

# SKRIPSI

**UJI EFEKTIFITAS *BIOFLOKULAN*  
*BACILLUS SUBTILIS*  
GUNA MENURUNKAN KONSENTRASI  
KEKERUHAN, BOD<sub>5</sub> DAN COD PADA  
LIMBAH CAIR INDUSTRI TAPIOKA**

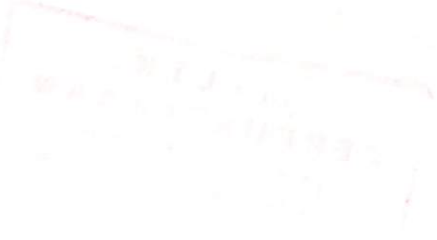
DISUSUN OLEH :  
**TRI NILA SARASTUTI**  
**00.26.027**



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
APRIL 2006**

1991

MANAGEMENT PATENTEE IS  
TRADE MARK  
REGISTERED MANAGEMENT AND  
ANY USE OF THIS MARK IN  
ANY MANNER WITHOUT THE  
WRITTEN PERMISSION OF THE



REGISTERED  
TRADE MARK  
1991



MANAGEMENT AND TRADE MARK  
REGISTERED TRADE MARK  
1991

# LEMBAR PERSETUJUAN

## SKRIPSI

UJI EFEKTIFITAS BIOFLOKULAN *BACILLUS SUBTILIS* GUNA  
MENURUNKAN KONSENTRASI KEKERUHAN, BOD<sub>5</sub> DAN  
COD PADA LIMBAH CAIR TAPIOKA

OLEH :

TRI NILA SARASTUTI


00.26.027

Menyetujui

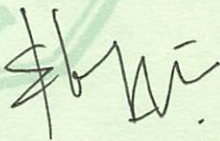
Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
DR. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Si

NIP. 131 985 844


  
Evy Hendriarianti, ST. MMT

NIP. P. 103 030 0382

Mengetahui

Ketua Jurusan/ Prodi Teknik Lingkungan



  
Sudiro, ST. MT

NIP. Y. 103 990 0327

# LEMBAR PENGESAHAN

## SKRIPSI

### UJI EFEKTIFITAS BIOFLOKULAN *BACILLUS SUBTILIS* GUNA MENURUNKAN KONSENTRASI KEKERUHAN, $BOD_5$ DAN COD PADA LIMBAH CAIR TAPIOKA

OLEH :

TRI NILA SARASTUTI

00.26.027

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 29 April 2006.

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

Sudiro, ST. MT

NIP. Y. 103 990 0327

Dosen Penguji II

Candra Dwiratna, ST. MT

NIP. Y. 103 000 0349

## Nilai Special Thank's To :

ALLAH SWT, Tuhan yang telah menjanjikan kemenangan dan kebahagiaan bagi orang-orang yang berjuang dalam cahaya kasih-Nya. Kepada yang telah membimbingku di malam-malam gulita. Kepada anugrahNYA yang tiada henti mengalir. Yang telah mengajarku dengan perantara qalamnya. Tanpa tuntunanNYA akal ini bukanlah apa-apa dan takkan pernah jadi apa-apa. Semoga akan menjadi bekal dalam setiap langkahku kelak....Amien!

KELUARGA tercinta, Bapak HANDONO & Ibu ENDANG CIPTO SARI. Pusat segala-galanya mulai aku masih embrio sampai sekarang yang telah dengan tulus membesarkan, merawat, mendidik dan berbagi cinta dan kasih denganku, yang telah menjadikan aku orang yang bahagia, karena kalian adalah orang tua istimewa. Thanks atas doanya yang selalu mengiringi dalam setiap perjalanan hidupku.  
I Love U Forever...

Buat Mbak SARI + Mas CHARLI thanks atas doa dan semangatnya, thanks juga aku dah dikasih keponakan, itu kado besar buat aku.

Buat DIAH, cepetan selesaiin kuliahnya, jangan malas-malas, yang gak ada gunanya gak usah dipikirin, buang-buang waktu tau !!!!....

TERKASIH.....yang mengajarkan arti hidup dan kasih sayang. Hanya kamu yang bisa mengerti aku. Tolong jaga separuh hatiku yang ada padamu. Terus berdoa dan berjuang, ingat impian kita . . . . Thanks atas perlindungannya yang dengan penuh keiklasan dan penuh rasa CINTA. I Love U AWAL

Sepanjang Jalan KENANGAN . . . Linda ingat waktu kita ospek gak ? teman yang pertama aku kenal, 1 kelompok, sekarang lulus juga barengan. Jangan pernah lupa K'lo kita sering menangis dan tertawa berdua. Ingat!!...jalan masih panjang, jangan berhenti sampai disini. Lupain deh yang lalu-lalu, mari kita susun langkah yang baru. OKE..., Temanku yang ada di pulau Dewata. . . MADE aku lulus lho?? Teman seperjuanganku....EDA akhirnya kita selesai juga ya . . . .

TERKENANG Selalu dukungan angkatan '00 : DEWI batu n SARI Thanks atas bantuannya, sory nanya terus. TRIAS "thank U" , AZIZ "thanks ya?" , LALU moga aja kamu bisa berubah, gak capek apa !!, ERWIN, IYAN macacih tambah putih, KETUT, dan teman-teman kloter berikutnya tetap bersemangat yo??...

Teman-teman kosku : RATNA tetap bersemangat rek DAVA menunggumu, YULIA ojo konser terus, ERA akhirnya kita lulus bareng. Dek DIAN thanks atas doa dan bantuannya.

Ijinkan Aku tersungkur dalam kebahagiaan & Kecintaan Karena Memiliki Kenangan Atas Kehidupan Kalian Semua.

AKU .....NILA

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “ **Uji Efektifitas Bioflokulan *Bacillus Subtilis* guna menurunkan kekeruhan, BOD<sub>5</sub> dan COD pada Limbah Cair Industri Tapioka** ”.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan pendidikan tingkat Sarjana Strata Satu ( S1 ) di Institut Teknologi Nasional Malang Jurusan Teknik Lingkungan.

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada yang terhormat :

1. Sudiro, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP di Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Si selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
3. Evy Hendriarianti, ST, M.MT selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
4. Anis Artiyani, ST selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang
5. Candra Dwiratna, ST. MT selaku Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.
6. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
7. Teman – teman dan semua pihak yang telah membantu Tugas Akhir ini.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini benar – benar dapat bermanfaat dan menjadi sumber informasi bagi masyarakat luas khususnya yang membutuhkan.

Malang, Februari 2006

**Penyusun**

## ABSTRAKSI

Sarastuti, Tri Nila . 2006. *Uji Efektifitas Bioflokulasi Bacillus Subtilis guna Menurunkan konsentrasi kekeruhan, BOD<sub>5</sub> dan COD pada limbah cair industri tapioka*. skripsi, jurusan teknik lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang. Pembimbing I : Hery Setyobudiarso, Pembimbing II : Evy Hendriarianti

**Kata Kunci :** Bioflokulan, *Bacillus Subtilis*, Kekeruhan, BOD<sub>5</sub>, COD Bioflokulasi, Koagulan, Limbah Cair, Industri Tapioka.

Industri tapioka merupakan salah satu jenis industri hasil pertanian (*agroindustry*). Industri tapioka yang ada saat ini sering menimbulkan masalah lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan industri tersebut. Kegiatan industri tapioka menghasilkan limbah yang terdiri dari limbah padat, cair dan gas. Penanganan yang kurang tepat terhadap limbah industri tapioka akan menghasilkan pencemar yang sangat berbahaya bagi lingkungan.

Konsep dan strategi yang digunakan untuk mengatasi limbah saat ini kurang efektif karena membutuhkan lahan yang lebih luas, waktu dan biaya yang lebih mahal serta penggunaan bahan flokulasi sintetik yang dapat merusak lingkungan dan merupakan sumber pencemar berbahaya bagi generasi yang akan datang. Penggunaan bioflokulan yang dapat didegradasi secara biologis akan meminimasi kerusakan lingkungan dan resiko bagi kesehatan manusia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengolah limbah cair industri tapioka khususnya untuk proses penurunan konsentrasi kekeruhan, BOD<sub>5</sub> dan COD dengan memanfaatkan bakteri *Bacillus Subtilis* yang akan menghasilkan bioflokulan pada kegiatan metabolismenya. Bioflokulan yang diproduksi, digunakan untuk memflokulasi bahan padatan tersuspensi dalam limbah cair industri tapioka. Penggunaan bioflokulan yang dapat didegradasi secara biologis akan meminimasi kerusakan lingkungan dan resiko bagi kesehatan manusia.

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan dosis optimum pada bioflokulan serta koagulan yang digunakan yaitu alum dan CaCl<sub>2</sub>. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui dosis alum dan CaCl<sub>2</sub> optimum yang akan digunakan pada penelitian selanjutnya. Sedangkan penelitian lanjutan dilakukan untuk menentukan variasi koagulan dan dosis bioflokulan yang memberikan pengaruh yang nyata pada parameter yang di uji. Dari hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan di dapatkan dosis alum 5 % yang optimum yaitu 15 ml dan dosis CaCl<sub>2</sub> 40 % yaitu 6 ml. Sedangkan pada penelitian lanjutan didapatkan bahwa dari keempat variasi koagulan yang ditentukan, variasi keempat yaitu variasi alum + CaCl<sub>2</sub> dengan dosis bioflokulan 9 ml merupakan variasi koagulan dan dosis bioflokulan yang paling efektif dalam menurunkan konsentrasi kekeruhan sebesar 50, 73 %, BOD<sub>5</sub> sebesar 51,28 % dan COD sebesar 50,28 %.

## Abstract

Sarastuti, Tri Nila. 2006. *The Effectivity test of Bioflocculation by Bacillus Subtilis to reduce turbidity , BOD<sub>5</sub> dan COD concentration in the tapioca industry waste water.* Thea (Script), Environment Engineering The National Technology Institute Malang. Guidance I : Hery Setyobudiarso, Guidance II : Evy Hendriarianti

Keyword : Bioflocculant, Bacillus Subtilis, Turbidity, BOD<sub>5</sub>, COD  
Bioflocculation, Coagulant, Tapioca Industry, Waste Water

The Tapioca Industry is one kind of the *agroindustry*. The Tapioca Industry which is be present now often cause the environment problem which is result by industrial activity mentioned. The tapioca industry activity produce results waste wich combine by rubbish, fluid and gas waste. Unexact handling can concerning the tapioca industry waste will cause pollution wich is dangerous for environment.

Concept and strategy wich being used to manage the waste today not effective because is needed extensive area, time and expensive cost, also employing material for producing synthetics flocculation wich can make damaged for the environment and form source dangerous pollution for the next generation. Bioflocculant employing wich can be degradation in a biological manner will minimaze environment dissaster and the risk for human healty.

This research is purpose to process the tapioca industry waste water specifically to discharge turbidity, BOD<sub>5</sub> and COD by using *Bacillus Subtilis* wich will produce bioflocculant at metabolism process. Bioflocculant wich was produced is useless to flocculate the suspended solid substance in tapioca industry waste water.

This research is purpose to determine the optimum dosage at bioflocculant also coagullant wich used i.e alum and CaCl<sub>2</sub>. The preface research is to knows the optimum dosage of alum and CaCl<sub>2</sub> wich will used at next research . And the advanced research is to determine coagulant variation and bioflocculant dosage wich extend significant effect to the test parameter. From result of preface research has be found 5 % of alum dosage wich optimum is 15 ml and 40 % of CaCl<sub>2</sub> dosage is 6 ml. And at advanced research has be found from that four coagulant variation wich maded, variation number four is alum + CaCl<sub>2</sub> with dosage of bioflocculant 9 ml constitute coagulant variation and biofloclullant dosage wich most effective to reduce turbidity equal to 50, 73 %, BOD<sub>5</sub> equal to 51,28 % and COD equal to 50,28 %.



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>ABSTRAKSI</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Hipotesa .....	3
1.5 Maksud .....	3
1.6 Ruang Lingkup .....	3

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Produksi Industri Tapioka .....	4
2.2 Limbah Industri Tapioka .....	6
2.2.1 Warna .....	9
2.2.2 Kekeruhan .....	9
2.2.3 pH .....	9
2.2.4 Muatan Padatan Tersuspensi ( MPT ) .....	9
2.2.5 Kebutuhan Oksigen Biokimia ( BOD <sub>5</sub> ) .....	10
2.2.6 Kebutuhan Oksigen Kimia ( COD ) .....	11
2.2.7 Kandungan Sianida .....	11

2.3 Koagulasi Flokulasi .....	14
2.4 Bioflokulan dari <i>Bacillus Subtilis</i> .....	15

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Jenis Penelitian .....	18
3.2 Tempat dan Lokasi Penelitian .....	18
3.3 Persiapan Bahan dan Alat .....	18
3.4 Variabel Penelitian .....	18
3.5 Tahap Penelitian .....	19
3.6 Prosedur Analisa .....	20
3.6.1 Analisa Pendahuluan .....	20
3.6.2 Produksi Bioflokulan .....	21
3.6.3 Analisa Lanjutan .....	21
3.7 Analisa Data .....	22
3.8 Kerangka Penelitian .....	24

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Penelitian Pendahuluan	
4.1.1 Pengaruh Penambahan Alum 5 % terhadap % Penurunan Kekeruhan Limbah Cair Tapioka .....	25
4.1.2 Pengaruh Penambahan CaCl <sub>2</sub> 40 % terhadap % Penurunan Kekeruhan Limbah Cair Tapioka .....	27
4.2.3 Konsentrasi Awal Kekeruhan, BOD <sub>5</sub> dan COD sebelum Proses Boflokulasi .....	28
4.2 Hasil Penelitian Lanjutan	
4.2.1 Analisa Kekeruhan	
4.2.1.1 Konsentrasi Akhir Kekeruhan Setelah Proses Bioflokulasi .....	29

4.2.1.2	Persentase Penurunan Konsentrasi Kekeruhan	
	Setelah Proses Bioflokulasi .....	30
4.2.1.3	Analisa Anova .....	31
4.2.1.4	Analisa Korelasi .....	33
4.2.1.5	Analisa Regresi .....	34
4.2.2	Analisa BOD <sub>5</sub>	
4.2.2.1	Konsentrasi Akhir BOD <sub>5</sub> Setelah Proses	
	Bioflokulasi .....	37
4.2.2.2	Persentase Penurunan BOD <sub>5</sub> Setelah Proses	
	Bioflokulasi .....	38
4.2.2.3	Analisa Anova .....	39
4.2.2.4	Analisa Korelasi .....	41
4.2.2.5	Analisa Regresi .....	42
4.2.3	Analisa COD	
4.2.3.1	Konsentrasi Akhir COD Setelah Proses	
	Bioflokulasi .....	45
4.2.3.2	Persentase Penurunan COD Setelah Proses	
	Bioflokulasi .....	46
4.2.3.3	Analisa Anova .....	47
4.2.3.4	Analisa Korelasi .....	49
4.2.3.5	Analisa Regresi .....	50
4.3	Pembahasan	
4.3.1	Kekeruhan .....	56
4.3.2	BOD <sub>5</sub> .....	58
4.3.3	COD .....	60
4.4	Hasil Analisa berdasarkan Mini Tab	
4.4.1	Uji Pengaruh Dosis Bioflokulan terhadap % removal kekeruhan,	
	BOD <sub>5</sub> dan COD .....	62
4.4.2	Uji Pengaruh Dosis Alum terhadap % removal kekeruhan,	
	BOD <sub>5</sub> dan COD .....	63

4.4.3 Uji Pengaruh Dosis $\text{CaCl}_2$ terhadap % removal kekeruhan, BOD <sub>5</sub> dan COD .....	65
4.5 Pembahasan Uji Pengaruh Dosis bioflokulan, alum dan $\text{CaCl}_2$ terhadap % removal kekeruhan, BOD <sub>5</sub> dan COD .....	66

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	67
5.2 Saran .....	67

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>68</b>
-----------------------------	-----------

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Ampas Tapioka .....	8
Tabel 2.2 Karakteristik Limbah Cair Pada Berbagai Industri Tapioka .....	12
Tabel 2.3 Baku Mutu Limbah Industri Tapioka Yang Sudah Beroperasi .....	12
.....	
Tabel 4.1 Pengaruh Penambahan Alum 5 % Terhadap % Penurunan Kekeruhan .....	25
Tabel 4.2 Pengaruh Penambahan $\text{CaCl}_2$ 40 % Terhadap % Penurunan Kekeruhan .....	27
Tabel 4.3 Konsentrasi Awal Limbah Cair Tapioka .....	28
Tabel 4.4 Konsentrasi Akhir Kekeruhan Setelah Proses Bioflokulasi .....	29
Tabel 4.5 Persentase Penurunan Konsentrasi Kekeruhan .....	30
Tabel 4.6 Hasil Uji Anova Persentase Penurunan Konsentrasi Kekeruhan Dengan Variasi Penambahan Dosis Bioflokulan .....	31
Tabel 4.7 Hasil Uji Duncan Rata –Rata Penurunan Konsentrasi Kekeruhan Untuk Keempat Perlakuan dan Untuk Setiap Perlakuan Dengan Dosis .....	32
Tabel 4.8 Korelasi antara Persentase Konsentrasi Kekeruhan, Variasi Koagulan Dan Variasi Dosis Bioflokulan ( ml ) .....	33
Tabel 4.9 Hasil Uji Regresi Anova .....	34
Tabel 5.0 Persamaan Regresi .....	35
Tabel 5.1 Persamaan R Square .....	35
Tabel 5.2 Konsentrasi Akhir $\text{BOD}_5$ Setelah Proses Bioflokulasi .....	37

Tabel 5.3 Persentase Penurunan Konsentrasi BOD <sub>5</sub> .....	38
Tabel 5.4 Hasil Uji Anova Persentase Penurunan Konsentrasi BOD <sub>5</sub> Dengan Variasi Penambahan Dosis Bioflokulan .....	39
Tabel 5.5 Hasil Uji Duncan Rata –Rata Penurunan Konsentrasi BOD <sub>5</sub> Untuk Keempat Perlakuan dan Untuk Setiap Perlakuan Dengan Dosis .....	40
Tabel 5.6 Korelasi antara Persentase Konsentrasi BOD <sub>5</sub> , Variasi Koagulan Dan Variasi Dosis Bioflokulan ( ml ) .....	41
Tabel 5.7 Hasil Uji Regresi Anova .....	42
Tabel 5.8 Persamaan Regresi .....	43
Tabel 5.9 Persamaan R Square .....	43
Tabel 6.0 Konsentrasi Akhir COD Setelah Proses Bioflokulasi .....	45
Tabel 6.1 Persentase Penurunan Konsentrasi COD .....	46
Tabel 6.2 Hasil Uji Anova Persentase Penurunan Konsentrasi COD Dengan Variasi Penambahan Dosis Bioflokulan .....	47
Tabel 6.3 Hasil Uji Duncan Rata –Rata Penurunan Konsentrasi COD Untuk Keempat Perlakuan dan Untuk Setiap Perlakuan Dengan Dosis .....	48
Tabel 6.4 Korelasi antara Persentase Konsentrasi COD, Variasi Koagulan Dan Variasi Dosis Bioflokulan ( ml ) .....	49
Tabel 6.5 Hasil Uji Regresi Anova .....	50
Tabel 6.6 Persamaan Regresi .....	51
Tabel 6.7 Persamaan R Square .....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Proses Produksi .....	5
Gambar 4.1 Grafik Persentase Penurunan Kekeruhan .....	31
Gambar 4.2 Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi BOD <sub>5</sub> .....	39
Gambar 4.3 Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi COD .....	47
Gambar 4.4 Grafik Hubungan antara Dosis Bioflokulan Dan % Removal Terhadap Parameter Yang Di Uji .....	53

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang.

Industri tapioka merupakan salah satu jenis industri hasil pertanian (*agroindustry*) yang cukup banyak tersebar di Indonesia. Kondisi industri tapioka yang ada saat ini sering menimbulkan masalah lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan industri tersebut, sehingga sudah selayaknya diperhatikan dan dikendalikan. Apalagi sebagian besar industri tapioka berlokasi dekat pemukiman yang padat penduduk dan di tepi sungai, sehingga sering terdengar keluhan dan kritikan dari masyarakat sekitar areal pabrik yang apabila tidak ditanggapi secara serius dapat menimbulkan kerusakan yang tidak diinginkan.

Pengendalian tersebut sudah harus dimulai dari tahap pemilihan bahan baku hingga akhir proses produksi, selain pengendalian dampak dari proses produksi. Sehubungan dengan itu, dibutuhkan informasi pemilihan bahan baku yang bersih dari bahan pencemar, teknologi proses yang bersih dan mampu menghasilkan limbah yang sedikit, efisiensi proses yang tinggi, serta didukung teknologi daur ulang bahan buangan dan penanganan limbah.

Limbah industri tapioka terdiri dari limbah padat, cair dan gas. Ketiga jenis limbah ini memiliki beban dan karakteristik pencemaran yang berbeda-beda. Penanganan yang kurang tepat terhadap limbah industri tapioka akan menghasilkan pencemar yang sangat berbahaya bagi lingkungan. Biasanya limbah cair industri tapioka yang bercampur dengan limbah padat industri tapioka masih sering ditemui mencemari lingkungan perairan di sekitar lokasi pabrik tapioka (Faizah Hamzah, 2000).

Konsep dan strategi yang digunakan saat ini hanyalah mengacu pada pendekatan kapasitas daya dukung, sedangkan konsep daya dukung ini kenyataannya sukar untuk diterapkan karena kendala yang timbul dan seringkali harus dilakukan upaya perbaikan kondisi lingkungan yang kemudian tercemar dan rusak, sehingga memerlukan biaya tinggi. Cara ini kurang efektif karena membutuhkan lahan yang lebih luas, waktu dan biaya yang lebih mahal



dibandingkan dengan pengendalian limbah secara preventif mulai dari awal proses produksi.

