

SKRIPSI

**PENGGUNAAN BENTONIT DAN DOLOMIT SEBAGAI MEDIA PADA
ROUGHING FILTER ALIRAN HORIZONTAL DALAM MENURUNKAN
KADAR BOD, SO₄, DAN TSS PADA LIMBAH TAHU**

Oleh :

TIMOTIUS HARU MBAHA

02.26.002



**MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2009**

СОВЕТ
НАУКИ
ИЗДАНИЕ СЕРИИ НАУКИ И ТЕХНИКИ
СЕРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ
ИЗДАНИЕ СЕРИИ НАУКИ И ТЕХНИКИ



ИЛИ МАТРИЦ
ДЕВЬЯТИНАВА
МИГІК

СОВЕТ
НАУКИ И ТЕХНИКИ
СЕРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

СЕРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ
ИЗДАНИЕ СЕРИИ НАУКИ И ТЕХНИКИ
ИЗДАНИЕ СЕРИИ НАУКИ И ТЕХНИКИ

СЕРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**


**PENGGUNAAN BENTONIT DAN DOLOMIT SEBAGAI
MEDIA PADA ROUGHING FILTER ALIRAN HORIZONTAL
DALAM MENURUNKAN KADAR BOD, SO₄ DAN TSS PADA
LIMBAH TAHU**

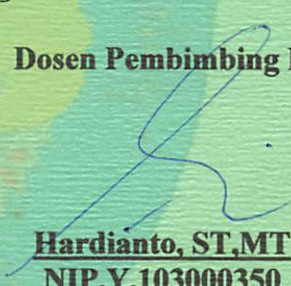
Oleh:
Timotius Haru Mbaha
02.26.002

**Menyetujui:
Tim Pembimbing**

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Candra Dwi Ratna, ST,MT
NIP.Y.103000349


Hardianto, ST,MT
NIP.Y.103000350

**Mengetahui:
Ketua Jurusan Teknik Lingkungan**


Sudiro, ST, MT
NIP.Y.1039900327



LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

PENGGUNAAN BENTONIT DAN DOLOMIT SEBAGAI MEDIA PADA ROUGHING FILTER ALIRAN HORIZONTAL DALAM MENURUNKAN KADAR BOD, SO₄ DAN TSS PADA LIMBAH TAHU

Oleh:
Timotius Haru Mbaha
02.26.002

Telah dipertahankan di hadapan 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 24 maret 2009.

Mengetahui:
Panitia Ujian Komprehensif Skripsi



Ketua

Ir. A. Agus Santosa, MT
NIP.Y.1018700155

Sekretaris

Sudiro, ST, MT
NIP.Y. 1039900327

Dewan Penguji:

Dosen Penguji I

Sudiro, ST, MT
NIP.Y.1039900327

Dosen Penguji II

Evy Hendriarianti, ST, M.MT
NIP.P. 1030300382

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas anugerah dan kasih sayang-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “ Penggunaan Bentonit dan Dolomit Sebagai Media Pada Roughing Filter Aliran Horizontal Dalam Menurunkan Kadar BOD, SO₄, dan TSS Pada Limbah Tahu”

Terselesainya penyusunan laporan skripsi ini tidak lepas dari peran serta semua pihak yang dengan tulus dan ikhlas membantu dalam memberikan semangat dan bimbingan dalam penyusunan laporan skripsi ini. Atas kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Mama tercinta & K'David, saya mengasihi kalian.
2. Bapak Heri & Mama Heri terima kasih buat didikannya yang disiplin.
3. PEMDA KAB.SUMBA BARAT atas kucuran dana selama proses belajar di ITN Malang
4. Bapak Sudiro,ST,MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan
5. Ibu Candra Dwi Ratna, ST,MT, selaku dosen pembimbing I, terima kasih atas kesediaan, kerelaan, ketulusan, keikhlasan-Nya selama membimbing saya dari proposal sampai dengan skripsi, saya mengasihi Ibu.
6. Bapak Hardianto,ST,MT, selaku dosen pembimbing II, thank's atas kemudahan dalam membimbing saya.
7. Ibu Evy Hendriarianti, ST, M.MT selaku dosen pembahas & penguji, terima kasih banyak, saya akan belajar berpikir sistimatis dalam pekerjaan.
8. Teman-teman angkatan 2001, 2002 & 2003 atas kerja samanya selama proses belajar di ITN Malang.

Penyusun menyadari bahwa laporan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan baik dalam segi format penyusunan, pengkajian, dan pembahasannya, namun terlepas dari kekurangan tersebut penyusun mengharapkan kritik yang bersifat konstruktif, demi penyusunan laporan skripsi yang lebih baik berikutnya.

Akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat digunakan seperlunya bagi teman-teman Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.

Malang, 24 Februari 2009

Penyusun

Haru Mbaha, Timotius.,Dwiratna, C., Hardianto.,2009., **Penggunaan Bentonit dan Dolomit sebagai Media pada Roughing Filter aliran Horizontal dalam Menurunkan Kadar BOD, SO₄, dan TSS pada Limbah Tahu.** Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAK

Industri tahu menghasilkan limbah cair yang cukup banyak, limbah yang dihasilkan berasal dari proses perendaman, pencucian, penyaringan, dan pengepresan atau pencetakan. Limbah industri tahu dengan kadar BOD, SO₄, dan TSS harus diolah terlebih dahulu sebelum masuk ke badan air atau lingkungan sekitarnya, sehingga memenuhi standart baku mutu limbah cair. Mengingat besarnya biaya pengolahan air limbah maka ditawarkan teknologi lingkungan tepat guna yang relatif murah, mudah dalam pengoperasian dan ramah lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bentonit dan dolomit sebagai media pada Roughing Filter aliran horizontal untuk menurunkan kadar BOD, SO₄, dan TSS pada limbah tahu dengan melakukan variasi komposisi media yaitu media dolomit 100 cm; media bentonit 50 cm : dolomit 50 cm; media bentonit 100 cm, dan waktu pengambilan sampel yaitu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi media bentonit dan dolomit sebagai media pada roughing filter aliran horizontal kurang signifikan dalam menurunkan konsentrasi BOD, SO₄ dan TSS pada limbah industri tahu. Persentase penurunan konsentrasi BOD tertinggi sebesar 75,895 % pada kombinasi media bentonit 50 cm : dolomit 50 cm; konsentrasi SO₄ tertinggi sebesar 63,416 %; dan konsentrasi TSS tertinggi sebesar 58,860 %, pada waktu operasional 30 menit.

