorbat	Spektronik-20



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838**

LAPORAN HASIL PENELITIAN
NO : M.050 / RT.5 / T.I / R.O / TT. 150803 / 2005

46	K4W4	BOD	825	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	12.90	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as-ascorbat	Spektronik-20
47	K4W4	BOD	800	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	13.07	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as-ascorbat	Spektronik-20
48	K4W4	BOD	835	ppm	MnSO ₄ + Alkali Azida	Titration
		PO ₄	13.07	ppm	H ₂ SO ₄ + am-molibdat + as-ascorbat	Spektronik-20

Catatan :

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis secara duplo
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Malang, 22 Mei 2005
Mengetahui

Kalab. Kimia Lingkungan

Ir. Bambang Ismuyanto, MS
NIP. 131 616 317



M. Fajri Rahman, S.Si., M.Si

LAMPIRAN 4

Keseragaman Data

TABEL KESERAGAMAN DATA BOD

Konsent PAC (ppm)	Waktu (menit)	Nilai BOD (ppm)			Rata-rata (X)	(Xi - X)			(Xi - X) ²			$\sum (X\bar{I} - x)^2$	S
		X ₁	X ₂	X ₃		(X ₁ -X)	(X ₂ -X)	(X ₃ -X)	(X ₁ -X) ²	(X ₂ -X) ²	(X ₃ -X) ²		
400	6	37,33	38	37,73	37,68	-0,35	0,32	0,05	0,12	0,10	0,0025	0,2225	0,24
	9	49,33	48,93	49,6	49,28	0,05	0,35	0,32	0,0025	0,12	0,10	0,2225	0,24
	12	58,67	69,06	58,8	58,85	-0,18	0,21	0,05	0,032	0,044	0,0025	0,0785	0,14
	15	60,53	60,27	60,93	60,59	-0,06	-0,32	0,34	0,0036	0,10	0,115	0,2186	0,23
500	6	43,2	42,93	43,06	43,07	0,13	-0,14	-0,01	0,0169	0,0196	0,0001	0,0366	0,096
	9	55,6	55,73	55,47	55,6	0	0,13	-0,13	0	0,0169	0,0169	0,0338	0,091
	12	65,33	65,06	65,6	65,33	0	-0,27	0,27	0	0,0729	0,0729	0,1458	0,19
	15	67,73	68	67,86	67,86	-0,13	0,14	0	0,0169	0,0196	0	0,0365	0,096
600	6	51,73	51,33	52	51,68	0,05	-0,35	0,32	0,0025	0,12	0,10	0,2225	0,24
	9	67,2	67,47	67,73	67,47	-0,27	0	0,26	0,0729	0	0,676	0,7489	0,43
	12	72,8	73,2	73,46	73,15	-0,35	0,05	0,31	0,12	0,0023	0,0961	0,2184	0,23
	15	76,8	76,4	77,06	76,75	0,05	-0,35	0,31	0,0025	0,12	0,961	0,2186	0,23
700	6	53,87	53,47	54,53	53,95	-0,15	-0,48	0,58	0,0225	0,2304	0,3364	0,5893	0,38
	9	68,53	68,93	68,13	68,53	0	0,4	-0,4	0	0,16	0,16	0,32	0,28
	12	73,87	73,71	74,27	73,95	-0,08	-0,24	0,32	0,0064	0,0576	0,10	0,164	0,20
	15	78	78,67	77,73	78,13	-0,13	0,54	-0,4	0,0169	0,2916	0,16	0,4685	0,34