Biopolimer dari *Bacillus Subtilis* merupakan salah satu mikroorganisme penghasil bioflokulan, menunjukkan aktifitas flokulasi yang baik pada bahan padatan organik dan anorganik terlarut dalam larutan, seperti liat kaolin, limbah cair kosmetik serta dapat secara efisien memflokulasi emulsi minyak.

Bioflokulan yang diproduksi digunakan untuk memflokulasi bahan padatan tersuspensi dalam limbah cair industri tapioka. Penggunaan bioflokulan yang dapat didegradasi secara biologis akan mengurangi kerusakan lingkungan dan resiko bagi kesehatan manusia.

## 1.2. Rumusan masalah

Atas dasar item - item deskripsi permasalahan di latar belakang, maka dapat dirumuskan beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut :

1. Seberapa besar kemampuan bakteri *Bacillus Subtilis* sebagai Bioflokulan dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub>, COD dan kekeruhan pada limbah cair tapioka.
2. Apakah dengan variasi dosis Bioflokulan yang divariasikan dengan dosis CaCl<sub>2</sub> dan alum yang optimum dapat menurunkan BOD<sub>5</sub>, COD dan kekeruhan.

## 1.3. Tujuan

1. Untuk mengetahui kemampuan teknik bioflokulasi bakteri *Bacillus Subtilis* dalam pengolahan limbah cair industri tapioka.
2. Untuk menentukan dosis bioflokulan yang optimum dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub>, COD dan kekeruhan dengan mengikutsertakan alum dan CaCl<sub>2</sub> sebagai parameter produktifitas bioflokulan.

#### **1.4. Hipotesa.**

1. Bioflokulan *Bacillus Subtilis* yang diproduksi mampu memflokulasi bahan padatan tersuspensi dalam limbah cair tapioka dan menunjukkan aktivitas flokulasi yang baik pada bahan padatan organik dan anorganik terlarut dalam larutan.
2. Semakin tinggi dosis bioflokulan,  $\text{CaCl}_2$ , dan alum yang diberikan maka akan semakin rendah kadar  $\text{BOD}_5$ , COD dan kekeruhan pada limbah cair tapioka.

#### **1.5. Maksud.**

Adapun maksud dari penggunaan teknik bioflokulasi dengan bakteri *Bacillus Subtilis* dalam pengolahan limbah cair tapioka yaitu untuk menangani limbah cair tapioka sehingga aman untuk dibuang ke perairan.

#### **1.6. Ruang Lingkup**

1. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium.
2. Sampel yang akan di uji adalah sampel limbah cair pabrik tapioka.
3. Pengolahan limbah tapioka ini menggunakan teknik bioflokulasi dengan bakteri *Bacillus Subtilis*.
4. Penelitian dilakukan dengan aktivitas flokulasi dan penambahan dosis Bioflokulan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Produksi Industri Tapioka.**

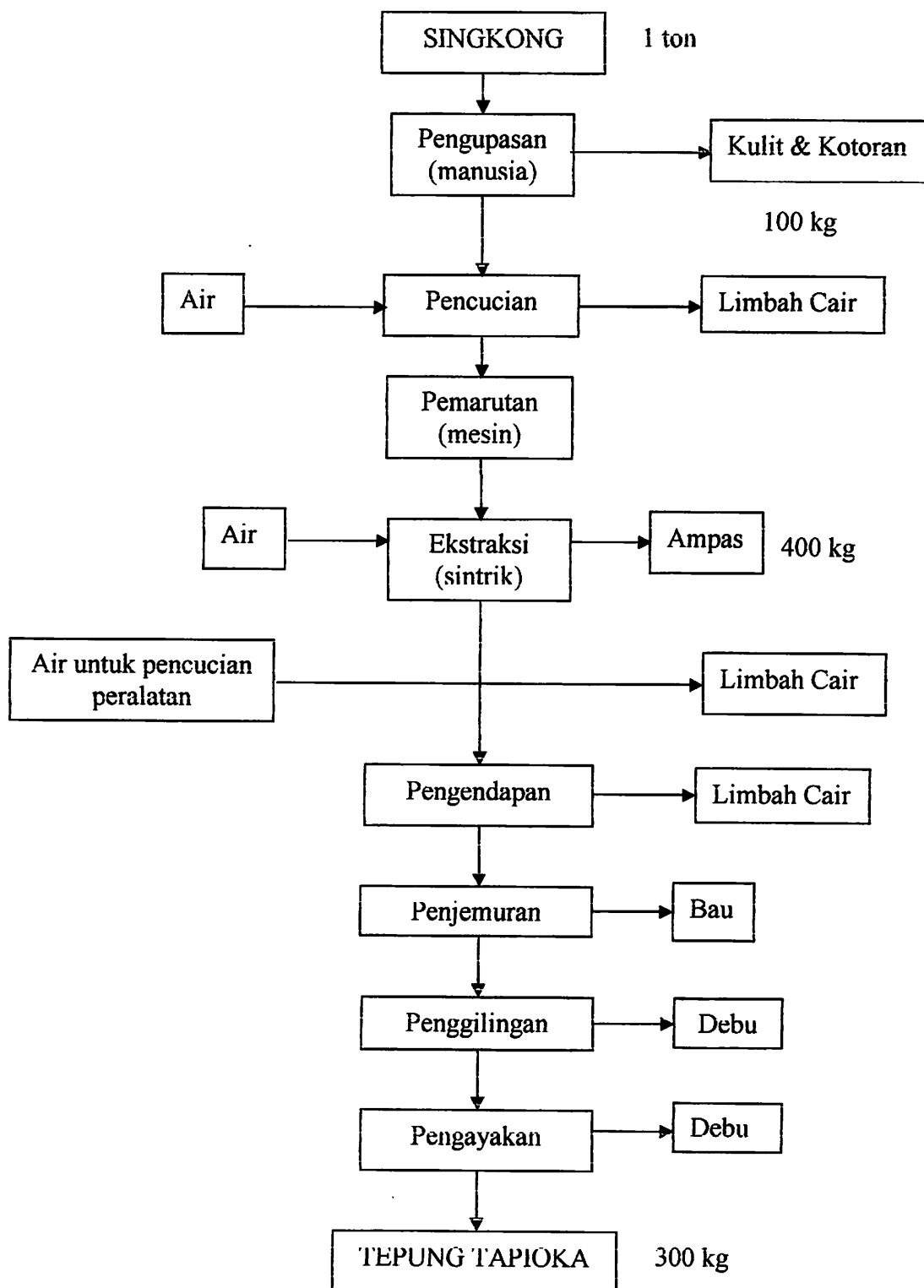
Di Indonesia terdapat industri tapioka berkapasitas kecil, menengah dan besar yang beroperasi secara nasional. Industri tapioka skala kecil adalah industri yang menggunakan teknologi proses dan peralatan tradisional dengan kemampuan produksi sekitar 5 ton bahan baku perhari. Skala menengah adalah industri yang menggunakan teknologi proses dan peralatan yang lebih sederhana dibandingkan industri skala besar serta mempunyai kemampuan produksi sampai 20 ton bahan baku per hari. Skala besar adalah industri yang menggunakan teknologi proses produksi mekanis penuh dan mempunyai kemampuan produksi diatas 200 ton bahan baku per hari (Bapedal, 1996).

Jenis industri kecil mendapatkan bahan baku dari petani singkong. Tapioka yang dihasilkan masih kasar dan hanya di jual kepada pengecer tepung tapioka untuk diproses lebih lanjut guna meningkatkan mutunya. Jenis industri menengah dan besar ini pun bahan mentahnya didapatkan dari petani dan hanya sedikit yang memiliki area pertanaman sendiri. Produksi tapioka yang dihasilkan merupakan produk akhir yang sudah siap dipasarkan kepada konsumen tepung tapioka.

Tepung tapioka dibedakan atas dua macam yaitu : tepung tapioka kasar dan tepung tapioka halus. Tepung tapioka kasar adalah tepung yang diperoleh dari hasil pamarutan singkong sampai didapatkan pati dan sudah mengalami pengeringan, sedangkan tepung tapioka halus merupakan proses kelanjutan dari tepung tapioka kasar dengan mengalami proses penggilingan (Tjiptadi dan Nasution, 1980 dalam Faizah Hamzah, 2000).

Secara garis besar pengolahan singkong menjadi tepung tapioka merupakan rangkaian proses yang diawali dengan pengupasan umbi singkong, pencucian umbi kupasan, pamarutan, pemerasan, penyaringan, pengendapan, pengeringan dan terakhir penggilingan. Proses produksi pembuatan tepung tapioka meliputi pemilihan bahan baku, pencucian yang dilakukan dengan cara pengadukan dalam air dengan bantuan gelembung" atau saringan goyang,

pengendapan dan pengeringan pati (Bapedal, 1996), seperti terlihat dalam skema proses produksi pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Skema Proses Produksi Industri Tapioka

## 2.2. Limbah Industri Tapioka.

Limbah adalah kotoran atau buangan yang tercermin dalam kata pelimbahan yang berarti tempat penampungan kotoran atau buangan. Sebagian besar limbah merupakan komponen penyebab pencemaran yang terdiri dari zat atau bahan yang tidak mempunyai kegunaan lagi bagi masyarakat.

Limbah industri pertanian kebanyakan menghasilkan limbah yang bersifat cair atau padat yang masih kaya dengan zat organik yang mudah mengalami penguraian. Kebanyakan industri yang ada membuang limbahnya ke perairan terbuka, sehingga dalam waktu yang relatif singkat akan terjadi bau busuk sebagai akibat terjadinya fermentasi limbah.

Limbah industri adalah buangan yang berasal dari industri sebagai akibat dari proses produksi. Pengusaha industri yang akan membuang limbah diwajibkan mengolah terlebih dahulu untuk mencegah pencemaran lingkungan hidup di sekitarnya dengan metode pengolahan limbah yang dapat dilakukan secara fisik, kimia, biologi atau kombinasi untuk mengatasi pencemaran. Sugiarto (1987) mengatakan bahwa limbah cair yang berasal dari industri sangat bervariasi, serta tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, dan derajat pengolahan.

Penurunan kualitas air dapat disebabkan oleh adanya kandungan bahan atau senyawa organik dan anorganik yang berlebihan. Adanya senyawa organik dalam perairan akan dirombak oleh bakteri dengan menggunakan oksigen terlarut, ini akan menjadi masalah jika senyawa organik terdapat dalam jumlah yang banyak.

Penguraian senyawa organik akan memerlukan oksigen yang sangat banyak sehingga dapat menurunkan kadar oksigen terlarut perairan sampai titik yang terendah. Akibatnya dekomposisi aerobik akan terhenti sehingga pemecahan selanjutnya akan dilakukan oleh bakteri anaerob. Produk hasil pemecahan anaerobik biasanya berbahaya karena beracun, dapat menimbulkan bau, serta prosesnya berjalan lambat (Metcalf & Eddy, 1978).

Selain itu perairan dengan kebutuhan oksigen yang tinggi tidak mempunyai kemampuan untuk menambah kadar oksigennya, sehingga tidak dapat mendukung organisme yang membutuhkan oksigen (Metcalf & Eddy, 1978).

Bahan organik yang terdapat di perairan, bersumber dari alam atau air buangan, baik buangan domestik maupun buangan industri. Zat pencemar organik secara umum terdiri dari protein, karbohidrat dan lemak (Mason, 1992, dalam Faizah Hamzah, 2000). Komponen bahan organik merupakan komponen utama dalam buangan, yaitu sekitar 70 % dan sisanya komponen anorganik 30 % (Metcalf & Eddy, 1978).

Terdapatnya bahan organik dalam jumlah yang banyak di perairan akan menimbulkan masalah yang berhubungan dengan kualitas air. Bahan organik akan distabilkan secara biologik dan melibatkan mikroba baik melalui sistem oksidasi aerobik maupun anaerobik. Oksidasi aerobik dapat menurunkan kandungan oksigen terlarut perairan sampai mencapai titik nol, sehingga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan. Pengukuran potensial pencemaran bahan organik dari suatu limbah cair, sesuai dengan potensinya untuk menghabiskan oksigen terlarut, merupakan konsepsi yang logis dan masuk akal, sehingga banyak digunakan sebagai suatu pendekatan untuk menduga kekuatan suatu limbah atau bahan pencemar (Metcalf & Eddy, 1978).

Limbah pabrik tepung tapioka bersifat kaya akan bahan organik seperti pati, serat, protein, gula dan sebagainya. Komponen limbah ini merupakan bagian sisa pati yang tidak terekstrak serta komponen selain pati yang terlarut dalam air, oleh karena tepung tapioka adalah komponen pati yang hampir murni (Greenfield, 1971).

Limbah dari industri tapioka bisa dibedakan menjadi 3 macam yaitu limbah padat, cair dan gas. Limbah padat dari industri tapioka adalah kulit singkong, ampas atau onggok dan lindur. Limbah kulit singkong dihasilkan ketika dilakukan proses pengupasan kulit singkong di ladang setelah tanaman singkong dicabut. Biasanya kulit singkong yang telah terkupas dihamparkan di atas tanah bekas tanaman singkong, dibiarkan terkena panas dan hujan sampai mengalami penguraian oleh mikroorganisme menjadi pupuk organik bagi tanah.

Dalam jumlah kecil, kulit singkong ini biasanya diberikan kepada ternak kambing. Ampas (onggok) adalah limbah dari industri tapioka yang dihasilkan dari proses pemerasan dan penyaringan. Banyaknya onggok yang dihasilkan dipengaruhi oleh varietas singkong, umur singkong, dan kasar-halusnya parutan

yang digunakan. Varietas singkong yang bermutu baik adalah yang dapat menghasilkan pati dengan rendeman tinggi.

Pada musim hujan, banyak industri tapioka yang membuang ongkok bersama dengan limbah cairnya, sehingga airnya keruh dan pekat. Hal ini sangat mengganggu kesehatan dan bahkan dapat mematikan biota air. Komposisi ampas tapioka disajikan pada tabel 2.1. Pada industri tapioka seringkali terjadi tumpahan, ceceran-ceceran yang sebenarnya tidak perlu terjadi. Kondisi ini dapat dilihat pada proses produksi yang tidak dilakukan dengan benar dan hati-hati, artinya Spill Control System yang dilakukan tidak baik. Pada industri tapioka, tumpahan atau ceceran dapat terjadi pada tahap pengangkutan dan penampungan ongkok, penggilingan, pengayakan dan pengemasan.

**Tabel 2.1. Komposisi Ampas Tapioka**

Komponen	Persen (%)
Lemak	0,22 – 0,30
Protein	1,45 – 1,70
Serat Kasar	9,42 – 10,54
Air	19,70 – 20,30
karbohidrat	67,93 68,30

Sumber : BPPI Semarang, Laporan Pengendalian Mutu Industri Kecil Tapioka, 1983

Limbah cair industri tapioka berasal dari proses pencucian bahan baku, penyaringan bubur singkong (ekstraksi) dan pengendapan pati. Kualitas limbah cair industri tapioka dapat ditentukan dengan beberapa parameter uji antara lain nilai BOD<sub>5</sub>, COD, padatan terlarut, padatan tersuspensi, sianida dan pH, serta beberapa parameter yang sangat sensitif dipandang dari segi visual seperti warna.

### **2.2.1 Warna**

Limbah cair tapioka berwarna putih yang disebabkan adanya partikel – partikel pati yang sangat halus dari proses ekstraksi. Warna putih ini bila dibiarkan terus akan berubah menjadi kehitam – hitaman. Hal ini disebabkan karena adanya pemecahan protein oleh bakteri anaerob (Bapedal, 1996).

### **2.2.2 Kekeruhan**

Adanya padatan tersuspensi di dalam limbah cair tapioka menyebabkan air keruh. Kekeruhan terjadi karena zat organik atau zat tersuspensi dari pati yang tercecce sudah terpecah, sehingga limbah cair berubah menjadi keruh. Kekeruhan dapat disebabkan oleh bahan – bahan tersuspensi yang bervariasi dalam ukuran koloid sampai dispersi kasar (Tom. D. Reynolds, 1982).

### **2.2.3 pH**

Limbah cair tapioka sifatnya cenderung asam dan pada keadaan ini akan terlepas zat – zat yang mudah menguap. Selama penampungan atau bila limbah cair tapioka dibiarkan tanpa ada proses penanganan limbah, maka makin lama pH akan semakin turun mencapai pH 4. Pada kondisi ini tidak memungkinkan untuk hidupnya biota air (Bapedal, 1996).

Nilai pH suatu perairan mencirikan keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan merupakan pengukuran ion hidrogen dalam larutan. Adanya karbonat, hidroksida dan bikarbonat menaikkan tingkat kebasaaan air, sementara adanya asam – asam mineral bebas dan asam karbonat menaikkan tingkat keasamannya (Tom. D. Reynolds, 1982).

### **2.2.4 Muatan Padatan Tersuspensi (MPT)**

Muatan Padatan Tersuspensi (MPT) adalah bahan – bahan yang terlarut dalam air. MPT sangat berhubungan erat dengan tingkat kekeruhan air, semakin tinggi muatan padatan tersuspensi, akan semakin keruh. Pada kadar tertentu padatan tersuspensi dapat :



- 1) Menghambat penetrasi cahaya matahari dalam kolam air, sehingga menurunkan intensitas fotosintesis dan akhirnya menurunkan produktivitas primer perairan.
- 2) Langsung membunuh ikan, antara lain dengan mengendap di permukaan insang secara berlebihan,
- 3) Menyelimuti organisme – organisme di dasar perairan (bentos) yang mungkin dapat mematikan organisme tersebut.

### 2.2.5 Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD<sub>5</sub>)

Bahan organik yang terdapat di perairan sebenarnya menguntungkan bagi hewan air, karena merupakan sumber pangan bagi hewan – hewan ini. Namun, dalam kadar yang tinggi justru mengancam lingkungan perairan. Cepat atau lambat bahan organik ini akan mengalami perombakan bakterial. Bila persediaan oksigen di perairan cukup, maka terjadi dekomposisi aerobik yang pada umumnya tidak menghasilkan zat – zat yang bersifat toksik terhadap organisme air. Sebaliknya, jika ketersediaan tidak mencukupi, maka terjadi perombakan anaerobik yang menghasilkan hidrogen sulfida dan ammonia yang keduanya bersifat toksik bagi hewan air (Mackenzie L. Davis & Davis A. Cornwell, 1991).

Ketersediaan oksigen dalam perairan juga dipengaruhi suhu perairan. Makin tinggi suhu, ketersediaan atau kelarutan oksigen makin menurun. Sawyer dan Mc Carry (1978) serta Metcalf dan Edy (1978) menyatakan bahwa kelarutan oksigen dalam air pada suhu 30 °C yang berada dalam kesetimbangan dengan suhu udara adalah 7,6 mg/l. Banyaknya bahan organik yang diperlukan mikroba untuk mengkonsumsi 7,6 mg oksigen dalam 1 liter air yang jenuh hanya sekitar 7,1 mg. Ini berarti mikroba yang menghancurkan bahan organik hanya mampu mengubah sekitar 7 mg bahan organik saja, bila mikroba mengkonsumsi oksigen jenuh dalam 1 liter air.

Hal ini menjadi penting karena untuk oksigen tidak terdapat *chemical sink* dalam air atau tidak ada reaksi kimia yang dapat menambah jumlah oksigen terlarut, kecuali untuk oksigen yang diberikan melalui fotosintesis. Oleh karena itu, oksigen merupakan zat kunci dalam menentukan ada tidaknya kehidupan dalam air.

Metcalf & Eddy, 1978 menyatakan bahwa kebutuhan oksigen ditentukan oleh kadar pencemar yang dapat diuraikan secara biologis (biodegradable pollutant), artinya kebutuhan oksigen ditentukan oleh bobot oksigen yang diperlukan untuk oksidasi zat pencemar menjadi senyawa yang stabil. Tingkat pencemaran limbah ini dapat diukur dengan suatu indeks yang disebut Biochemical Oxygen Demand (BOD).

Uji BOD<sub>5</sub> merupakan suatu analisis empirik yang mencoba mendekati secara global proses – proses biokimia atau mikrobiologi yang benar – benar terjadi di alam atau di perairan. Limbah industri tapioka banyak mengandung bahan – bahan organik terutama pati. Sebagai parameter untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut, dapat diketahui dengan melihat besarnya angka BOD<sub>5</sub> yang menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk keperluan aktivitas mikroba dalam memecah zat organik secara biologis di dalam limbah cair.

#### **2.2.6 Kebutuhan Oksigen Kimia (COD)**

COD merupakan nilai oksigen yang dibutuhkan untuk oksidasi seluruh materi baik organik maupun anorganik. COD merupakan parameter yang sangat penting untuk menentukan tingkat pencemaran atau mutu air. Jika kandungan senyawa organik dan anorganik cukup besar, maka oksigen yang terlarut dalam air akan mencapai nol, sehingga tidak memungkinkan hidupnya biota air.

#### **2.2.7 Kandungan Sianida**

Industri tapioka terutama industri skala besar banyak menggunakan singkong yang mengandung sianida, karena harganya yang murah dan kadar patinya tinggi. Sianida sangat beracun, namun sampai sejauh ini kandungan sianida bukan merupakan penyebab utama timbulnya kasus pencemaran oleh buangan industri tapioka. Secara umum dampak yang ditimbulkan oleh limbah cair industri tapioka adalah tercemarnya badan air penerima, yang umumnya sungai, karena hampir setiap industri tapioka berlokasi di dekat sungai. Secara umum karakteristik limbah cair industri tapioka dapat dilihat pada tabel 2.2

**Tabel 2.2 Karakteristik Limbah Cair Pada Berbagai Industri Tapioka  
(rata – rata)**

Karakteristik	Satuan	Industri		
		Kecil	Menengah	Besar
Bahan Baku	Ton/ hari	5,00	20,00	200 – 600
Debit	m <sup>3</sup> /hari	22,00	80,00	1200,00
BOD <sub>5</sub>	ppm	5055,82	5439,45	3075,84
COD	ppm	16202,30	25123,33	5158,78
MPT	ppm	3415,45	3442,00	1342,00
pH		5,50	4,50	5,00
Sianida (CN)	ppm	0,1265	0,117	0,200

Sumber : BPPI Semarang Laporan Teknologi Pengolahan Air Buangan Industri Tapioka

Menurut surat keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-51/MenLH/10/1995 seperti yang tertuang dalam Lampiran IX surat keputusan tersebut, bahwa baku mutu limbah industri tapioka yang dipersyaratkan hanya limbah cairnya saja, dengan karakteristik yang disajikan dalam Tabel 2.3

**Tabel 2.3. Baku Mutu Limbah Industri Tapioka yang Sudah Beroperasi**

Debit Limbah Maksimum Sebesar 30 m <sup>3</sup> per ton produk tapioka		
Parameter	Kadar Maksimum ( mg/l)	Beban Pencemaran Maksimum (Kg/ton produk)
BOD <sub>5</sub>	150,0 mg/l	4,5
COD	300,0 mg/l	9
MPT	100,0 mg/l	3
Sianida (CN)	0,3 mg/l	0,009
pH	6 – 9	

Sumber : Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. Keputusan Menteri Negara LH No : KEP-51/MENLH / 10 /1995

Pencemaran udara dari tapioka disebabkan penanganan limbah cair dan limbah padat industri tapioka yang tidak sempurna. Dengan adanya proses pemecahan bahan organik yang ada dalam air limbah yang dilakukan oleh bakteri anaerob akan menghasilkan senyawa yang berbau. Proses ini terjadi bila keadaan oksigen dalam air tidak tersedia untuk hidupnya bakteri aerob. Pada musim hujan seringkali ongkok menjadi masalah, karena bila ongkok dibiarkan dalam keadaan basah akan berjamur dan menimbulkan bau yang tidak enak, selain itu pengendapan limbah cair yang kurang sempurna pada bak pengendapan juga dapat mengakibatkan bau yang kurang enak.

Limbah padat dan limbah cair tapioka yang berupa senyawa organik bila terbang ke sistem perairan terbuka akan mengalami proses pembusukan oleh berbagai bentuk mikroba dalam air, sehingga terjadi penguraian senyawa organik menjadi senyawa lain yang lebih sederhana. Salah satu zat yang dihasilkan dari proses penguraian adalah asam sulfat dan fosfin yang menyebabkan air menjadi busuk, dan baunya sangat menusuk hingga bisa tercium sampai jarak 5 km. Zat beracun lain seperti asam sianogenat, metan, ammonia bersama dengan senyawa karbon dioksida akan menimbulkan gangguan berat terhadap sistem kehidupan akuatik di perairan terbuka.

Sungai, parit, selokan, rawa akan berubah airnya dari jernih menjadi putih di bagian yang dekat dengan sumber pencemaran, air yang putih kotor itu jika telah menjauhi sumber pencemaran akan berubah menjadi hitam legam tanpa ada jasad yang hidup di dalamnya bahkan tumbuhan di tepi perairan terbuka itu juga akan mati karena racun tapioka tersebut, lebih dari itu, proses mikrobiologi di perairan itu dapat menurunkan pH air dan menurunkan kandungan oksigen. Populasi bakteri yang meningkat membutuhkan jumlah oksigen jauh lebih banyak, hal ini juga mengubah lingkungan hidup dalam air menjadi tidak sesuai lagi bagi banyak tumbuhan dan hewan akuatik, sehingga tidak hanya dapat menurunkan produktivitasnya, tetapi juga memusnahkannya.

Limbah industri tapioka yang dibiarkan terbang di perairan terbuka akan menimbulkan 5 perubahan kualitas air yang dicemarinya :

- 1) Peningkatan zat padat berupa senyawa organik, sehingga timbul kenaikan limbah padatan, tersuspensi maupun terlarut.

- 2) Peningkatan kebutuhan oksigen oleh mikroba pembusuk senyawa organik, dinyatakan dengan  $BOD_5$ .
- 3) Peningkatan kebutuhan proses kimiawi dalam air, dinyatakan dengan COD.
- 4) Peningkatan senyawa zat racun dalam air dan pembawa bau busuk dan menyebar keluar dari ekosistem akuatik.

Peningkatan derajat keasaman dinyatakan dengan pH akan merusak keseimbangan ekosistem akuatik / perairan terbuka.

### 2.3. Koagulasi dan Flokulasi.

Perlengkapan penting pada pengolahan air buangan untuk menghilangkan partikel tersuspensi yang berukuran sangat kecil (kurang dari  $1\ \mu\text{m}$ ) adalah proses yang mendukung pembentukan partikel yang lebih besar, sehingga cukup besar untuk mengendap dan dapat dipisahkan menggunakan proses sedimentasi. Untuk mencapai tujuan ini digunakan proses koagulasi dan flokulasi. Koagulasi adalah suatu proses destabilisasi koloid tersuspensi, sehingga partikel mulai menggumpal. Flokulasi adalah proses penggumpalan partikel-partikel kecil melalui pengadukan lambat (agitasi). Hal ini menghasilkan pembentukan partikel dengan ukuran cukup besar untuk mengendap dengan kecepatan yang memungkinkan untuk pemisahan. Istilah ini juga berarti proses pembesaran partikel.

Koagulasi diartikan sebagai proses kimia-fisika dari pencampuran bahan kimia ke dalam aliran limbah dan kemudian diaduk cepat dalam bentuk larutan tercampur. Flokulasi adalah proses penambahan flokulan pada pengadukan lambat untuk meningkatkan saling hubung partikel yang goyah, sehingga meningkatkan penyatuan atau aglomerasinya. Proses koagulasi dan flokulasi merupakan proses yang sangat berkaitan erat, keberhasilan proses flokulasi sangat tergantung pada proses koagulasi yang merupakan rangkaian proses pembentukan flok-flok. Pada kedua proses ini dibutuhkan bahan flokulan yaitu bahan kimia tertentu yang membantu proses pembentukan flok.

Proses koagulasi terjadi secara alami bila partikel bermuatan mempunyai jarak yang cukup dekat (kurang dari 0,01 mikron) sehingga gaya *Van der waals* (gaya tarik antar partikel) dapat mengalahkan gaya gerak partikel. Pengadukan

pada suspensi menyebabkan partikel-partikel saling mendekat dan bahkan saling bergabung membentuk flok untuk kemudian mengendap. Proses koagulasi dan flokulasi terjadi karena adanya destabilisasi dan tumbukan antar partikel yang keduanya merupakan peubah yang bebas. Destabilisasi adalah perubahan fisiokimia yang disebabkan oleh penambahan bahan kimia koagulan, sehingga terjadi saling ikat antar partikel. Koagulasi digambarkan secara keseluruhan sebagai gabungan antara destabilisasi partikel dan transpor partikel, sedangkan flokulasi hanya khusus pada transportasi partikel (Tom. D. Reynolds, 1982).

Proses koagulasi dan flokulasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti komponen pembentuk warna limbah cair, pH, kekeruhan, kadar dan susunan mineral, suhu, kecepatan dan lama pengadukan serta sifat koagulan dan flokulan yang digunakan. Bagian yang terpenting dalam pengendapan secara kimiawi adalah kecepatan pengadukan untuk meningkatkan kemungkinan hubungan partikel (flokulasi) serat penambahan bahan kimia (koagulan atau flokulan). Koagulan merupakan zat yang digunakan untuk mengkoagulasi partikel koloid atau zat yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan partikel.

#### **2.4. Bioflokulan dari *Bacillus Subtilis***

Biopolymer yang dihasilkan mikroorganisme mampu mendestabilisasi kultur mikroorganisme dan partikel koloid yang tersuspensi. Polymer yang dihasilkan ini sangat efektif dalam penanganan partikel koloid dan partikel organik yang terkandung dalam limbah. Pembentukan agregat dari mikroorganisme dalam pengolahan limbah merupakan interaksi antara polymer yang terkait keluar dari mikroorganisme tersebut atau polymer yang terbentuk pada lapisan sel (Weber, 1972).

*Bacillus Subtilis* merupakan bakteri gram negatif yang dapat memproduksi bioflokulan (bioabsorben) yang diisolasi dari tanah. Bakteri *Bacillus Subtilis* yang diisolasi untuk memproduksi bioflokulan didalam kaldu kultur (broth) yang telah diidentifikasi secara morfologi seperti bentuk, flagella dan mobilitas, dan karakteristik biokimia seperti katalase, oksidasi, DN-ase, uji O-F, dapat mereduksi nitrat, asam dari karbohidrat, dan asimilasi dari sitrat.

Genus *Bacillus* memiliki bentuk basil, kadang strptobasil dan tanpa flagel berukuran  $0,7 - 0,8 \times 2,0 - 3,0 \mu$ , membentuk endospora di tengah atau diujung sporangium, bersifat gram positif, negatif dan dengan flagela berbentuk *peritrichous*, aerob oblige, proses metabolisme respirasi secara kuat dengan oksigen sebagai terminal penerima elektron. Beberapa galur dapat berespirasi secara aerobik pada kehadiran nitrat atau nitrit dengan suhu optimal pertumbuhan adalah  $20 - 37 ^\circ\text{C}$ . Koloni *Bacillus* pada nutrient agar ( NA ) tidak berwarna, uji oksidasi dan katalase positif dan biasanya tidak menghidrolisis selulosa, eskulin, gelatin dan DNA, serta dapat menggunakan bermacam variasi asam organik dan asam amino sebagai sumber karbon dan beberapa garam organik dan garam amida.

Beberapa strain *Bacillus* memproduksi asam d-glukosa dan d-xylosa dan menggunakan karbohidrat tersebut sebagai karbon. Bakteri *Bacillus* dapat tumbuh di air dan tanah, bersifat saprofit, inhibitor pada jalur usus vertebrata, serta dapat diisolasi dari bahan klinis seperti darah, urin, kotoran, cairan suntikan, luka dan kadang – kadang menyebabkan menyebabkan penyakit Antraks.

Sumber karbon *Bacillus Subtilis* yang digunakan untuk pertumbuhan adalah d-glukosa, d-fruktosa, d-glukonat, suberat dan itakonat. Bioflokulan dari *Bacillus Subtilis* merupakan polisakarida bio-absorben baru yang dapat menyerap air lebih dari 1000 kali bobotnya dan diperkirakan lima kali lebih kuat dari beberapa polimer penyerap sintetik. Polymer bio-asorben yang dapat didegradasi secara biologis tersebut, diperkirakan aman bagi lingkungan pada banyak aplikasi dan terutama cocok untuk teknik perlindungan sekitar.

Biopolymer yang dihasilkan *Bacillus Subtilis* terdiri atas dua macam, yaitu biopolymer asam dan biopolymer netral yang masing – masing bersifat tidak mengandung protein, mengandung gula netral seperti glukosa, tidak mengandung heksamin (glukosamin) dan asam sialat. Biopolymer asam mengandung asam uronat, sedangkan biopolymer netral tidak mengandung asam tersebut. Biopolymer yang terbentuk pada kaldu kultur (broth) ditandai dengan peningkatan viskositas kaldu kultur. Semakin tinggi kandungan biopolymer, semakin tinggi viskositas kaldu kultur, sehingga viskositas dapat dijadikan indeks produksi biopolymer.

viskositas kaldu kultur, sehingga viskositas dapat dijadikan indeks produksi biopolymer.

Kebanyakan polisakarida kehilangan viskositasnya pada suhu di atas 149 °C. Polisakarida yang dihasilkan oleh *Bacillus sp.* Tidak hanya bersifat kental pada suhu 149 °C dan stabil pada peningkatan suhu tersebut. Meskipun sangat kental pada tingkat pengadukan yang rendah, polisakarida tersebut hampir encer pada pengadukan yang tinggi.

Biopolymer tersebut dikeluarkan ke permukaan sel *Bacillus Subtilis* yang membentuk lapisan. Lapisan ini tidak mudah dipisahkan dari sel apabila menggunakan teknik pemisahan biasa seperti sentrifugasi dan infiltrasi, sehingga dibutuhkan tahap pemurnian yang tepat. Hingga saat ini, karena nilai ekonomis dan efektivitasnya, polymer organik sintetik banyak digunakan pada bahan flokulan pada upaya penjernihan air dan penanganan limbah cair industri. Meskipun demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa turunan poliakrilamid ini bersifat sulit didegradasi oleh alam, bersifat racun saraf dan karsinogen terhadap manusia. Oleh karena itu diperlukan suatu zat flokulan yang aman dan dapat dibiodegradasi untuk mengurangi dampak lingkungan dan kesehatan manusia serta dapat digunakan secara luas penelitian.

Biopolymer yang diproduksi oleh *Bacillus Subtilis* mempunyai kemampuan untuk memflokulasi padatan terlarut dan menyerap air di dalam kaldu kultur. Biopolymer ini menunjukkan aktivitas flokulasi yang kuat pada padatan terlarut organik dan anorganik dalam larutan seperti liat kaolin, limbah cair dari pabrik arang aktif, limbah industri kelapa sawit, tetes tebu, industri rumah tangga dan limbah industri kosmetik. Biopolymer ini mampu memflokulasi emulsi minyak secara efisien. Penggunaan zat flokulan biologik yang dapat dibiodegradasi ini akan mengurangi kerusakan lingkungan dan resiko bagi kesehatan manusia.



## **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 Mikrobiologi Teknik Kimia dan Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang yang dilaksanakan pada bulan September – Oktober 2005

#### **3.3. Persiapan Bahan dan Alat**

##### **a. Bahan**

- Limbah cair industri Tapioka
- Bakteri *Bacillus Subtilis*
- Aquadest
- Nutrient Broth
- Agar – agar
- NaOH
- $\text{CaCl}_2$
- Alum

##### **b. Alat**

- Peralatan untuk pembuatan media nutrient broth
- Jar Test

#### **3.4. Variabel Penelitian**

##### **3.4.1. Variable tetap:**

- a) pH
- b) Kecepatan pengadukan: 30 rpm selama 20 menit.

### 3.4.2. Variabel bebas:

- a) Dosis bioflokulan (2 ml, 5 ml, 9 ml)
- b) Dosis  $\text{CaCl}_2$  (1 ml, 3ml, 6 ml)
- c) Dosis alum (1ml, 5 ml, 15 ml)
- d) Variasi koagulan

### 3.4.3. Variabel terikat:

- a) kekeruhan
- b)  $\text{BOD}_5$
- c) COD

## 3.5. Tahap Penelitian

### a. Persiapan bahan dan alat.

#### ▪ Sterilisasi alat.

Alat – alat dari gelas dibungkus dengan kertas yang gelap kemudian dimasukkan di dalam oven kering selama 2 – 3 jam pada temperatur  $160^\circ\text{C}$ , hal ini tergantung dari banyak sedikitnya muatan yang dimasukkan dalam oven.

#### ▪ Sterilisasi medium.

Medium (kaldu nutrisi) dalam Erlenmeyer dimasukkan dalam autoklaf. Pintu autoklaf ditutup rapat lalu kran pada tiap pipa uap dibuka dan temperature akan terus naik sampai  $121^\circ\text{C}$ . Medium disterilkan selama 15 sampai 20 menit.

### b. Analisa awal untuk mengetahui kandungan kekeruhan, $\text{BOD}_5$ , COD dan analisa menentukan dosis $\text{CaCl}_2$ dan alum yang optimum.

### c. Pembuatan Bioflokulan dari bakteri *Bacillus Subtilis*.

### d. Pengambilan sampel limbah cair tapioka di PT. Intaf Turen, Kecamatan Turen Kabupaten Malang.

Sample diambil pada 1/3 kedalaman inlet pembuangan limbah cair tapioka PT. Intaf Turen dengan menggunakan jirigen berwarna gelap agar menjaga kontak langsung dengan sinar matahari dan suhu yang mempengaruhi air limbah.

### e. Percobaan Jarrest untuk mengetahui kemampuan Bioflokulan dalam memflokulasi dan mengabsorpsi limbah cair.

- Analisis proses flokulasi pada limbah cair dengan menggunakan jarrest yang terdiri dari 4 beaker glass berukuran 1000 ml. Setiap gelas diisi 1000 ml sample dan pH sample diatur dengan menggunakan penambahan NaOH yang dsikontrol dengan menggunakan pH meter.
  - Pengadukan pada jarrest diatur dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit.
  - Kemudian bioflokulan ditambahkan bersama – sama dengan CaCl<sub>2</sub> 40 % dan alum 5 % sesuai dengan variasi yang ditentukan lalu diaduk dengan kecepatan 30 rpm selama 20 menit.
- f. Analisa kekeruhan, BOD<sub>5</sub>, dan COD pada limbah cair tapioka.

### **3.6. Prosedur Analisa**

#### **3.6.1. Analisa Pendahuluan**

Analisa pendahuluan berfungsi untuk mendapatkan gambaran awal mengenai sampel sebelum diberi perlakuan yaitu kandungan kekeruhan, BOD dan COD. Hasil tersebut akan digunakan sebagai pembanding hasil percobaan setelah diberi perlakuan. Serta mencari dosis alum dan CaCl<sub>2</sub> yang optimum yang akan digunakan pada percobaan selanjutnya. Penelitian pendahuluan ini meliputi:

a. Analisis Kontrol ( Blanko )

Limbah cair tapioka tidak diberi perlakuan CaCl<sub>2</sub>, bioflokulan, dan alum. Tujuan percobaan ini untuk mengetahui kandungan BOD,COD, dan kekeruhan

b. Analisa konsentrasi CaCl<sub>2</sub>

Perlakuan konsentrasi CaCl<sub>2</sub> 40% yaitu: 1 ml, 3 ml, dan 6 ml.

Parameter yang diukur adalah kekeruhan. Tujuan percobaan ini untuk menentukan volume CaCl<sub>2</sub> 40% optimum yang akan digunakan pada tahap percobaan selanjutnya.

c. Analisa konsentrasi Alum

Perlakuan konsentrasi Alum 5% yaitu: 1 ml, 5 ml, dan 15 ml.

Parameter yang diukur adalah kekeruhan. Tujuan percobaan ini untuk menentukan volume Alum 5% optimum yang akan digunakan pada tahap percobaan selanjutnya.

### 3.6.2. Produksi Bioflokulan.

Bakteri yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Universitas Brawijaya Malang diambil dengan kawat ose kemudian dimasukkan pada Erlenmeyer 250 ml yang berisi medium cair (Nutrient Broth) yang telah disterilkan. Media tersebut kemudian diinkubasi pada inkubator goyang (180 rpm) pada suhu ruang (28 – 32 °C) selama 24 jam. Biopolimer yang terbentuk pada kaldu kultur (Broth) ditandai dengan peningkatan viskositas kaldu kultur. Semakin tinggi kandungan biopolymer, semakin tinggi viskositas kaldu kultur, sehingga viskositas dapat dijadikan indeks produksi biopolymer.

### 3.6.3. Analisa Lanjutan.

Analisa lanjutan yang dilakukan ini adalah pengujian bioflokulan sesuai dengan dosis yang telah ditentukan yaitu : 2 ml, 5 ml, 9 ml serta dosis  $\text{CaCl}_2$  dan alum yang optimum pada limbah cair tapioka, sehingga dapat ditentukan variasi koagulan dan dosis bioflokulan yang memberikan pengaruh yang nyata terhadap parameter yang diukur yaitu: kekeruhan,  $\text{BOD}_5$ , dan COD. Adapun langkah – langkah pengujian bioflokulan pada limbah cair tapioka adalah sebagai berikut:

- a) Limbah cair tapioka yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari buangan langsung industri tapioka di PT. Intaf Turen Malang. Kondisi limbah cair berwarna putih keruh dengan pH berkisar 3,5 – 4.
- b) Sebelum proses flokulasi dengan jar test dilakukan, limbah cair yang akan digunakan perlu dipersiapkan terlebih dulu menggunakan perlakuan prasedimentasi dan pengaturan pH sekitar 7.
- c) Prasedimentasi dilakukan dengan membiarkan limbah cair selama  $\pm 15$  menit untuk mengendapkan padatan yang memiliki bobot dan volume yang cukup untuk mengendap sendiri (menghilangkan padatan dan sisa kotoran tanpa melalui prasedimentasi)
- d) Analisis proses flokulasi pada limbah cair dengan menggunakan jar test yang terdiri dari 4 beker glass berukuran 1000 ml setiap gelas diisi 1000 ml sampel dan pH sampel diatur dengan menggunakan penambahan NaOH yang dikontrol dengan menggunakan pH meter.
- e) Pengadukan pada jar test diatur dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit.

- f) Kemudian bioflokulan ditambahkan bersama – sama dengan  $\text{CaCl}_2$  dan alum sesuai dengan variasi yang ditentukan lalu diaduk dengan kecepatan 30 rpm selama 20 menit.

Adapun variasi yang ditentukan adalah sebagai berikut:

- Variasi I.

Limbah cair tapioka diberi perlakuan bioflokulan (2ml, 5ml, 9ml) dan dilakukan analisis proses flokulasi dengan menggunakan jarrest dengan kecepatan 30 rpm selama 20 menit. Kemudian dihitung kadar kekeruhan,  $\text{BOD}_5$ , dan COD.