TABEL KESERAGAMAN DATA PO₄

Konsent PAC (ppm)	Waktu (menit)	Nilai PO ₄ (ppm)			Rata-rata (X)	(Xi - X)			(Xi - X) ²			$\sum (X\bar{I} - x)^2$	S
		X ₁	X ₂	X ₃		(X ₁ -X)	(X ₂ -X)	(X ₃ -X)	(X ₁ -X) ²	(X ₂ -X) ²	(X ₃ -X) ²		
400	6	18,15	17,73	18,13	18,02	0,13	-0,29	0,13	0,0169	0,0841	0,0169	0,1179	0,17
	9	34,61	33,77	33,35	33,90	0,71	-0,13	-0,55	0,5041	0,0169	0,3025	0,8235	0,45
	12	37,98	39,24	39,24	38,81	-0,83	0,43	0,43	0,6889	0,1849	0,1849	1,0584	0,51
	15	41,77	42,19	41,35	41,77	0	0,42	-0,42	0	0,1764	0,1764	0,3528	0,29
500	6	26,16	27,02	27,44	26,86	-0,7	0,16	0,58	0,49	0,0256	0,3364	0,852	0,46
	9	44,72	44,31	45,16	44,73	-0,01	-0,42	0,43	0,0001	0,1764	0,1849	0,3614	0,30
	12	51,89	52,31	51,48	51,89	0	0,42	-0,41	0	0,1764	0,1681	0,3445	0,29
	15	56,13	56,97	57,39	56,84	-0,71	0,13	0,55	0,5041	0,0169	0,3025	0,8235	0,45
600	6	36,28	37,56	35,86	36,57	-0,29	0,99	-0,71	0,0841	0,9801	0,5041	1,5683	0,63
	9	49,80	49,36	49,80	49,65	0,15	-0,29	0,15	0,0225	0,0841	0,0225	0,1291	0,18
	12	57,39	58,65	56,97	57,68	-0,29	0,97	-0,71	0,0841	0,9409	0,5041	1,5291	0,62
	15	65,39	65,39	64,98	65,26	0,13	0,13	-0,28	0,0169	0,0169	0,0784	0,1122	0,17
700	6	42,19	41,77	42,61	42,19	0	-0,42	0,42	0	0,1764	0,1764	0,3528	0,29
	9	51,47	51,05	51,05	51,19	0,28	-0,04	-0,04	0,0784	0,0016	0,0016	0,0032	0,089
	12	59,06	59,06	59,50	59,22	-0,16	-0,16	-0,28	0,0256	0,0256	0,0784	0,1296	0,18
	15	66,25	65,81	65,81	65,97	0,28	-0,16	-0,16	0,0784	0,0256	0,0256	0,1296	0,18

LAMPIRAN 5

Dokumentasi Penelitian



Air Limbah Tahu



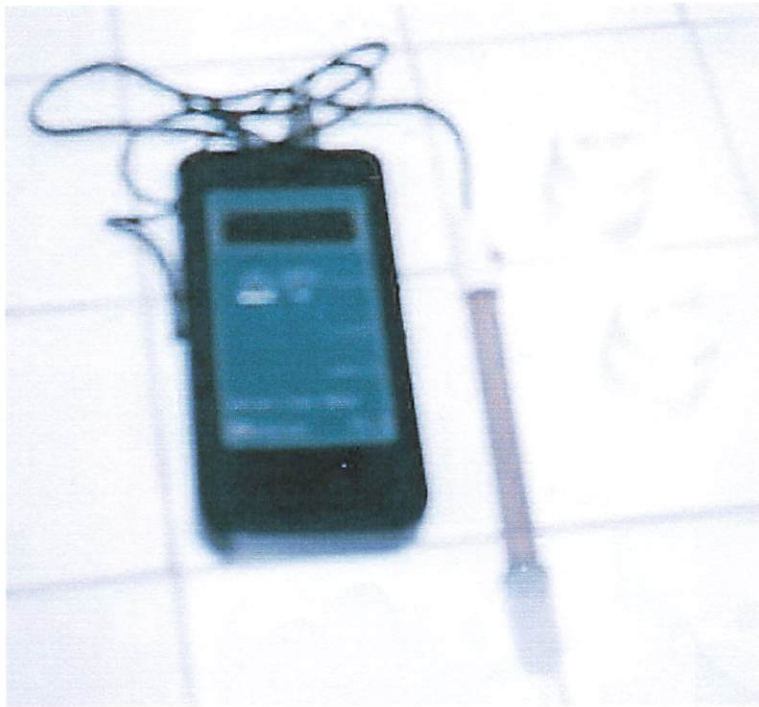
Poly Alumunium Chloride (PAC)



Reaktor Clarifier Thickener



Neraca Analitis, NaOH, Kertas Lakmus



pH METER



Peralatan Penelitian