- Variasi II

Limbah cair tapioka diberi perlakuan bioflokulan (2ml, 5ml, 9 ml) dan alum 5 % 15 ml lalu dilakukan analisis proses flokulasi dengan menggunakan jarrest dengan kecepatan 30 rpm selama 20 menit. Kemudian dihitung kadar kekeruhan,  $\text{BOD}_5$ , dan COD.

- Variasi III

Limbah cair tapioka diberi perlakuan bioflokulan (2ml, 5 ml, 9 ml) dan  $\text{CaCl}_2$  40 % 6 ml lalu dilakukan analisis proses flokulasi dengan menggunakan jarrest dengan kecepatan 30 rpm selama 20 menit. Kemudian dihitung kadar kekeruhan,  $\text{BOD}_5$ , dan COD.

- Variasi IV

Limbah cair tapioka diberi perlakuan bioflokulan (2ml, 5 ml, 9 ml),  $\text{CaCl}_2$  40 % 6 ml dan alum 5 % 15 ml kemudian dihitung kandungan  $\text{BOD}_5$ , COD dan kekeruhan.

### 3.7. Analisa Data

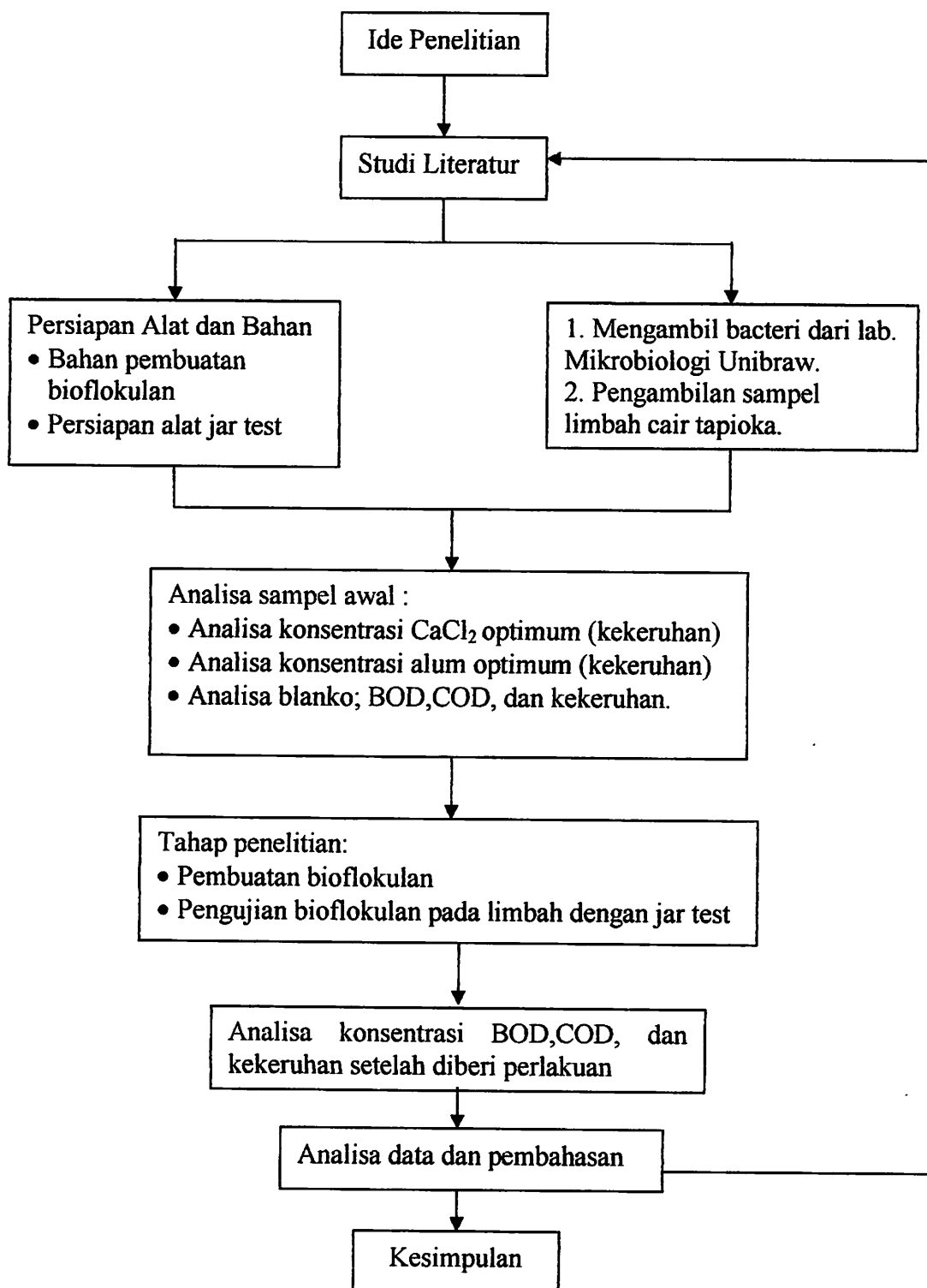
Analisa data dari hasil percobaan dilakukan dengan metode duncan, korelasi pearson dan anova.

Uji duncan ditujukan untuk menganalisa data dari perbedaan setiap perlakuan dan mengetahui signifikansi pengaruhnya.

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

### 3.8. Kerangka Penelitian



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Penelitian Pendahuluan.

Analisa pendahuluan ini berfungsi untuk mendapatkan gambaran awal mengenai sampel sebelum diberi perlakuan dan untuk menentukan volume alum 5 % dan  $\text{CaCl}_2$  40 % optimum, yang akan digunakan pada tahap percobaan selanjutnya.

#### 4.1.1. Pengaruh Penambahan Alum 5 % terhadap % Penurunan Kekeruhan Limbah Cair Tapioka.

Penelitian pendahuluan pemberian alum ini bertujuan untuk mengetahui dosis optimum yang dapat menurunkan kekeruhan limbah cair tapioka. Berikut hasil penelitian yang dilakukan untuk menentukan dosis optimum guna melakukan percobaan selanjutnya.

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan untuk menentukan volume alum 5 % dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Pengaruh Penambahan Alum 5 % Terhadap % Penurunan Kekeruhan**

Volume Alum ( ml )	Konsentrasi Awal ( NTU )	Konsentrasi Akhir ( NTU )	% Penurunan	Rata – rata Penurunan (%)
1	157,98	129,28	18,17	18,21
		129,38	18,10	
		128,95	18,36	
5	157,98	102,42	35,17	35,21
		102,38	35,19	
		102,27	35,26	
15	157,98	79,19	49,87	50,27
		78,25	50,47	
		78,22	50,48	

Sumber : Hasil Analisa



Alum (tawas) merupakan koagulan yang banyak digunakan untuk mengurangi padatan terlarut dalam limbah. Tugas utama alum adalah mendestabilisasi muatan koloid, agar dapat terjadi tarik menarik antar partikel dan membentuk flok, sehingga alum mempunyai kemampuan untuk membentuk flok.

Berdasarkan tabel 4.2 dapat dilihat bahwa penurunan persentase kekeruhan terkecil terjadi pada volume alum 5 % sebesar 1 ml yaitu 18,21 %, sedangkan penurunan persentase kekeruhan terbesar terjadi pada volume alum 5 % sebesar 15 ml, yaitu 54,63 %. Dari ketiga taraf pemberian alum 5 %, maka dapat ditentukan volume alum 5 % yang tepat untuk melakukan percobaan selanjutnya yaitu volume alum 15 ml.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semakin besar volume alum yang digunakan maka semakin besar pula % penurunan kekeruhan. Hal ini dikarenakan alum didalam air akan terionisasi menghasilkan kation dan anion bervalensi tinggi. Ion ini akan bereaksi dengan ion hidroksil menghasilkan koloid hidroksida yang bermuatan positif. Kemudian koloid bermuatan positif akan menangkap koloid yang bermuatan negatif, sehingga terjadi koagulasi. Daya tarik kedua elektrostatik kedua partikel yang bergabung akan dipengaruhi oleh gaya gravitasi sehingga mengendap dan akhirnya diperoleh cairan bening pada bagian atas. Jadi bisa dikatakan bahwa semakin banyak dosis alum yang digunakan dalam menurunkan kekeruhan maka semakin banyak koloid hidroksida yang bermuatan positif yang akan menangkap koloid yang bermuatan negatif sehingga terjadi koagulasi.

#### 4.1.2. Pengaruh Penambahan $\text{CaCl}_2$ 40 % terhadap % Penurunan Kekeruhan Limbah Cair Tapioka.

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan untuk menentukan volume  $\text{CaCl}_2$  40 % yang optimum guna melakukan percobaan selanjutnya, maka data konsentrasi kekeruhan dari 3 taraf volume  $\text{CaCl}_2$  40 % dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut:

**Tabel 4.2 Pengaruh Penambahan  $\text{CaCl}_2$  40 % Terhadap % Penurunan Kekeruhan**

Volume $\text{CaCl}_2$ ( ml )	Konsentrasi Awal ( NTU )	Konsentrasi Akhir ( NTU )	% Penurunan	Rata – rata Penurunan (%)
1	157,98	130,12	17,64	17,66
		130,08	17,66	
		130,05	17,68	
3	157,98	89,52	43,33	50,99
		71,46	54,77	
		71,32	54,86	
6	157,98	65,45	58,56	58,98
		64,38	59,25	
		64,57	59,13	

Sumber : Hasil Analisa

$\text{CaCl}_2$  merupakan gabungan lebih dari satu ion yaitu  $\text{Ca}^{2+}$  dan 2 buah  $\text{Cl}^-$ .  $\text{CaCl}_2$  merupakan campuran homogen dari ion, molekul atau pun atom dari dua zat atau lebih. Dari sifatnya  $\text{CaCl}_2$  dapat digolongkan sebagai larutan atau pelarut.

Berdasarkan tabel 4.2 dapat dilihat bahwa penurunan persentase kekeruhan terkecil terjadi pada volume  $\text{CaCl}_2$  40 % sebesar 1 ml yaitu 17,66 %, sedangkan penurunan persentase kekeruhan terbesar terjadi pada volume  $\text{CaCl}_2$  40 % sebesar 6 ml, yaitu 58,98 %. Dari ketiga taraf pemberian  $\text{CaCl}_2$  40 %, maka dapat ditentukan volume  $\text{CaCl}_2$  40 % yang tepat untuk melakukan percobaan selanjutnya yaitu 6 ml.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semakin besar volume  $\text{CaCl}_2$  yang digunakan maka semakin besar pula % penurunan kekeruhan. Hal ini dikarenakan  $\text{CaCl}_2$  yang memiliki ikatan elektron yang kuat bila larut dalam limbah akan mengakibatkan proses terbentuknya flok dan endapan, dimana pengaruh ion  $\text{Cl}^-$  menyebabkan partikel – partikel koloid dalam limbah saling mengikat, kemudian membentuk flok dan mengendap. Hal ini secara tidak langsung mengurangi tingkat kekeruhan pada limbah (Keenan, kleinfelter, wood A. hadyana Pudjaatmaka, 1992).

#### 4.1.3. Konsentrasi Awal Kekeruhan, BOD, dan COD Sebelum Proses Bioflokulasi.

Untuk konsentrasi awal sampel limbah cair industri tapioka dilakukan analisa awal yaitu : kekeruhan, BOD, dan COD. Data konsentrasi awal dapat dilihat pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Konsentrasi Awal Limbah Cair Tapioka**

No	Parameter	Konsentrasi
1	Kekeruhan	157,98 NTU
2	BOD	3569,99 mg/l
3	COD	3863,99 mg/l

Sumber : Hasil Analisa

## 4.2. Hasil Penelitian Lanjutan.

Analisa lanjutan ini berfungsi untuk menentukan variasi koagulan dan dosis bioflokulan yang memberikan pengaruh yang nyata terhadap parameter yang diukur.

### 4.2.1. Analisa Kekeruhan.

#### 4.2.1.1 Konsentrasi akhir kekeruhan setelah proses bioflokulasi.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka data konsentrasi awal kekeruhan pada limbah cair industri tapioca sebelum dilakukan proses bioflokulasi adalah 157,98 NTU dan konsentrasi akhir kekeruhan pada air limbah tapioka yang telah melalui proses bioflokulasi dengan menggunakan bioflokulan dari bakteri *Bacillus Subtilis*,  $\text{CaCl}_2$ , dan alum dengan berbagai variasi yang ditentukan didapat konsentrasi kekeruhan seperti pada tabel 4.4

**Tabel 4.4. Konsentrasi Akhir Kekeruhan Setelah Proses Bioflokulasi**

Variasi Koagulan	Dosis Bioflokulan (ml)	Konsentrasi kekeruhan setelah proses Bioflokulasi ( NTU )		
		1	2	3
Variasi I ( limbah )	2	116,85	116,78	116,99
	5	114,82	114,82	114,95
	9	111,73	111,85	111,95
Variasi II (limbah + alum)	2	88,98	88,98	88,87
	5	86,79	86,87	86,99
	9	85,86	85,97	85,97
Variasi III ( limbah + $\text{CaCl}_2$ )	2	97,69	97,78	97,95
	5	94,79	94,68	94,87
	9	93,99	93,86	93,75
Variasi IV (Limbah + alum + $\text{CaCl}_2$ )	2	80,73	80,85	80,98
	5	78,77	78,67	78,89
	9	77,82	77,82	77,87

Sumber : Hasil Analisa

#### 4.2.1.2. Persentase Penurunan Kekeruhan Setelah Proses Bioflokulasi

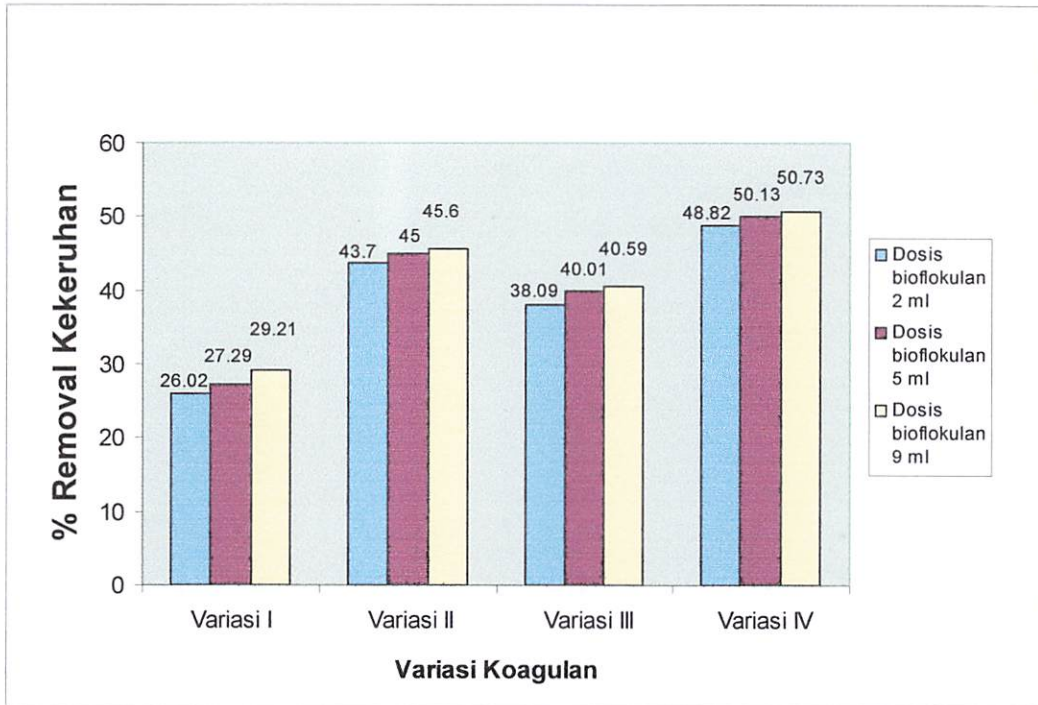
Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 4.4, maka jumlah penurunan kekeruhan dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut ini:

**Tabel 4.5 Prosentase Penurunan Konsentrasi Kekeruhan**

Variasi Koagulan	Dosis Bioflokulan (ml)	Persentase Penurunan Konsentrasi Kekeruhan (%)			Rata – rata penurunan (%)
		1	2	3	
Variasi I (limbah)	2	26,03	26,08	25,95	26,02
	5	27,32	27,32	27,24	27,29
	9	29,28	29,20	29,14	29,21
Variasi II (limbah + alum)	2	43,86	43,68	43,73	43,97
	5	45,06	45,01	44,94	45,00
	9	45,65	45,58	45,58	45,60
Variasi III (limbah + CaCl <sub>2</sub> )	2	38,16	38,11	38,00	38,09
	5	40,00	40,07	39,95	40,01
	9	40,51	40,59	40,66	40,59
Variasi IV (Limbah + alum +CaCl <sub>2</sub> )	2	48,90	48,82	48,74	48,18
	5	50,14	50,20	50,06	50,13
	9	50,74	50,74	50,71	50,73

Sumber : Hasil Analisa

Berdasarkan tabel 4.5 menunjukkan bahwa kemampuan penurunan kekeruhan pada air limbah tapioka berkisar antara 26,02 % – 50,73 %. Kemampuan penurunan terbesar adalah 50,73 % pada variasi IV yaitu variasi limbah + alum + CaCl<sub>2</sub> dengan dosis bioflokulan 9 ml. Berdasarkan tabel 4.6. dapat dibuat grafik seperti pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1. Grafik Persentase Penurunan Kekeruhan**

#### 4.2.1.3. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam menurunkan konsentrasi kekeruhan maka dilakukan analisa dengan menggunakan uji ANOVA. Hasil uji tersebut tertera dalam tabel 4.6.

**Tabel 4.6. Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan Konsentrasi Kekeruhan dengan Variasi Penambahan dosis Bioflokulan.**

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: persentase kekeruhan rata-rata

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	816.367 <sup>a</sup>	3	272.122	155.228	.000
Intercept	19565.725	1	19565.725	11160.962	.000
variasikoagulan	816.367	3	272.122	155.228	.000
Error	14.024	8	1.753		
Total	20396.117	12			
Corrected Total	830.392	11			

a. R Squared = .983 (Adjusted R Squared = .977)

Pada tabel 4.6 merupakan hasil uji ANOVA satu faktor. ANOVA satu faktor ini untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara persentase penurunan konsentrasi kekeruhan diantara kelompok variasi koagulan.

Hipotesis:

$H_0$  = Kedua belas rata – rata perlakuan adalah identik.

$H_1$  = Kedua belas rata – rata perlakuan adalah tidak identik.

Keputusan:

Terlihat bahwa F hitung adalah 155.228 dengan probabilitas 0.000. Karena probabilitas  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak atau persentase penurunan konsentrasi kekeruhan dalam kedua belas perlakuan tersebut memang berbeda nyata.

Untuk melihat persentase penurunan konsentrasi kekeruhan yang paling besar dan perbedaannya dalam setiap perlakuan digunakan uji Duncan. Perlakuan dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut ini:

**Tabel 4.7 Hasil Uji Duncan Rata – rata Penurunan Konsentrasi Kekeruhan untuk Keempat Perlakuan dan untuk setiap Perlakuan dengan Dosis Bioflokulan.**

persentase kekeruhan rata-rata

Duncan <sup>a</sup>					
variasi koagulan	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
1	3	27.5067			
3	3		39.5633		
2	3			44.7667	
4	3				49.6800
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Keterangan:

- Variasi I = Limbah 1000 ml dan dosis bioflokulan 2 ml, 5 ml dan 9 ml
- Variasi II = Limbah 1000 ml + alum 15 ml + dosis bioflokulan 2 ml, 5 ml, dan 9 ml
- Variasi III = Limbah 1000 ml +  $\text{CaCl}_2$  6 ml + dosis bioflokulan 2 ml, 5 ml dan 9 ml

- Variasi IV = Limbah 1000 ml + alum 15 ml + CaCl<sub>2</sub> 6 ml + dosis bioflokulan 2 ml, 5 ml dan 9 ml.

Dari tabel 4.7 diatas diketahui bahwa dari keempat jenis variasi koagulan untuk setiap variasi dengan dosis bioflokulan 2ml, 5ml, dan 9 ml memberikan hasil penurunan konsentrasi kekeruhan yang berbeda nyata. Dan dari hasil analisa diatas dapat diambil kesimpulan bahwa dengan variasi ke IV yaitu variasi Limbah + alum + CaCl<sub>2</sub> + bioflokulan memberikan kemampuan konsentrasi (% removal) kekeruhan sebesar 49.6800.

#### 4.2.1.4. 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 4.8.

**Tabel 4.8. Korelasi antara Persentase Konsentrasi Kekeruhan, Variasi Koagulan dan Variasi Dosis Bioflokulan (ml)**

<b>Correlations</b>				
		persentase kekeruhan rata-rata	variasi koagulan	variasi dosis bioflokulan
persentase kekeruhan rata-rata	Pearson Correlation	1	.824**	.122
	Sig. (1-tailed)	.	.000	.352
	N	12	12	12
variasi koagulan	Pearson Correlation	.824**	1	.000
	Sig. (1-tailed)	.000	.	.500
	N	12	12	12
variasi dosis bioflokular	Pearson Correlation	.122	.000	1
	Sig. (1-tailed)	.352	.500	.
	N	12	12	12

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).

Dari tabel 4.8. menunjukkan bahwa:

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



- Koefisien korelasi antar variabel persentase penyisihan kekeruhan dengan variasi koagulan adalah 0,824. 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 variatif dari variasi koagulan yaitu variasi I (Limbah + bioflokulan), variasi II (Limbah + alum + bioflokulan), variasi III (Limbah + CaCl<sub>2</sub> + bioflokulan), variasi IV (Limbah + alum + CaCl<sub>2</sub> + bioflokulan), maka akan diikuti dengan penurunan konsentrasi kekeruhan yang tinggi. Tingkat signifikan kekeruhan dan variasi perlakuan yang ditunjukkan dengan nilai 0.000 jauh lebih kecil dari 0,05 maka kolerasinya nyata (signifikan).
- Koefisien korelasi antara variabel persentase penyisihan kekeruhan dengan variasi dosis bioflokulan adalah 0.122 hal ini menunjukkan bahwa adanya hubungan yang lemah karena memiliki nilai dibawah 0,5 (Yarnest, 2004). Sedangkan tanda positif menyatakan hubungan searah yang berarti semakin tinggi dosis bioflokulan maka akan diikuti dengan penurunan konsentrasi kekeruhan yang tinggi. Tingkat signifikan kekeruhan dan variasi dosis bioflokulan yang ditunjukkan dengan nilai 0,352 jauh lebih besar dari 0,05 maka korelasinya lemah (tidak signifikan).

#### 4.2.1.5. 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 4.9. Hasil Uji Regresi ANOVA**

ANOVA <sup>b</sup>						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	576.399	2	288.200	10.212	.005 <sup>a</sup>
	Residual	253.993	9	28.221		
	Total	830.392	11			

a. Predictors: (Constant), variasi dosis bioflokulan, variasi koagulan

b. Dependent Variable: persentase kekeruhan rata-rata

Dari uji ANOVA atau F test, didapat F hitung adalah 10.212 dengan tingkat signifikan 0,005. Karena probabilitas 0,005 lebih kecil dari 0.05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksi konsentrasi kekeruhan.

**Tabel 5.0. Tabel persamaan Regresi**

		Coefficients <sup>a</sup>				
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	23.156	4.717		4.910	.001
	variasi koagulan	6.132	1.372	.824	4.470	.002
	variasi dosis bioflokula	.355	.535	.122	.664	.523

a. Dependent Variable: persentase kekeruhan rata-rata

**Tabel 5.1. Tabel Persamaan R square**

Model Summary <sup>b</sup>				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.833 <sup>a</sup>	.694	.626	5.31238

a. Predictors: (Constant), variasi dosis bioflokulan, variasi koagulan

b. Dependent Variable: persentase kekeruhan rata-rata

Dari tabel 5.0 dan 5.1 di atas dapat kita ketahui:

1. Persamaan regresi

$$Y = 23.156 + 6.132X_1 + 0.355 X_2$$

Dimana: Y = % penurunan konsentrasi kekeruhan

$X_1$  = variasi koagulan

$X_2$  = variasi dosis bioflokulan

Berdasarkan hasil analisa statistik, nilai R sebesar 0.833 menunjukkan hubungan yang kuat antar variabel konsentrasi akhir kekeruhan dengan variasi koagulan serta dosis bioflokulan karena mendekati 1 (Yarnest, 2004). Sedangkan nilai R square ( $r^2$ ) sebesar 0.694 bisa disebut koefisien determinasi yang dalam hal ini berarti 69,4 % penyisihan konsentrasi kekeruhan dipengaruhi oleh variabel koagulan dan variasi dosis bioflokulan. Berdasarkan nilai R dan R square tersebut maka model persamaan regresi di atas dapat diterima.

Koefisien regresi untuk variasi koagulan sebesar 6.132 menyatakan bahwa setiap penambahan jenis variasi koagulan akan meningkatkan % penyisihan konsentrasi kekeruhan sebesar 6.132% dan koefisien regresi untuk variasi dosis bioflokulan sebesar 0.355 menyatakan bahwa setiap penambahan dosis bioflokulan akan meningkatkan % penyisihan konsentrasi kekeruhan sebesar 0.355 %.

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 dari tabel 5.0 diatas untuk variabel koagulan terlihat bahwa t hitung adalah 4.470 dan statistik tabel yang didapat adalah 2,262. Karena statistik t hitung > t tabel maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima atau koefisien regresi signifikan atau variasi koagulan benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi kekeruhan. Sedangkan untuk variabel dosis terlihat bahwa t hitung adalah 0,664 dan statistik tabel yang didapat adalah 2,262. Karena statistik t hitung < t tabel maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak artinya koefisien regresi tidak signifikan atau variasi dosis bioflokulan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi kekeruhan.
- 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*) untuk variabel koagulan adalah 0.002 atau probabilitas lebih kecil dari 0.05. Sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima artinya koefisien regresi signifikan atau

variasi koagulan dan dosis bioflokulan benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi kekeruhan. Sedangkan untuk variabel dosis adalah 0,523 atau probabilitas lebih besar dari 0,05. Sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak artinya koefisien regresi tidak signifikan atau variasi dosis bioflokulan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi kekeruhan.

#### 4.2.2. Analisa BOD<sub>5</sub>

##### 4.2.2.1. Konsentrasi Akhir BOD<sub>5</sub> Setelah Proses Bioflokulasi

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka data konsentrasi awal BOD<sub>5</sub> pada limbah cair tapioka sebelum dilakukan proses bioflokulasi adalah 3569,99 mg/l dan konsentrasi akhir BOD<sub>5</sub> setelah dilakukan proses bioflokulasi dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut ini:

**Tabel 5.2. Konsentrasi Akhir BOD<sub>5</sub> Setelah Proses Bioflokulasi**

Variasi Koagulan	Dosis Bioflokulan (ml)	Konsentrasi BOD <sub>5</sub> Setelah Proses Bioflokulasi (mg/l)		
		1	2	3
Variasi I (limbah)	2	2379,60	2379,92	2379,76
	5	2378,70	2378,92	2378,82
	9	2368,35	2369,46	2370,27
Variasi II (limbah + alum)	2	2184,56	2184,44	2184,31
	5	2169,14	2169,26	2169,38
	9	2159,82	2159,97	2160,03
Variasi III (limbah + CaCl <sub>2</sub> )	2	2289,15	2288,38	2289,26
	5	2268,82	2269,12	2268,95
	9	2259,14	2258,89	2258,77
Variasi IV (Limbah + alum + CaCl <sub>2</sub> )	2	2050,75	2050,81	2050,68
	5	1914,49	1915,26	1915,38
	9	1738,31	1739,55	1740,47

Sumber : Hasil Analisa.

#### 4.2.2.2. Persentase Penurunan BOD<sub>5</sub> Setelah Proses Bioflokulasi.

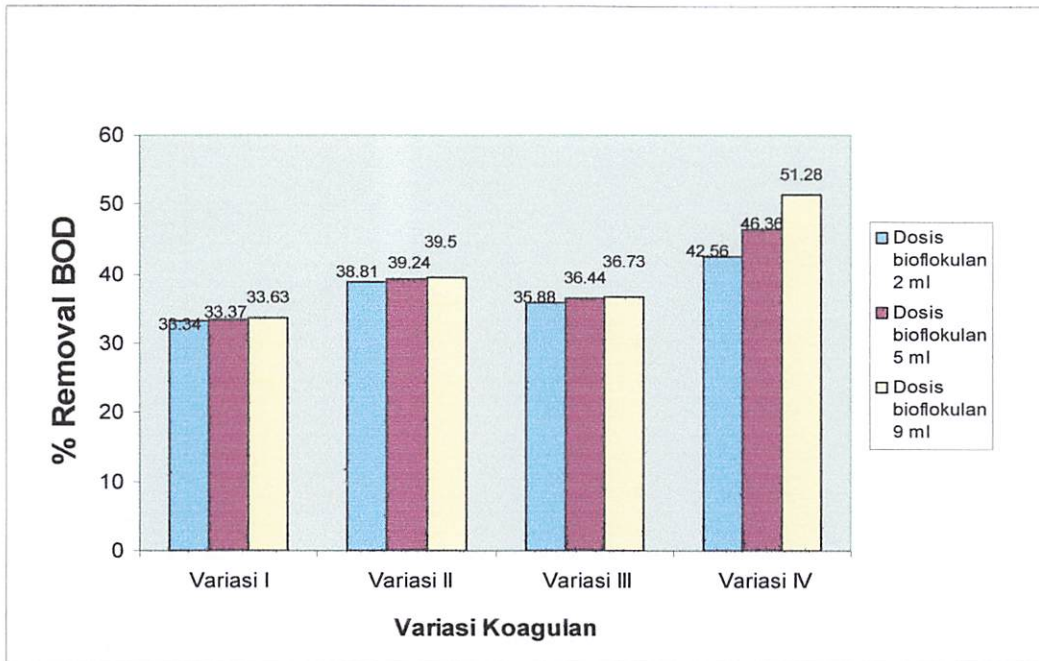
Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 5.2 maka penurunan persentase BOD<sub>5</sub> setelah proses Bioflokulasi dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut:

**Tabel 5.3. Persentase Penurunan BOD<sub>5</sub> Setelah Proses Bioflokulasi**

Variasi Koagulan	Dosis Bioflokulan ( ml )	Persentase Penurunan Konsentrasi BOD <sub>5</sub> ( % )			Rata-rata penurunan ( % )
		1	2	3	
Variasi I ( limbah )	2	33,34	33,34	33,34	33,34
	5	33,37	33,36	33,37	33,37
	9	33,66	33,63	33,61	33,63
Variasi II ( limbah + alum )	2	38,81	38,81	38,81	38,81
	5	39,24	39,24	39,23	39,24
	9	39,50	39,50	39,49	39,50
Variasi III ( limbah + CaCl <sub>2</sub> )	2	35,88	35,90	35,87	35,88
	5	36,45	36,44	36,44	36,44
	9	36,72	36,73	36,73	36,73
Variasi IV (Limbah + alum +CaCl <sub>2</sub> )	2	42,56	42,55	42,56	42,56
	5	46,37	46,35	46,35	46,36
	9	51,31	51,27	51,25	51,28

Sumber : Hasil Analisa.

Berdasarkan tabel 5.3. menunjukkan bahwa kemampuan penurunan BOD<sub>5</sub> pada air limbah tapioka antara 33,34 % – 51,28 %. Kemampuan penurunan terbesar adalah 51,28 % pada variasi IV yaitu variasi limbah + alum + CaCl<sub>2</sub> dengan dosis bioflokulan 9 ml. Berdasarkan tabel 5.3. dapat dibuat grafik seperti pada gambar 4.2.



**Gambar 4.2. Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi BOD<sub>5</sub>**

#### 4.2.2.3. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam menurunkan konsentrasi BOD<sub>5</sub> maka dilakukan analisa dengan menggunakan uji ANOVA. Hasil uji tersebut tertera dalam tabel 5.4

**Tabel 5.4. Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan Konsentrasi BOD<sub>5</sub> dengan Variasi Penambahan Dosis Bioflokulan.**

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: persentase BOD rata-rata

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	293.039 <sup>a</sup>	3	97.680	20.091	.000
Intercept	18184.982	1	18184.982	3740.284	.000
variasikoagulan	293.039	3	97.680	20.091	.000
Error	38.895	8	4.862		
Total	18516.916	12			
Corrected Total	331.934	11			

a. R Squared = .883 (Adjusted R Squared = .839)

Pada tabel 5.4 merupakan hasil uji ANOVA satu faktor. ANOVA satu faktor ini untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara persentase penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub> diantara kelompok variasi koagulan.

Hipotesis:

$H_0$  = Kedua belas rata – rata perlakuan adalah identik.

$H_1$  = Kedua belas rata – rata perlakuan adalah tidak identik.

Keputusan:

Terlihat bahwa F hitung adalah 20.091 dengan probabilitas 0.000. Karena probabilitas < 0,05 maka  $H_0$  ditolak atau persentase penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub> dalam kedua belas perlakuan tersebut memang berbeda nyata.

Untuk melihat persentase penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub> yang paling besar dan perbedaannya dalam setiap Variasi digunakan uji Duncan. Perlakuan dapat dilihat pada tabel 5.5 berikut ini:

**Tabel 5.5. Hasil Uji Duncan Rata – rata Penurunan Konsentrasi BOD<sub>5</sub> untuk Keempat Perlakuan dan untuk setiap Perlakuan dengan Dosis Bioflokulan.**

**persentase BOD rata-rata**

Duncan<sup>a</sup>

variasi koagulan	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
1	3	33.4467		
3	3	36.3500	36.3500	
2	3		39.1833	
4	3			46.7333
Sig.		.145	.154	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Keterangan:

- Variasi I = Limbah 1000 ml dan dosis bioflokulan 2 ml, 5 ml dan 9 ml
- Variasi II = Limbah 1000 ml + alum 15 ml + dosis bioflokulan 2 ml, 5 ml dan 9 ml
- Variasi III = Limbah 1000 ml + CaCl<sub>2</sub> 6 ml + dosis bioflokulan 2 ml, 5 ml dan 9 ml
- Variasi IV = Limbah 1000 ml + alum 15 ml + CaCl<sub>2</sub> 6 ml + dosis bioflokulan 2 ml, 5 ml dan 9 ml.

Hasil uji Duncan pada tabel 5.5 menunjukkan bahwa tidak seluruhnya terdapat perbedaan nyata dalam perubahan konsentrasi BOD<sub>5</sub>. Pada variasi koagulan II (variasi limbah + alum + bioflokulan) dan variasi koagulan III (variasi limbah + CaCl<sub>2</sub> + bioflokulan) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang tidak nyata dalam perubahan konsentrasi BOD<sub>5</sub>. Penurunan terendah terjadi pada variasi koagulan I (variasi limbah + bioflokulan) yaitu sebesar 33,4467 %. Sedangkan penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub> tertinggi terjadi pada variasi koagulan IV (variasi limbah + alum + CaCl<sub>2</sub> + bioflokulan) yaitu sebesar 46,7333 %.

#### 4.2.2.4. 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 5.6

**Tabel 5.6. Korelasi antara Persentase Konsentrasi BOD<sub>5</sub>, Variasi Koagulan dan Variasi Dosis Bioflokulan (ml).**

Correlations				
		persentase BOD rata-rata	variasi koagulan	variasi dosis bioflokulan
persentase BOD rata-rata	Pearson Correlation	1	.787	.205
	Sig. (1-tailed)	.	.001	.261
	N	12	12	12
variasi koagulan	Pearson Correlation	.787	1	.000
	Sig. (1-tailed)	.001	.	.500
	N	12	12	12
variasi dosis bioflokulan	Pearson Correlation	.205	.000	1
	Sig. (1-tailed)	.261	.500	.
	N	12	12	12

Dari tabel 5.8. menunjukkan bahwa:

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

- Koefisien korelasi antar variabel persentase penyisihan BOD<sub>5</sub> dengan variasi koagulan adalah 0,787. 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 variatif dari variasi koagulan yaitu variasi I (Limbah + bioflokulan), variasi II (Limbah + alum +



bioflokulan), variasi III (Limbah +  $\text{CaCl}_2$  + bioflokulan), variasi IV (Limbah + alum +  $\text{CaCl}_2$  + bioflokulan), maka akan diikuti dengan penurunan konsentrasi  $\text{BOD}_5$  yang tinggi. Tingkat signifikan  $\text{BOD}_5$  dan variasi koagulan yang ditunjukkan dengan nilai 0,001 jauh lebih kecil dari 0,05 maka kolerasinya nyata (signifikan).

- Koefisien korelasi antar variabel persentase penyisihan  $\text{BOD}_5$  dengan variasi dosis bioflokulan adalah 0.205. Hal ini menunjukkan bahwa adanya hubungan yang lemah karena memiliki nilai dibawah 0,5 (Yarnest,2004). Sedangkan tanda positif menyatakan hubungan searah yang berarti semakin tinggi dosis bioflokulan maka akan diikuti dengan penurunan konsentrasi kekeruhan yang tinggi. Tingkat signifikan  $\text{BOD}_5$  dan variasi dosis bioflokulan yang ditunjukkan dengan nilai 0,261 jauh lebih besar dari 0,05 maka korelasinya lemah (tidak signifikan).

#### 4.2.2.5. 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 5.7. Hasil Uji Regresi ANOVA**

#### ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	219.579	2	109.789	8.794	.008 <sup>a</sup>
	Residual	112.355	9	12.484		
	Total	331.934	11			

a. Predictors: (Constant), variasi dosis bioflokulan, variasi koagulan

b. Dependent Variable: persentase BOD rata-rata

Dari uji ANOVA atau F test, didapat F hitung adalah 8.794 dengan tingkat signifikan 0,008. Karena probabilitas 0,008 lebih kecil dari 0.05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksi konsentrasi  $\text{BOD}_5$ .

**Tabel 5.8. Tabel persamaan Regresi**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	27.668	3.137		8.820	.000
	variasi koagulan	3.703	.912	.787	4.059	.003
	variasi dosis bioflokula	.376	.356	.205	1.056	.318

a. Dependent Variable: persentase BOD rata-rata

**Tabel 5.9. Tabel Persamaan R square**

Model Summary <sup>b</sup>				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.813 <sup>a</sup>	.662	.586	3.53326

a. Predictors: (Constant), variasi dosis bioflokulan, variasi koagulan

b. Dependent Variable: persentase BOD rata-rata

Dari tabel 5.8 dan 5.9 di atas dapat kita ketahui:

1. Persamaan regresi

$$Y = 27.668 + 3.703X_1 + 0.376 X_2$$

Dimana: Y = % penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub>

X<sub>1</sub> = variasi koagulan

X<sub>2</sub> = variasi dosis bioflokulan

Berdasarkan hasil analisa statistik, nilai R sebesar 0.813 menunjukkan hubungan yang kuat antar variabel konsentrasi akhir kekeruhan dengan variasi koagulan serta variasi dosis bioflokulan karena mendekati 1 (Yarnest, 2004). Sedangkan nilai R square (r<sup>2</sup>) sebesar 0.662 bisa disebut koefisien determinasi yang dalam hal ini berarti 66,2 % penyisihan konsentrasi BOD<sub>5</sub> dipengaruhi oleh variabel koagulan dan dosis bioflokulan. Berdasarkan nilai R dan R square tersebut maka model persamaan regresi di atas dapat diterima.

Koefisien regresi untuk variasi koagulan sebesar 3.703 menyatakan bahwa setiap penambahan jenis variasi koagulan akan meningkatkan %

penyisihan konsentrasi BOD<sub>5</sub> sebesar 3.703 % dan koefisien regresi untuk variasi dosis bioflokulan sebesar 0.376 menyatakan bahwa setiap penambahan dosis akan meningkatkan % penyisihan konsentrasi BOD<sub>5</sub> sebesar 0.376 %.

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

Hipotesa:

$H_0$  = koefisien regresi tidak signifikan.

$H_1$  = koefisien regresi signifikan.

Keputusan:

a. Dasar pengambilan keputusan:

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 dari tabel 5.8 diatas untuk variabel koagulan terlihat bahwa t hitung adalah 4.059 dan statistik tabel yang didapat adalah 2,262. Karena statistik t hitung > t tabel maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima artinya koefisien regresi signifikan atau variasi koagulan benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub>. Sedangkan untuk variabel dosis bioflokulan terlihat bahwa t hitung adalah 0,205 dan statistik tabel yang didapat adalah 2,262. Karena statistik t hitung < t tabel maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak artinya koefisien regresi tidak signifikan atau variasi dosis bioflokulan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub>.

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*) untuk variabel koagulan adalah 0.003 atau probabilitas lebih kecil dari 0.05. Sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima atau koefisien regresi signifikan atau variasi koagulan benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub>. Sedangkan untuk variabel dosis

bioflokulan adalah 0,318 atau probabilitas lebih besar dari 0,05. Sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak artinya koefisien regresi tidak signifikan atau variasi dosis bioflokulan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub>.

### 4.2.3. Analisa COD

#### 4.2.3.1. Konsentrasi Akhir COD Setelah Proses Bioflokulasi.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka data konsentrasi awal COD pada limbah cair tapioka sebelum dilakukan proses Bioflokulasi adalah 3863,99 mg/l dan konsentrasi akhir COD setelah proses Bioflokulasi dapat dilihat pada tabel 6.0 berikut ini:

**Tabel 6.0 Konsentrasi Akhir COD Setelah Proses Bioflokulasi**

Variasi Koagulan	Dosis Bioflokulan ( ml )	Konsentrasi COD setelah Proses Bioflokulasi (mg/l)		
		1	2	3
Variasi I ( limbah )	2	2661,72	2661,98	2661,86
	5	2645,65	2643,79	2645,96
	9	2620,85	2619,97	2619,77
Variasi II (limbah + alum)	2	2375,95	2375,95	2375,92
	5	2349,83	2349,83	2349,95
	9	2313,82	2312,99	2313,78
Variasi III ( limbah + CaCl <sub>2</sub> )	2	2447,85	2447,85	2446,92
	5	2427,89	2427,83	2427,95
	9	2378,78	2376,85	2376,97
Variasi IV (Limbah + alum +CaCl <sub>2</sub> )	2	2164,78	2164,62	2164,83
	5	2094,45	2094,57	2094,63
	9	1920,42	1921,45	1921,56

Sumber : Hasil Analisa.

#### 4.2.3.2. Persentase Penurunan COD Setelah Proses Bioflokulasi.

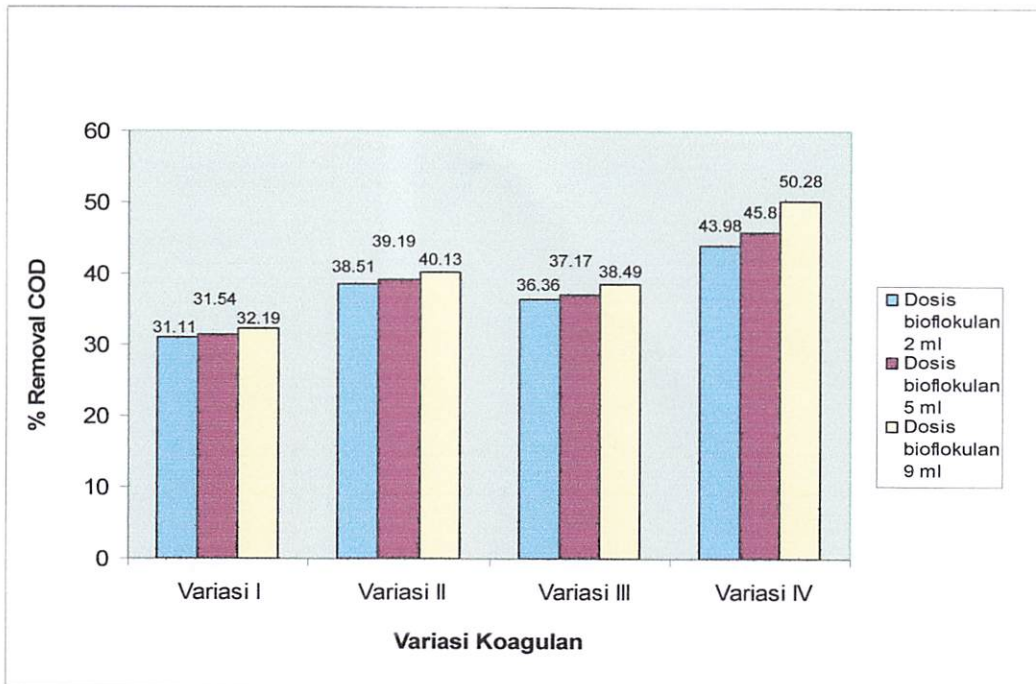
Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 6.0, maka penurunan persentase COD setelah proses Bioflokulasi dapat dilihat pada tabel 6.1 berikut:

**Tabel 6.1 Persentase Penurunan COD Setelah Proses Bioflokulasi**

Variasi Koagulan	Dosis Bioflokulan ( ml )	Persentase penurunan konsentrasi COD ( % )			Rata-rata penurunan ( % )
		1	2	3	
Variasi I ( limbah )	2	31,11	31,11	31,11	31,11
	5	31,53	31,58	31,52	31,54
	9	32,17	32,20	32,20	32,19
Variasi II (limbah + alum)	2	38,51	38,51	38,51	38,51
	5	39,19	39,19	39,18	39,19
	9	40,22	40,14	40,12	40,13
Variasi III ( limbah + CaCl <sub>2</sub> )	2	36,65	36,65	36,67	36,36
	5	37,17	37,17	37,16	37,17
	9	38,49	38,49	38,48	38,49
Variasi IV (Limbah + alum +CaCl <sub>2</sub> )	2	43,98	43,98	43,97	43,98
	5	45,80	45,79	45,80	45,80
	9	50,30	50,27	50,27	50,28

Sumber : Hasil Analisa.

Berdasarkan tabel 6.1. menunjukkan bahwa kemampuan penurunan COD pada air limbah tapioka berkisar antara 31,11 % – 50,28 %. Kemampuan penurunan terbesar adalah 50,28 % pada variasi IV yaitu variasi limbah + alum + CaCl<sub>2</sub> dengan dosis bioflokulan 9 ml. Berdasarkan tabel 6.3. dapat dibuat grafik seperti pada gambar 4.3.



**Gambar 4.3. Grafik Persentase Penurunan konsentrasi COD**

#### 4.2.3.3. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai variasi dalam menurunkan konsentrasi COD maka dilakukan analisa dengan menggunakan uji ANOVA. Hasil uji tersebut tertera dalam tabel 6.2.

**Tabel 6.2. Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan Konsentrasi COD dengan Variasi Penambahan dosis Bioflokulan.**

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: persentase COD rata-rata

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	348.559 <sup>a</sup>	3	116.186	36.810	.000
Intercept	17999.380	1	17999.380	5702.593	.000
variasikoagulan	348.559	3	116.186	36.810	.000
Error	25.251	8	3.156		
Total	18373.190	12			
Corrected Total	373.810	11			

a. R Squared = .932 (Adjusted R Squared = .907)

Pada tabel 6.2. merupakan hasil uji ANOVA satu faktor. ANOVA satu faktor ini untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara persentase penurunan konsentrasi COD diantara kelompok variasi.

Hipotesis:

$H_0$  = Kedua belas rata – rata perlakuan adalah identik.

$H_1$  = Kedua belas rata – rata perlakuan adalah tidak identik.

Keputusan:

Terlihat bahwa F hitung adalah 36.810 dengan probabilitas 0.000. Karena probabilitas  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak atau persentase penurunan konsentrasi COD dalam kedua belas perlakuan tersebut memang berbeda nyata.

Untuk melihat persentase penurunan konsentrasi COD yang paling besar dan perbedaannya dalam setiap perlakuan digunakan uji Duncan. Perlakuan dapat dilihat pada tabel 6.3 berikut ini:

**Tabel 6.3. Hasil Uji Duncan Rata – rata Penurunan Konsentrasi COD untuk Keempat Variasi dan untuk setiap Perlakuan dengan Dosis Bioflokulan.**

persentase COD rata-rata

Duncan<sup>a</sup>

variasi koagulan	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
1	3	31.6133		
3	3		37.3400	
2	3		39.2767	
4	3			46.6867
Sig.		1.000	.219	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Keterangan:

- Variasi I = Limbah 1000 ml dan dosis bioflokulan 2 ml, 5 ml dan 9 ml
- Variasi II = Limbah 1000 ml + alum 15 ml + dosis bioflokulan 2 ml, 5 ml dan 9 ml
- Variasi III = Limbah 1000 ml +  $\text{CaCl}_2$  6 ml + dosis bioflokulan 2 ml, 5 ml dan 9 ml
- Variasi IV = Limbah 1000 ml + alum 15 ml +  $\text{CaCl}_2$  6 ml + dosis bioflokulan 2 ml, 5 ml dan 9 ml.

Hasil uji Duncan pada tabel 6.3 menunjukkan bahwa tidak seluruhnya terdapat perbedaan nyata dalam perubahan konsentrasi COD. Pada variasi koagulan II (variasi limbah + alum + bioflokulan) dan variasi koagulan III (variasi limbah +  $\text{CaCl}_2$  + bioflokulan) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang tidak nyata dalam perubahan konsentrasi COD. Penurunan terendah terjadi pada variasi koagulan I (variasi limbah + bioflokulan) yaitu sebesar 31,6133 %. Sedangkan penurunan konsentrasi COD tertinggi terjadi pada variasi koagulan IV (variasi limbah + alum +  $\text{CaCl}_2$  + bioflokulan) yaitu sebesar 46,6867 %.

#### 4.2.3.4. 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 6.4.

**Tabel 6.4. Korelasi antara Persentase Konsentrasi COD, Variasi Koagulan dan Variasi dosis Bioflokulan.**

Correlations				
		persentase COD rata-rata	variasi koagulan	variasi dosis bioflokulan
persentase COD rata-rata	Pearson Correlation	1	.867	.206
	Sig. (1-tailed)	.	.000	.260
	N	12	12	12
variasi koagulan	Pearson Correlation	.867	1	.000
	Sig. (1-tailed)	.000	.	.500
	N	12	12	12
variasi dosis bioflokulan	Pearson Correlation	.206	.000	1
	Sig. (1-tailed)	.260	.500	.
	N	12	12	12

Dari tabel 6.4. menunjukkan bahwa:

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

- Koefisien korelasi antar variabel persentase penyisihan COD dengan variasi koagulan adalah 0,867. 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 variatif dari variasi



koagulan yaitu variasi I (Limbah + bioflokulan), variasi II (Limbah + alum + bioflokulan), variasi III (Limbah +  $\text{CaCl}_2$  + bioflokulan), variasi IV (Limbah + alum +  $\text{CaCl}_2$  + bioflokulan), maka akan diikuti dengan penurunan konsentrasi COD yang tinggi. Tingkat signifikan COD dan variasi koagulan yang ditunjukkan dengan nilai 0,000 jauh lebih kecil dari 0,05 maka korelasinya nyata (signifikan).

- Koefisien korelasi antar variable persentase penyisihan COD dengan variasi dosis adalah 0.206. Hal ini menunjukkan bahwa adanya hubungan yang lemah karena memiliki nilai dibawah 0,5 (Yarnest,2004). Sedangkan tanda positif menyatakan hubungan searah yang berarti semakin tinggi dosis bioflokulan maka akan diikuti dengan penurunan konsentrasi COD yang tinggi. Tingkat signifikan COD dan variasi dosis bioflokulan yang ditunjukkan dengan nilai 0,260 jauh lebih besar dari 0,05 maka korelasinya lemah (tidak signifikan).

#### 4.2.3.5. Analisa Regresi

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

**Tabel 6.5. Hasil Uji Regresi ANOVA**

ANOVA<sup>b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	281.017	1	281.017	30.284	.000 <sup>a</sup>
	Residual	92.793	10	9.279		
	Total	373.810	11			

a. Predictors: (Constant), perlakuan

b. Dependent Variable: prosentaseCOD

Dari uji ANOVA atau F test, didapat F hitung adalah 30.284 dengan tingkat signifikan 0,000. Karena probabilitas 0,000 lebih kecil dari 0.05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksi konsentrasi COD.

**Tabel 6.6. Tabel persamaan Regresi**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	25.770	2.596		9.928	.000
	variasi koagulan	4.328	.755	.867	5.734	.000
	variasi dosis bioflokulan	.401	.294	.206	1.362	.206

a. Dependent Variable: persentase COD rata-rata

**Tabel 6.7. Tabel Persamaan R square**

Model Summary <sup>b</sup>				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.891 <sup>a</sup>	.794	.748	2.92364

a. Predictors: (Constant), variasi dosis bioflokulan, variasi koagulan

b. Dependent Variable: persentase COD rata-rata

Dari tabel 6.6 dan 6.7 di atas dapat kita ketahui:

1. Persamaan regresi

$$Y = 25.770 + 4.328 X_1 + 0.401 X_2$$

Dimana: Y = % penurunan konsentrasi COD

$X_1$  = variasi koagulan

$X_2$  = variasi dosis bioflokulan

Berdasarkan hasil analisa statistik, nilai R sebesar 0.891 menunjukkan hubungan yang kuat antar variabel konsentrasi akhir COD dengan variasi koagulan serta dosis bioflokulan karena mendekati 1 (Yarnest, 2004). Sedangkan nilai R square ( $r^2$ ) sebesar 0.794 bisa disebut koefisien determinasi yang dalam hal ini berarti 79,4 % penyisihan konsentrasi COD dipengaruhi oleh variabel koagulan dan dosis. Berdasarkan nilai R dan R square tersebut maka model persamaan regresi di atas dapat diterima.

Koefisien regresi untuk variasi koagulan sebesar 4.328 menyatakan bahwa setiap penambahan variasi koagulan akan meningkatkan % penyisihan konsentrasi COD sebesar 4.328 % dan koefisien regresi untuk

variasi dosis bioflokulan sebesar 0.401 menyatakan bahwa setiap penambahan dosis bioflokulan akan meningkatkan % penyisihan konsentrasi COD sebesar 0.401 %.

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

Hipotesa:

$H_0$  = koefisien regresi tidak signifikan.

$H_1$  = koefisien regresi signifikan.

Keputusan:

a. Dasar pengambilan keputusan:

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 dari tabel 6.6 diatas untuk variabel koagulan terlihat bahwa t hitung adalah 5.734 dan statistik tabel yang didapat adalah 2,262. Karena statistik t hitung > t tabel maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima atau koefisien regresi signifikan atau variasi koagulan benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi COD. Sedangkan untuk variabel dosis bioflokulan terlihat bahwa t hitung adalah 1.362 dan statistik tabel yang didapat adalah 2,262. Karena statistik t hitung < t tabel maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak artinya koefisien regresi tidak signifikan atau variasi dosis bioflokulan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi COD.

b. Berdasarkan probabilitas

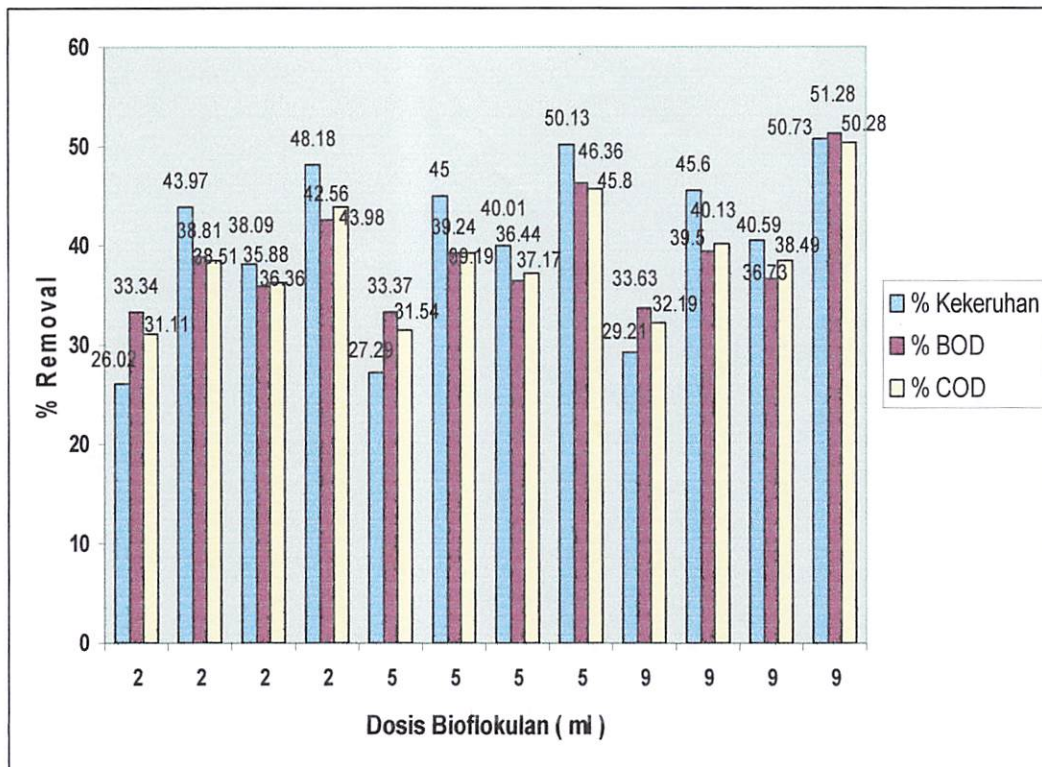
- Jika probabilitas > 0.05 maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak
- Jika probabilitas < 0.05 maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima

Keputusan:

Terlihat bahwa pada kolom signifikan (*significance*) untuk variabel koagulan adalah 0.000 atau probabilitas lebih kecil dari 0.05. Sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima atau koefisien regresi signifikan atau variasi koagulan benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi COD. Sedangkan untuk variabel dosis bioflokulan adalah 0,206 atau probabilitas lebih besar dari 0,05.

Sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak artinya koefisien regresi tidak signifikan atau variasi dosis bioflokulan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi COD.

Diantara ketiga parameter yang diuji, persentase penyisihan tertinggi terjadi pada kekeruhan jika dibandingkan pada BOD dan COD. Hal ini disebabkan oleh adanya proses – proses mikrobiologis yang kurang dapat diatur oleh manusia, serta kesulitan pada analisa zat oksigen yang terlarut dalam sampel (G. Alaerts dan Sri Sumestri). Seperti yang terlihat pada gambar 4.4 dibawah ini :



**Gambar 4.4. Grafik Hubungan Antara Dosis Bioflokulan Dan % Removal Terhadap Parameter yang Diuji.**

Dari kombinasi penggunaan limbah dan bioflokulan pada variasi I terlihat bahwa tingkat penurunan kekeruhan yang tidak begitu besar, kemungkinan disebabkan oleh variasi koagulan hanya terdiri atas bioflokulan saja untuk mengkoagulasi partikel koloid, sehingga kurang optimal dalam membentuk agregat dan tidak terendapkan dengan sempurna (Faizah Hamzah, 2000).

Tingginya persentase penyisihan BOD<sub>5</sub> jika dibandingkan dengan kekeruhan dan COD yang terjadi pada variasi I dapat disebabkan karena terjadi proses pengolahan limbah secara biologis, dimana aktivitas *Bacillus Subtilis* sebagai bioflokulan dapat menguraikan zat organik secara biologis didalam limbah cair tapioka dan kemudian diuraikan menjadi sumber karbondioksida dan amonia (Anonimus, 1980).

Redahnya persentase penyisihan COD dibandingkan dengan BOD<sub>5</sub> kemungkinan disebabkan karena adanya pemberian bioflokulan pada limbah tidak mampu membentuk agregat dan tidak terendapkan serta adanya kandungan CN<sup>-</sup> dalam limbah cair tapioka yang dapat menyebabkan tingginya nilai COD (Totok S dan Eni suciastuti, 1987).

Pada variasi II (Limbah + Alum + Bioflokulan) dengan dosis bioflokulan 2 ml, 5 ml dan 9 ml didapatkan bahwa persentase penyisihan tertinggi berada pada persentase kekeruhan sedangkan persentase BOD<sub>5</sub> dan persentase COD lebih rendah. Tingginya persentase penyisihan kekeruhan pada variasi II disebabkan karena terjadi pengolahan limbah secara kimia - fisik. Koagulan alum yang dipakai terbukti stabil dan dapat menghilangkan padatan tersuspensi. Alum didalam air akan terionisasi menghasilkan kation dan anion bervalensi tinggi, ion ini akan bereaksi dengan ion hidroksil menghasilkan koloid hidroksida yang bermuatan positif. Kemudian koloid ini akan menangkap koloid yang bermuatan negatif, sehingga terjadi koagulasi. Daya tarik elektrostatis kedua partikel yang bergabung akan dipengaruhi oleh gaya gravitasi sehingga mengendap dan akhirnya diperoleh cairan bening pada bagian atas.(Faizah Hamzah, 2000)

Kombinasi alum dan bioflokulan pada limbah cair tapioka mampu membentuk agregat dan mengendapkan partikel koloid. Rendahnya persentase penyisihan BOD<sub>5</sub> dan penyisihan COD pada variasi II disebabkan karena dalam limbah cair tapioka terjadi pengolahan limbah secara kimia - fisik, dimana penambahan alum justru meningkatkan kandungan bahan – bahan organik kedalam limbah cair tapioka yang dapat meningkatkan nilai BOD<sub>5</sub> dan COD sehingga bioflokulan bakteri *Bacillus Subtilis* tidak mampu membentuk agregat dalam mengolah limbah (Weber, 1972 dalam Faizah Hamzah, 2000).

Pada variasi III (limbah +  $\text{CaCl}_2$  + bioflokulan) dengan dosis bioflokulan 2 ml, 5 ml, dan 9 ml terlihat bahwa persentase penyisihan kekeruhan paling tinggi jika dibandingkan dengan persentase penyisihan  $\text{BOD}_5$  dan penyisihan COD. Hal ini disebabkan pada variasi III terjadi pengolahan limbah secara kimia – fisik. Saat  $\text{CaCl}_2$  digunakan sebagai koagulan dalam limbah cair tapioka, maka terjadi oksidasi  $\text{Cl}^-$  yang kemudian terbentuk flok oleh partikel koloid yang terdapat dalam limbah sehingga terjadi endapan. Sedangkan reaksi dari  $\text{Cl}^-$  yang dikombinasikan dengan bioflokulan pada limbah cair tapioka menyebabkan peningkatan kebutuhan oksigen terlarut (Weber, 1972 dalam Faizah Hamzah, 2000). Hal ini yang kemudian menyebabkan rendahnya persentase penyisihan  $\text{BOD}_5$  dan COD. Karena kombinasi  $\text{CaCl}_2$  dan bioflokulan pada limbah cair tapioka tidak mampu membentuk agregat dengan baik sehingga penambahan  $\text{CaCl}_2$  dan bioflokulan saja justru meningkatkan kandungan bahan – bahan organik kedalam limbah cair tapioka yang berakibat pada peningkatan nilai  $\text{BOD}_5$ .

Dari gambar 4.4 diatas terlihat bahwa pada variasi IV (limbah + alum +  $\text{CaCl}_2$  + bioflokulan) dengan dosis bioflokulan 2 ml dan 5 ml persentase penyisihan paling tinggi pada kekeruhan dibandingkan dengan  $\text{BOD}_5$  dan COD yang masih rendah. Hal ini disebabkan karena banyaknya kation  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  yang dapat menetralkan muatan negatif partikel koloid yang kemudian menyebabkan terjadi proses pengendapan flok dan mengurangi tingkat kekeruhan pada air limbah. Sedangkan pada variasi IV dengan dosis bioflokulan 9 ml terlihat bahwa penurunan persentase kekeruhan, persentase  $\text{BOD}_5$ , dan persentase COD memberikan hasil persentase kekeruhan sebesar 50,73 %, persentase  $\text{BOD}_5$  sebesar 51,28 %, dan persentase COD sebesar 50,28 %. Hasil persentase penurunan yang tidak berbeda jauh ini disebabkan alum dan  $\text{CaCl}_2$  sebagai koagulan mempunyai kemampuan hampir sama bila dikombinasikan bersama – sama dengan bioflokulan. (Faizah Hamzah, 2000).

### 4.3. PEMBAHASAN

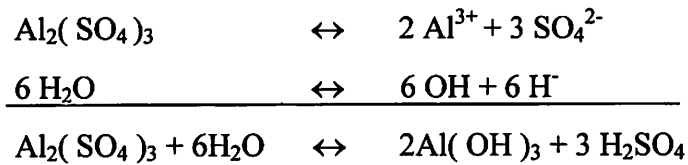
#### 4.3.1. KEKERUHAN.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi awal kekeruhan dari limbah cair tapioka adalah 157.98 mg/l, setelah dilakukan proses pengolahan secara bioflokulasi dengan variasi dosis bioflokulan dan variasi koagulan telah terbukti dapat menurunkan persentase kekeruhan pada limbah cair tapioka secara berkala seiring dengan variatifnya koagulan dan semakin tingginya variasi dosis bioflokulan yang diberikan.

Pada gambar grafik 4.1 menunjukkan persentase penyisihan kekeruhan yang paling rendah adalah pada variasi limbah dengan dosis bioflokulan 2 ml dengan penurunan 31,11 % dan persentase penyisihan yang paling tinggi adalah pada variasi limbah + alum +  $\text{CaCl}_2$  dengan dosis bioflokulan 9 ml dengan penurunan 50,28 %. Hal ini membuktikan bahwa semakin bervariasinya koagulan dan semakin tinggi dosis bioflokulan, bahan padatan organik yang disisihkan akan semakin besar. Tingginya persentase penyisihan kekeruhan ini disebabkan karena banyaknya kation  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  yang dapat menetralsir muatan negatif partikel koloid, sedangkan alum dan  $\text{CaCl}_2$  sebagai koagulan mempunyai kemampuan hampir sama bila dikombinasikan bersama – sama dengan bioflokulan (Faizah Hamzah, 2000).

Jika dibandingkan antara kombinasi alum dan bioflokulan (variasi II) dengan kombinasi limbah dan alum saja sebesar 15 ml menunjukkan kombinasi limbah dan alum lebih besar rata – rata penurunannya jika dibandingkan dengan kombinasi alum dan bioflokulan (variasi III). Hal ini dapat disebabkan karena penentuan range dosis bioflokulan yang kurang tepat saat dikombinasikan dengan alum dalam menurunkan konsentrasi kekeruhan.

Pada saat alum digunakan sebagai koagulan, setelah ditambahkan kedalam medium dispersi, maka akan terionisasi menjadi  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$ . Ion  $\text{Al}^{3+}$  berikatan dengan OH dari  $\text{H}_2\text{O}$  dan menghasilkan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang berupa partikel bermuatan positif. Partikel ini akan menarik koloid - koloid yang bermuatan negatif (Faizah Hamzah, 2000). Reaksi koagulasi yang terjadi pada alum jika digunakan untuk proses flokulasi biomassa adalah sebagai berikut :



Sedangkan penambahan  $\text{CaCl}_2$  berperan sebagai ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan 2 buah  $\text{Cl}^-$  yang umumnya dapat bersifat sebagai suatu larutan dan pelarut karena merupakan gabungan 2 buah atom atau ion. Fungsi  $\text{CaCl}_2$  bila langsung direaksikan dengan limbah akan terjadi oksidasi  $\text{Cl}^-$  yang kemudian oleh partikel koloid membentuk flok sehingga terjadi endapan dalam limbah cair tapioka. Hal ini secara tidak langsung telah meningkatkan persentase penyisihan kekeruhan pada limbah. Bila  $\text{CaCl}_2$  dikombinasikan dengan bioflokulan dan alum akan semakin menegaskan fungsi koagulan dalam proses flokulasi dan koagulasi.

Semakin besar dosis bioflokulan yang digunakan maka akan semakin besar pula penyisihan kekeruhannya, karena bioflokulan dapat memflokulasi zat padatan tersuspensi didalam limbah cair tapioka. Bioflokulan menghasilkan polimer yang mampu mendestabilisasi struktur mikroorganisme dan partikel koloid yang tersuspensi, polimer yang dihasilkan ini sangat efektif dalam menangani partikel koloid dan partikel organik yang terkandung di dalam limbah (Weber, 1972 dalam Faizah Hamzah, 2000).

Dari hasil analisa statistik uji korelasi, menunjukkan hubungan variasi koagulan terhadap persentase penyisihan kekeruhan adalah kuat. Arah hubungan ditunjukkan dengan tanda positif yang berarti bahwa semakin banyak jenis variasi koagulan maka akan diikuti dengan penurunan konsentrasi kekeruhan yang tinggi. Sedangkan untuk hubungan persentase penyisihan kekeruhan dengan variasi dosis bioflokulan yang digunakan dalam penelitian ini (2 ml, 5 ml dan 9 ml) menunjukkan korelasi yang tidak signifikan secara statistik namun berpengaruh secara positif terhadap persentase penyisihan kekeruhan.

Hal ini kemungkinan dapat disebabkan oleh faktor – faktor lain seperti waktu pengadukan yang kurang terkontrol dimana lama pengadukan yang dipakai (20 menit) juga memiliki pengaruh pada proses ini. Karena pengadukan cepat (*flash mixing*) diperlukan untuk mendistribusikan koagulan secara merata dalam air limbah, sehingga terbentuk flok-flok (Yuliasuti, 2000 dalam Lukmila A.,



2005). Aktivitas alum dan  $\text{CaCl}_2$  juga merupakan faktor dengan pengaruh cukup kuat dalam penurunan konsentrasi kekeruhan. Beberapa faktor diatas tentu saja dapat mempengaruhi angka statistik yang dihasilkan saat analisa dan mempengaruhi nilai uji korelasi.

Sedangkan dari analisa Anova dan uji Duncan diketahui bahwa dari keempat variasi koagulan menunjukkan hasil persentase penyisihan kekeruhan yang berbeda nyata dan ditandai dengan letaknya keempat variasi koagulan yang berbeda subset. Hal ini menunjukkan bahwa setiap variasi koagulan tidak saling mempengaruhi variasi koagulan yang lainnya.

Dari hasil uji regresi, menunjukkan hubungan yang kuat antar variabel persentase penyisihan kekeruhan dengan variasi koagulan serta variasi dosis bioflokulan, dimana 69,4 % penyisihan kekeruhan dipengaruhi oleh variabel variasi koagulan dan variasi dosis bioflokulan. Sedangkan 30,6 % penyisihan konsentrasi kekeruhan dipengaruhi oleh faktor waktu pengadukan dan suhu yang kurang terkontrol.

#### 4.3.2. BOD<sub>5</sub>.

BOD<sub>5</sub> (*Biological Oxygen Demand*) menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk keperluan aktifitas mikroba dalam memecah zat organik secara biologis didalam limbah. Limbah industri tapioka banyak mengandung bahan – bahan organik terutama pati yang menyebabkan nilai BOD<sub>5</sub>-nya tinggi.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi awal BOD<sub>5</sub> dari limbah cair tapioka adalah 3569,99 mg/l, setelah dilakukan proses pengolahan secara bioflokulasi dengan penambahan dosis bioflokulan dan variasi koagulan telah terbukti dapat menurunkan konsentrasi BOD<sub>5</sub> pada limbah cair tapioka secara meningkat seiring dengan bervariasinya koagulan dan semakin tingginya variasi dosis bioflokulan yang diberikan.

Pada gambar grafik 4.2 menunjukkan persentase penyisihan BOD<sub>5</sub> yang paling rendah adalah pada variasi I (limbah + bioflokulan) dengan dosis bioflokulan 2 ml yaitu 33,34 % dan persentase penyisihan yang paling tinggi adalah pada variasi IV (limbah + alum +  $\text{CaCl}_2$ ) dengan dosis bioflokulan 9 ml yaitu 51.28 %. Hal ini membuktikan bahwa semakin bervariasinya koagulan dan

semakin tinggi variasi dosis bioflokulan, bahan padatan organik yang disisihkan akan semakin besar. Tingginya efektifitas penyisihan BOD<sub>5</sub> dan COD ini disebabkan karena kombinasi alum + CaCl<sub>2</sub> + bioflokulan yang ditambahkan kedalam limbah cair tapioka mampu membentuk agregat yang dapat mengikat partikel koloid, sehingga penambahan alum + CaCl<sub>2</sub> + bioflokulan justru menurunkan kandungan bahan – bahan organik ke dalam limbah cair tapioka yang berakibat pada peningkatan nilai removal BOD<sub>5</sub> dan COD.

Dari hasil analisa statistik uji korelasi, menunjukkan hubungan variasi koagulan terhadap persentase penyisihan BOD<sub>5</sub> adalah kuat. Arah hubungan ditunjukkan dengan tanda positif yang berarti bahwa semakin banyak jenis variasi koagulan maka akan diikuti dengan penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub> yang tinggi. Sedangkan untuk hubungan persentase penyisihan BOD<sub>5</sub> dengan variasi dosis bioflokulan yang digunakan dalam penelitian ini (2 ml, 5 ml dan 9 ml) menunjukkan korelasi yang tidak signifikan secara statistik namun berpengaruh secara positif terhadap persentase penyisihan BOD<sub>5</sub>.

Hal ini dapat disebabkan oleh faktor waktu pengadukan yang kurang terkontrol dimana lama pengadukan yang dipakai (20 menit) juga memiliki pengaruh pada proses ini. Karena pengadukan cepat (*flash mixing*) diperlukan untuk mendistribusikan koagulan secara merata dalam air limbah. Aktivitas CaCl<sub>2</sub> juga merupakan faktor dengan pengaruh cukup kuat dalam penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub>. Beberapa faktor diatas tentu saja dapat mempengaruhi angka statistik yang dihasilkan saat analisa dan mempengaruhi nilai uji korelasi. Bioflokulan merupakan faktor pendukung lain yang memiliki pengaruh cukup kuat dalam penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub>.

Sedangkan dari analisa Anova dan uji Duncan diketahui bahwa dari keempat variasi koagulan tidak semuanya terdapat perbedaan yang nyata dalam perubahan persentase penyisihan BOD<sub>5</sub> dan ditandai dengan letak variasi koagulan II dan variasi koagulan III yang berada pada satu subset. Hal ini kemungkinan menyatakan bahwa dalam penurunan persentase BOD<sub>5</sub> kedua variasi ini saling mempengaruhi sedangkan variasi koagulan I dan variasi koagulan IV tidak saling mempengaruhi antar variasinya.

Dari hasil uji regresi, menunjukkan hubungan yang kuat antar variabel persentase penyisihan BOD<sub>5</sub> dengan variasi koagulan serta variasi dosis bioflokulan, dimana 66,2 % penyisihan BOD<sub>5</sub> dipengaruhi oleh variabel variasi koagulan dan variasi dosis bioflokulan. Sedangkan 34,8 % penyisihan konsentrasi BOD<sub>5</sub> dipengaruhi oleh faktor waktu pengadukan dan suhu yang kurang terkontrol.

#### 4.3.3. COD.

COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan nilai oksigen yang dibutuhkan untuk oksidasi seluruh materi, baik organik maupun anorganik, sehingga COD merupakan indikator yang sangat penting untuk menentukan tingkat pencemaran limbah cair.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi awal COD dari limbah cair tapioka adalah 3863,99 mg/l, setelah dilakukan proses pengolahan secara bioflokulasi dengan variasi dosis bioflokulan (2ml, 5ml, 9 ml) dan variasi koagulan (limbah, limbah + alum, limbah + CaCl<sub>2</sub>, limbah + alum + CaCl<sub>2</sub>) telah terbukti dapat menurunkan konsentrasi COD pada limbah cair tapioka secara meningkat seiring dengan bervariasinya koagulan dan semakin tingginya variasi dosis bioflokulan yang diberikan.

Pada gambar grafik 6.2 menunjukkan persentase penyisihan COD yang paling rendah adalah pada variasi I (limbah + bioflokulan) dengan dosis bioflokulan 2 ml yaitu 31,11 % dan persentase penyisihan yang paling tinggi adalah pada variasi IV (limbah + alum + CaCl<sub>2</sub>) dengan dosis bioflokulan 9 ml yaitu 50,28 %. Hal ini membuktikan bahwa semakin bervariasinya koagulan dan semakin tingginya variasi dosis bioflokulan, bahan padatan organik yang disisihkan akan semakin besar. Tingkat penurunan COD yang tidak begitu besar, kemungkinan disebabkan adanya pemberian bioflokulan, CaCl<sub>2</sub>, dan alum yang tidak mampu membentuk agregat dan tidak terendapkan. Ketiga bahan kimia tersebut akhirnya dapat meningkatkan nilai COD limbah cair tapioka. Kandungan CN<sup>-</sup> dalam limbah cair tapioka dapat juga menyebabkan tingginya nilai COD (Totok Sutrisno dan Eni suciastuti, 1987).

Dari hasil analisa statistik uji korelasi, menunjukkan hubungan variasi koagulan terhadap persentase penyisihan COD adalah kuat. Arah hubungan ditunjukkan dengan tanda positif yang berarti bahwa semakin banyak jenis variasi koagulan maka akan diikuti dengan penurunan konsentrasi COD yang tinggi. Sedangkan untuk hubungan persentase penyisihan COD dengan variasi dosis bioflokulan yang digunakan dalam penelitian ini (2 ml, 5 ml dan 9 ml) menunjukkan korelasi yang tidak signifikan secara statistik namun berpengaruh secara positif terhadap persentase penyisihan COD.

Hal ini kemungkinan dapat disebabkan oleh faktor waktu pengadukan yang kurang terkontrol dimana lama pengadukan yang dipakai (20 menit) juga memiliki pengaruh pada proses ini. Karena pengadukan cepat (*flash mixing*) diperlukan untuk mendistribusikan koagulan secara merata dalam air limbah. Aktivitas  $\text{CaCl}_2$  juga merupakan faktor dengan pengaruh cukup kuat dalam penurunan konsentrasi COD. Beberapa faktor diatas tentu saja dapat mempengaruhi angka statistik yang dihasilkan saat analisa dan mempengaruhi nilai uji korelasi. Bioflokulan merupakan faktor pendukung lain yang memiliki pengaruh cukup kuat dalam penurunan konsentrasi COD.

Sedangkan dari analisa Anova dan uji Duncan diketahui bahwa dari keempat variasi koagulan tidak semuanya terdapat perbedaan yang nyata dalam perubahan persentase penyisihan COD dan ditandai dengan letak variasi koagulan II dan variasi koagulan III yang berada pada satu subset. Hal ini menyatakan bahwa dalam penurunan persentase COD kedua variasi ini saling mempengaruhi sedangkan variasi koagulan I dan variasi koagulan IV tidak saling mempengaruhi antar variasinya.

Dari hasil uji regresi, menunjukkan hubungan yang kuat antar variabel persentase penyisihan COD dengan variasi koagulan serta variasi dosis bioflokulan, dimana 79,4 % penyisihan COD dipengaruhi oleh variabel variasi koagulan dan variasi dosis bioflokulan. Sedangkan 21,6 % penyisihan konsentrasi COD dipengaruhi oleh faktor waktu pengadukan dan suhu yang kurang terkontrol.

#### 4.4. Hasil Analisa berdasarkan Mini Tab.

Mini Tab merupakan salah satu software yang digunakan untuk analisa statistik. Tujuan dari penggunaan software tersebut pada penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor yang lebih berpengaruh antara bioflokulan, alum dan  $\text{CaCl}_2$  dalam menurunkan kekeruhan,  $\text{BOD}_5$  dan COD.

#### 4.4.1 Uji Pengaruh Dosis Bioflokulan terhadap % removal kekeruhan, $\text{BOD}_5$ dan COD

##### Bioflokulan

Welcome to MinitabRetrieving project from file:

##### Best Subsets Regression: % Kekeruhan versus dosis bioflokulan

Response is % kekeruhan

Vars	R-Sq	R-Sq(adj)	Mallows C-p	S	C
1	99.9	99.8	2.0	0.079048	X

##### Variance Components

Source	Var Comp.	% of Total	StDev
Dosis bioflokulan	2.579	100.00	1.606
Total	2.579		1.606

##### Expected Mean Squares

1 dosis bioflokulan 1.00(1)

##### Correlations: dosis bioflokulan, % kekeruhan

Pearson correlation of dosis bioflokulan and % kekeruhan = 0.999  
P-Value = 0.022

##### Regression Analysis: % kekeruhan versus dosis bioflokulan

The regression equation is  
% kekeruhan = 25.1 + 0.457 dosis bioflokulan

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	25.0692	0.0964	260.12	0.002
Dosis bioflokulan	0.45703	0.01592	28.71	0.022

S = 0.0790484 R-Sq = 99.9% R-Sq(adj) = 99.8%

PRESS = 0.0897145 R-Sq(pred) = 98.26%

#### Analysis of Variance

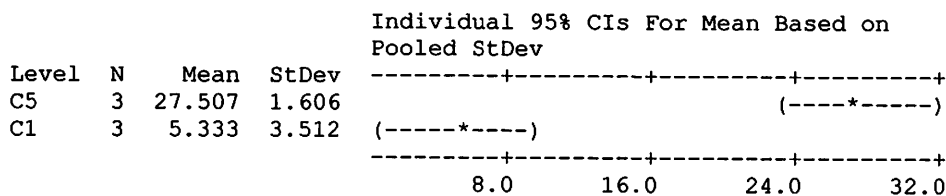
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	5.1522	5.1522	824.53	0.022
Residual Error	1	0.0062	0.0062		
Total	2	5.1585			

Durbin-Watson statistic = 2.98649

#### One-way ANOVA: C5, C1

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	737.49	737.49	98.91	0.001
Error	4	29.83	7.46		
Total	5	767.31			

S = 2.731 R-Sq = 96.11% R-Sq(adj) = 95.14%



Pooled StDev = 2.731

**C5 = % Kekeruhan**

**C1 = bioflokulan**

#### 4.4.2 Uji Pengaruh Dosis Alum terhadap % removal kekeruhan, BOD<sub>5</sub> dan COD

##### Alum

##### Best Subsets Regression: % kekeruhan versus dosis alum

Response is % kekeruhan

Vars	R-Sq	R-Sq(adj)	Mallows C-p	S	C
1	95.9	91.8	2.0	5.2266	X

##### Variance Components

Source	Var Comp.	% of Total	StDev
Dosis alum	332.092	100.00	18.223
Total	332.092		18.223

Expected Mean Squares

1 dosis alum 1.00(1)

### Correlations: dosis alum, % kekeruhan

Pearson correlation of dosis alum and % kekeruhan = 0.979  
P-Value = 0.130

### Regression Analysis: C5 versus C1

The regression equation is  
% kekeruhan = 18.7 + 2.47 dosis alum

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	18.694	4.688	3.99	0.156
Dosis alum	2.4746	0.5125	4.83	0.130

S = 5.22659 R-Sq = 95.9% R-Sq(adj) = 91.8%

PRESS = 661.401 R-Sq(pred) = 0.42%

#### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	636.87	636.87	23.31	0.130
Residual Error	1	27.32	27.32		
Total	2	664.18			

Durbin-Watson statistic = 2.88462

### One-way ANOVA: % kekeruhan, dosis alum

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	1263	1263	6.58	0.062
Error	4	768	192		
Total	5	2031			

S = 13.86 R-Sq = 62.18% R-Sq(adj) = 52.72%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
C5	3	36.02	18.22
C1	3	7.00	7.21

Pooled StDev = 13.86

C5= % kekeruhan

C1= Alum

### 4.4.3 Uji Pengaruh Dosis $\text{CaCl}_2$ terhadap % removal kekeruhan, $\text{BOD}_5$ dan COD

#### $\text{CaCl}_2$

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Retrieving project from file: 'D:\statistica\Data\cacl2.MPJ'

#### Best Subsets Regression: % kekeruhan versus dosis $\text{CaCl}_2$

Response is % kekeruhan

Vars	R-Sq	R-Sq(adj)	Mallows C-p	S	C
1	80.7	61.3	2.0	13.628	X

#### Variance Components

Source	Var Comp.	% of Total	StDev
Dosis $\text{CaCl}_2$	480.345	100.00	21.917
Total	480.345		21.917

#### Expected Mean Squares

1 dosis  $\text{CaCl}_2$  1.00(1)

#### Correlations: dosis $\text{CaCl}_2$ , % kekeruhan

Pearson correlation of dosis  $\text{CaCl}_2$  and % kekeruhan = 0.898

P-Value = 0.290

#### Regression Analysis: % kekeruhan versus dosis $\text{CaCl}_2$

The regression equation is

% kekeruhan = 16.5 + 7.82 dosis  $\text{CaCl}_2$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	16.47	14.99	1.10	0.470
Dosis $\text{CaCl}_2$	7.822	3.829	2.04	0.290

S = 13.6282 R-Sq = 80.7% R-Sq(adj) = 61.3%

PRESS = 2830.91 R-Sq(pred) = 0.00%

#### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	775.0	775.0	4.17	0.290
Residual Error	1	185.7	185.7		
Total	2	960.7			

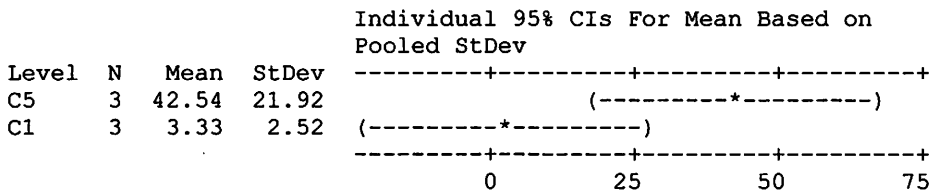
Durbin-Watson statistic = 2.97368



### One-way ANOVA: % kekeruhan, dosis CaCl<sub>2</sub>

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	2306	2306	9.48	0.037
Error	4	973	243		
Total	5	3279			

S = 15.60    R-Sq = 70.32%    R-Sq(adj) = 62.90%



Pooled StDev = 15.60

C5 = % kekeruhan  
C1 = dosis CaCl<sub>2</sub>

### 4.5 Pembahasan Uji Pengaruh Dosis bioflokulan, alum dan CaCl<sub>2</sub> terhadap % removal kekeruhan, BOD<sub>5</sub> dan COD

Didapatkan R Sq untuk dosis bioflokulan = 99,9 % sedangkan untuk alum = 95,9 % dan CaCl<sub>2</sub> = 80,7 %. Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan hampir 99,9 % persentase removal kekeruhan sangat dipengaruhi oleh dosis bioflokulan ditambah lagi dengan nilai F hitung terbesar terdapat pada dosis bioflokulan = 824,53 dengan pearsson correlation antara dosis bioflokulan dengan % removal kekeruhan = 0,999 yang lebih besar dibandingkan dengan alum = 0,979 dan CaCl<sub>2</sub> = 0,898

Berdasarkan uji asumsi yang mendekati keakuratan 95 % menunjukkan perbandingan yang terbaik terdapat pada dosis bioflokulan dengan nilai pooled standard deviation terkecil = 2,731 setelah dibandingkan dengan kedua dosis lainnya

Dari beberapa hasil uji diatas dapat disimpulkan bahwa dosis bioflokulan adalah faktor yang paling berperan dalam proses bioflokulasi ini.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap limbah cair industri tapioka dengan variasi koagulan dan variasi dosis bioflokulan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Besar kemampuan dari bakteri *Bacillus Subtilis* sebagai bioflokulan tergantung pada penentuan range dosis dari bioflokulan. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi limbah dan bioflokulan dari *Bacillus Subtilis* (variasi I) dengan variasi dosis 9 ml mampu menurunkan kadar kekeruhan sebesar 29,21 %, kadar BOD<sub>5</sub> sebesar 33,63 % dan kadar COD sebesar 32,19 % pada limbah cair industri tapioka.
2. Bakteri *Bacillus Subtilis* sebagai bioflokulan yang divariasikan dengan alum dan CaCl<sub>2</sub> yang optimum sebagai parameter produktifitas bioflokulan mampu menurunkan konsentrasi kekeruhan sampai 50,73 %, konsentrasi BOD<sub>5</sub> sampai 51,28 % dan konsentrasi COD sampai 50,28 %. Variasi alum + CaCl<sub>2</sub> (variasi IV) dengan dosis bioflokulan 9 ml merupakan variasi koagulan dan dosis bioflokulan yang efektif dalam menurunkan kekeruhan, BOD<sub>5</sub> dan COD.

#### **5.2. Saran**

Dari hasil penelitian terdapat beberapa hal yang disarankan apabila akan dilakukan penelitian lebih lanjut, yaitu :

1. Perlu dilakukan uji coba teknik bioflokulasi dengan alternatif mikroorganisme lain sebagai suatu inovasi penanganan limbah cair tapioka untuk mengolah limbah cair industri lain.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan dosis bioflokulan yang optimal dalam menurunkan konsentrasi kekeruhan, BOD<sub>5</sub> dan COD.

## DAFTAR PUSTAKA

- A.Slamet, A. Masduqi, 2000. *"Satuan Proses Teknik Lingkungan"*, ITS Surabaya 2004.
- A.Gomez, 1995. *"Prosedur Statistik Untuk Penelitian Pertanian"*, U I. JKT 2004.
- Anonim. *"The Utility Of Bacillus Subtilis As A Bioflocculant For Fine Coa"*. Jepang 2003. [www.elsevier.com/locate/colsurfb](http://www.elsevier.com/locate/colsurfb) ( dikunjungi pada tanggal 6 Oktober 2005 )
- Anonim. *" Tutorial Software MiniTab ( Other Statistics Programe )"*
- Bapedal, 1996. *"Himpunan Peraturan Tentang Pengendalian Dampak Lingkungan"*. Jakarta.
- Bapedal, 1996. *"Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Tapioka Di Indonesia"*. Jakarta
- D. Dwidjoseputro, 2003. *"Dasar – Dasar Mikrobiologi"*. Malang.
- Faizah Hamzah, 2000. *"Teknik Bioflokulasi Alcaligenes Latus Pada Industri Tepung Ubi Kayu Untuk Mengurangi Pencemaran Lingkungan"*. IPB, Bogor.
- G. Alaerts dan Sri Sumestri .S, 1984. *"Metode Penelitian Air"*. U.N Surabaya.
- Keenan, Kleinfelter, Wood A, 1992. *"Kimia Universitas"* Erlangga, Jakarta
- Mackenzie L. D & D. A. Cornwell, 1991. *Environmetal Engineering*. New York.
- Metcalf & Eddy, 1978. *Wastewater Engineering Treatment – Disposal – Reuse*. Mc Graw – Hill. New York.
- Reynold, Tom D 1982. *"Unit Operation And Processes In Enviromental Engineering. Brooks / cole Engineering Devision"*, Monterey, California.
- Sawyer & Mc. Carty, 1978. *"Chemistry For Environment Engineering"*. New York.

Sugiarto, 1987. "*Pengolahan Buangan Industri*". Usaha Nasional Surabaya.

Totok Sutrisno dan Eni Suciastuti, 1987. "*Teknologi Penyediaan Air Bersih*". Jakarta.

Suriawiria, Unus 2003. "*Mikrobiologi Air*". PT. ALUMNI. Bandung.

Yarnest MM, 2004, "*Aplikasi Statistik*", Dioma Malang

# *LAMPIRAN*

## Lampiran 1 : Prosedur Analisis BOD<sub>5</sub> dan COD

### PROSEDUR PENENTUAN BOD<sub>5</sub>

BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan / mengoksidasikan semua bahan organik terlarut dan tersuspensi dalam air.

Reaksinya : Bahan Organik + O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O

Reaksi akan berlangsung sempurna ( 100 % ) selama 20 hari, 75 % selama 5 hari dan 50 % selama 2 hari. Bahan – bahan yang dapat mengganggu ketelitian hasil pengukuran BOD :

- a. Proses nitrifikasi pada hari ke 2 sampai hari ke 10. Dimana NH<sub>3</sub> dioksidasi oleh bakteri menjadi NO<sub>2</sub> dan NO<sub>3</sub><sup>+</sup>. Nitrifikasi membutuhkan oksigen sehingga nilai BOD<sub>5</sub> menjadi rendah.
- b. Bahan beracun yang menghambat aktifitas bakteri hingga nilai BOD menjadi tinggi.
- c. Mal nutrisi untuk bakteri pengoksidasi.  
Pada air biasa ( air sungai, buangan penduduk ) mengandung cukup banyak nutrisi namun pada air limbah industri kandungan hara nutrisi sangat terbatas.

#### Peralatan :

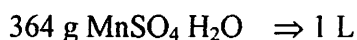
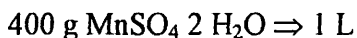
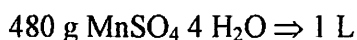
- Botol BOD dengan volume 300 ml
- Pipet 1 ml 4 buah
- Buret 50 ml
- Pipet tetes
- Incubator
- aerator

### Cara Kerja :

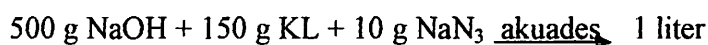
1. Buat air raksi dengan penambahan  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{MgSO}_4$ , buffer fosfat dan benih 1 cc sampai 5 cc perliter. Gelembungkan sampai jenuh sekitar 2 jam. Ini namanya air raksi.
2. ambil contoh dan masukkan ke dalam 2 botol BOD kalau perlu pengenceran di encerkan misalnya 100x pengenceran. Ambil contoh 8 cc masukkan ke dalam gelas piala 1000 cc dan tambahkan air raksi sampai 800 cc. contoh yang sudah diencerkan ini juga dimasukkan ke dalam 2 botol BOD.
3. satu botol dimasukkan kedalam incubator yang sudah diatur suhunya sekitar  $20^{\circ}\text{C}$  selama 5 hari. Satu botol lagi dititrasi langsung dengan penambahan 1 cc  $\text{MnSO}_4$  dan 1 cc alkali azida. Kocok dan biarkan selama 10 menit.
4. setelah itu ditambahkan 2 cc  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat. Kocok dan masukkan kedalam Erlenmeyer 500 cc, kemudian titrasi dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,025 N sampai warna kuning pucat dan masukkan 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  $\text{MnSO}_4$  dan 1 cc alkali azida. Kocok dan biarkan selama 10 menit.
6. setelah itu lakukan cara kerja no 4.

### Pembuatan Reagen :

$\text{MnSO}_4$



Alkali Azida



Rumus :

$$\text{ppm BOD} = \frac{(\text{DO awal S} - \text{DO incu S}) - (\text{DO awal BL} - \text{DO incu BL})}{\text{pengenceran}}$$

$$= \frac{(8-1)-(8-7)}{10 \times 0,1} = \frac{7-1}{0,1} = \frac{6 \times 0,96}{0,1} = 60 \text{ ppm}$$

$$N_{\text{thio}} = (A \times B) / C$$

Dimana = A = Volume larutan  $\text{IO}_3$  ( ml )

B = Normalitas larutan  $\text{IO}_3$

C = Volume thiosulfat ( ml )

$$\text{ppm DO} = \frac{(ml \times N_{\text{thio}}) \times 8000}{\text{volume lim bah}}$$

## PENENTUAN COD

COD adalah jumlah mg oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik dalam 1 liter air pada kondisi tertentu dengan menggunakan oksidator  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

### Bahan :

- Larutan 0,025 N  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- Larutan asam sulfat
- Larutan ferrous ammonium sulfat
- Indicator ferroin

### Cara Kerja :

1. 25 cc contoh air dimasukkan kedalam Erlenmeyer 250 cc dan ditambah 0,5 g  $\text{HgSO}_4$  kristal dan ditambah 5 cc  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat. Kocok dan dinginkan.
2. tambahkan 25 cc  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,25 N. pasang kondensor dan alirkan air pendingin. Tambahkan 32,5 cc  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat lewat kondensor. Jangan lupa memberi batu didih sebelum dipanaskan.



3. Panaskan selama 2 jam. Dinginkan dan tambahkan air sebanyak 25 cc, kocok dan tambahkan indikator Peroin 1 cc dan titrasi dengan larutan fas dan catat pemakaiannya.

**Pembuatan Reagen :**

Fas : 0,25 M atau 98 g Am Ferro Sulfat + 20 cc H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat. Jadikan 1000 cc.

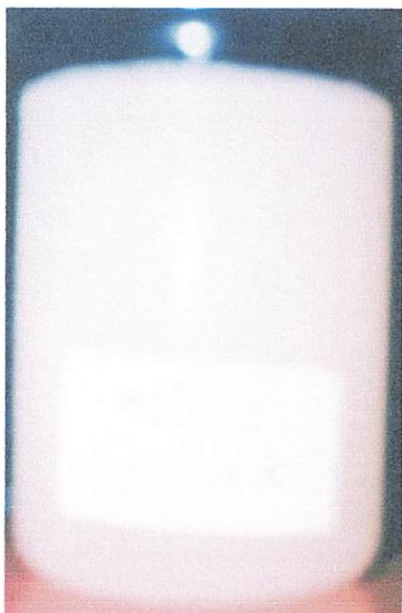
**Rumus :**

$$\begin{aligned} \text{ppm COD} &= (B - S) \times N \times \frac{8000}{V} \\ &= \frac{(26 - 24) \times 0,25 \times 8000}{25} \end{aligned}$$

**Lampira 2 : Dokumentasi Penelitian**



**BAKTERI BACILLUS SUBTILIS**



**LIMBAH CAIR INDUSTRI TAPIOKA**



**BIOFLOKULAN *BACILLUS SUBTILIS***



**LARUTAN ALUM**



**LIMBAH CAIR TAPIOKA SETELAH MELALUI PROSES  
BIOFLOKULASI**



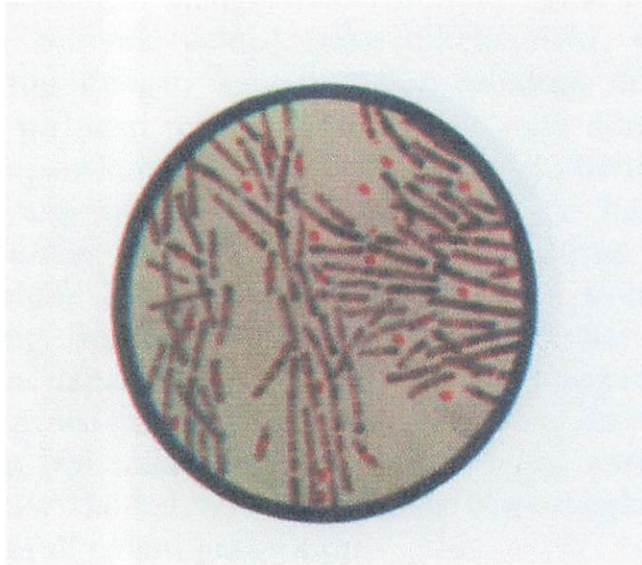
**INKUBATOR GOYANG**



**LARUTAN  $\text{CaCl}_2$**



**PROSES KOAGULASI FLOKULASI DENGAN VARIASI  
KOAGULAN DAN VARIASI DOSIS BIOFLOKULAN**



**SPORA PADA *BACILLUS SUBTILIS***

## **LAMPIRAN 3**

# **HASIL ANALISA DATA KONSENTRASI KEKERUHAN, BOD<sub>5</sub> DAN COD**



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

**LAPORAN HASIL PENELITIAN**

No: **M.108/RT.7/T1/R.O/TT.150803/2005**

Nama : Tri Nila Sarastuti  
Nim : 00.26.027  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
PTN / PTS : Institut Teknologi Nasional Malang  
Asal sampel : Limbah cair Tapioka

Data Hasil Analisa

Kode Sampel	Parameter	Kadar		Metode Analisa	
		Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
F1K1	Kekeruhan	129.28	NTU	-	Turbidimetri
F1K1	Kekeruhan	129.38	NTU	-	Turbidimetri
F1K1	Kekeruhan	128.95	NTU	-	Turbidimetri
F2K1	Kekeruhan	102.42	NTU	-	Turbidimetri
F2K1	Kekeruhan	102.38	NTU	-	Turbidimetri
F2K1	Kekeruhan	102.27	NTU	-	Turbidimetri
F3K1	Kekeruhan	79.19	NTU	-	Turbidimetri
F3K1	Kekeruhan	78.25	NTU	-	Turbidimetri
F3K1	Kekeruhan	78.22	NTU	-	Turbidimetri

- Catatan:
1. Hasil analisa ini adalah nilai rata-rata pengertuan analisis secara duplo
  2. Hasil analisis ini berlaku untuk sample yang kamu terima dengan kondisi sample saat itu.

Malang, 5 Oktober 2005

Mengetahui

Ka. Lab. Kimia Lingkungan

Ir. Bambang Ismuyanto, MS

NIP 131 616 317



Ketua

Rahman, S.Si, MSi

NIP. 132 158 726





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

## LAPORAN HASIL PENELITIAN

No: M.108/RT.7/TI/R.O/TT.150803/2005

Nama : Tri Nila Sarastuti  
Nim : 00.26.027  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
PTN / PTS : Institut Teknologi Nasional Malang  
Asal sampel : Limbah cair Tapioka

### Data Hasil Analisa

Kode Sampel	Parameter	Kadar		Metode Analisa	
		Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
C1D1	Kekeruhan	130.12	NTU	-	Turbidimetri
C1D1	Kekeruhan	130.08	NTU	-	Turbidimetri
C1D1	Kekeruhan	130.05	NTU	-	Turbidimetri
C2D1	Kekeruhan	89.52	NTU	-	Turbidimetri
C2D1	Kekeruhan	71.46	NTU	-	Turbidimetri
C2D1	Kekeruhan	71.32	NTU	-	Turbidimetri
C3D1	Kekeruhan	65.46	NTU	-	Turbidimetri
C3D1	Kekeruhan	64.38	NTU	-	Turbidimetri
C3D1	Kekeruhan	64.57	NTU	-	Turbidimetri

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

Malang, 5 Oktober 2005

Mengetahui

Ka.Lab. Kimia Lingkungan



Ketua

F.M.P. Farid Rahman. S.Si. MSi

NIP. 132 158 726

Ir. Bambang Ismuyanto. MS

NIP. 131 616 317



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

**LAPORAN HASIL PENELITIAN**

No: M.117/RT.7/TI/R.O/TT.150803/2005

Nama : Tri Nila Sarastuti  
Nim : 00.26.027  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
PTN / PTS : Institut Teknologi Nasional Malang  
Asal sampel : Limbah cair Tapioka

**Data Hasil Analisa**

Kode Sampel	Parameter	Kadar		Metode Analisis	
		Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
Blanko	Kekeruhan	157,98	NTU		Turbidimetri
	BOD	2569,99	ppm	MnSO <sub>2</sub> - Alkali Azida	Titration
	COD	3863,99	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
NIB1	Kekeruhan	116,85	NTU		Turbidimetri
	BOD	2379,92	ppm	MnSO <sub>4</sub> - Alkali Azida	Titration
	COD	2661,72	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
NIB1	Kekeruhan	110,78	NTU		Turbidimetri
	BOD	2379,92	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2661,98	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
NIB1	Kekeruhan	116,99	NTU		Turbidimetri
	BOD	2379,76	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2661,86	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
NIB2	Kekeruhan	114,82	NTU		Turbidimetri
	BOD	2378,70	ppm	MnSO <sub>4</sub> - Alkali Azida	Titration
	COD	2645,65	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
NIB2	Kekeruhan	114,82	NTU		Turbidimetri
	BOD	2378,92	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2643,79	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration



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

**LAPORAN HASIL PENELITIAN**

No: M.117/RT.7/TI/R.O/TT.150803/2005

Kode Sampel	Parameter	Kadar		Metode Analisis	
		Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
N1B2	Kekeruhan	114,95	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2378,82	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2645,96	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N1B5	Kekeruhan	111,73	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2378,82	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2620,85	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N1B5	Kekeruhan	111,85	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2369,46	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2619,87	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N1B3	Kekeruhan	111,95	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2370,27	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2619,77	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N2B1	Kekeruhan	88,98	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2184,56	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2375,95	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N2B1	Kekeruhan	88,98	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2184,44	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2375,95	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N2B1	Kekeruhan	88,87	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2184,31	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2375,92	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration



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

**LAPORAN HASIL PENELITIAN**

**No: M.117/RT.7/TI/R.O/TT.150803/2005**

Kode Sampel	Parameter	Kadar		Metode Analisis	
		Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
N2B2	Kekeruhan	86,79	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2169,14	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2349,83	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N2B2	Kekeruhan	86,87	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2169,21	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2349,83	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N2B2	Kekeruhan	86,99	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2169,38	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2349,95	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N2B3	Kekeruhan	85,86	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2159,82	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2313,82	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N2B3	Kekeruhan	85,97	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2159,97	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2312,99	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N2B3	Kekeruhan	85,97	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2160,03	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2313,78	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N3B1	Kekeruhan	97,69	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2289,15	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2447,85	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration



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

**LAPORAN HASIL PENELITIAN**

**No: M.117/RT.7/TU/R.O/TT.150803/2005**

Kode Sampel	Parameter	Kadar		Metode Analisis	
		Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
N3B1	Kekeruhan	97,78	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2288,38	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2447,85	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N3B1	Kekeruhan	97,95	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2289,26	ppm	MnSO <sub>4</sub> - Alkali Azida	Titration
	COD	2446,92	ppm	Ferosulfat - H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N3B2	Kekeruhan	94,79	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2268,82	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2427,89	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N3B2	Kekeruhan	94,78	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2269,12	ppm	MnSO <sub>4</sub> - Alkali Azida	Titration
	COD	2427,83	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N3B2	Kekeruhan	94,87	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2268,95	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2427,95	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N3B3	Kekeruhan	93,99	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2259,14	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2376,78	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N3B3	Kekeruhan	93,86	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2258,89	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2376,85	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration



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

**LAPORAN HASIL PENELITIAN**

No: M.117/RT.7/TUR.O/TT.150803/2005

Kode Sampel	Parameter	Kadar		Metode Analisis	
		Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
N3B3	Kekeruhan	93,75	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2258,77	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2376,97	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N4B1	Kekeruhan	80,73	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2050,77	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2164,78	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N4B1	Kekeruhan	80,85	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2050,81	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2164,62	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N4B1	Kekeruhan	80,98	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	2050,68	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2164,83	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N4B2	Kekeruhan	78,77	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	1914,49	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2094,45	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N4B2	Kekeruhan	78,67	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	1915,26	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2094,57	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N4B2	Kekeruhan	78,89	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	1915,38	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	2094,36	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration



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

**LAPORAN HASIL PENELITIAN**

No: M.117/RT.7/TI/R.O/TT.150803/2005

Kode Sampel	Parameter	Kadar		Metode Analisis	
		Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
N4B3	Kekeruhan	77.82	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	1738.31	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	1920.42	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N4B3	Kekeruhan	77.82	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	1739.55	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	1921.45	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration
N4B3	Kekeruhan	77.87	NTU	-	Turbidimetri
	BOD	1740.47	ppm	MnSO <sub>4</sub> + Alkali Azida	Titration
	COD	1921.56	ppm	Ferosulfat + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Titration

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

Malang, 5 November 2005

Mengetahui

Ka.Lab. Kimia Lingkungan



Ketua

Dr. Rahman, S.Si. MSi

NIP. 132 158 726

Ir. Bambang Ismuyanto.MS

NIP.131 616 317