Kata Kunci: Aliran horizontal, Bentonit, Dolomit, Roughing filter.

Haru Mbaha, Timotius., Dwi Ratna, Candra., Hardianto., 2009., **Usage of Bentonite and Dolomite as Media at Roughing Filter of Horizontal Stream in Concentrate decompose of BOD, SO₄ and TSS at Soybean Wastewater.** Report of Environmental Engineering Department of National Institute of Technology, Malang.

ABSTRACTION

Soybean Industrial to yielding liquid waste which quite a lot, liquid waste yielded come from process of soaking, washing, screening, and printing or extorting. Soybean Industrial disposal with BOD rate, SO₄, and TSS must be processed beforehand before to enter into body irrigate or vicinity environment, so that fulfill standard quality of liquid waste. Considering the level of the expense of processing of waste water therefore on the market environmental technology precisely utilize which cheap relative, easy to in environmental friendliness and operation.

This research aim to know ability of and bentonite of dolomite as media at Roughing Filter stream of horizontal to degrade of BOD rate, SO₄, and TSS at waste soybean by conducting media composition variation of that is media of dolomite 100 cm; bentonite media 50 cm : dolomit 50 cm; bentonite media 100 cm, and time intake of sample that is 30 minute, 60 minute, 90 minute, 120 minute, 150 minute.

Result of research indicate that bentonite media combination and of dolomit as media at roughing filter of horizontal stream less significant in degrading concentration of BOD, SO₄ and of TSS at soybean industrial disposal. Percentage of degradation of concentration of BOD highest equal to 75,895 % at bentonite media combination 50 cm : dolomit 50 cm; concentration of SO₄ highest equal to 63,416 %; and concentration of TSS highest equal to 58,860 %, when operational 30 minute.

Keyword: Bentonite, Dolomite, Horizontal of Stream, Roughing Filter

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR

ABSTRAK

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Ruang lingkup Penelitian.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Air Limbah.....	4
2.2. Karakteristik Air Limbah	4
2.3. Industri Tahu.....	7
2.3.1. Bahan Produksi Tahu.....	7
2.3.2. Proses Produksi Tahu.....	8
2.3.3. Kerusakan Tahu.....	12
2.3.4. Karakteristik Air Limbah Tahu	12
2.4. Parameter yang diuji	13
2.4.1. Biological Oxygen Demand (BOD).....	13
2.4.2. Sulfat (SO ₄)	13
2.4.3. Total Suspended Solid (TSS)	13
2.5. Konsep Dasar Filtrasi	14
2.5.1. Pengertian Filtrasi.....	14
2.5.2. Jenis-Jenis Filter.....	15
2.5.3. Hidrolika Filtrasi	18

2.5.4. Mekanisme Filtrasi	21
2.5.5. Faktor-faktor yang mempengaruhi filtrasi	23
2.5.6. Media Filtrasi.....	24
2.5.6.1. Dolomit	25
2.5.6.2. Bentonit	26
2.6. Metode Pengolahan Data.....	28
2.6.1. Analisis Data Statistik dalam Minitab.....	28
2.6.2. Statistika Deskriptif	28
2.6.3. Statistik Inferensi	29
2.6.3.1. Analisa korelasi	29
2.6.3.2. Analisis regresi.....	30
2.6.3.3. Analisis ANOVA	32

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian	34
3.2. Lokasi Penelitian	34
3.3. Variabel Penelitian.....	34
3.4. Alat dan Bahan Penelitian.....	35
3.4.1. Sampel Air limbah	35
3.4.2. Alat.....	35
3.4.3. Bahan.....	35
3.4.4. Penyiapan media filter	35
3.4.5. Pengoperasian alat.....	36
3.5. Analisis Parameter Uji.....	36
3.6. Analisa Data.....	36
3.7. Kerangka Penelitian.....	37
3.8. Gambar Rancangan Alat Penelitian	39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian.....	40
4.2. Analisis Statistik	42
4.2.1. Analisis deskriptif	42
4.2.1.1. Analisis deskriptif persen removal BOD.....	42
4.2.1.2. Analisis deskriptif persen removal SO ₄	45
4.2.1.3. Analisis deskriptif persen removal TSS	48
4.3. ANOVA	51
4.3.1. Analisis korelasi.....	55
4.3.2. Analisa regresi	56
4.4. Pembahasan Konsentrasi BOD, SO ₄ , dan TSS.....	62

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran.....	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Ringkasan Parameter-Parameter Desain.....	19
Tabel 2.2. Perbedaan antara Upflow Roughing Filter, Slow Sand Filter dan Rapid Sand Filter.....	20
Tabel 2.3. Nilai faktor kebulatan, faktor bentuk dan porositas berdasarkan gambaran bentuk butiran.....	25
Tabel 3.1. Parameter yang dianalisa.....	36
Tabel 4.1. Nilai awal konsentrasi BOD, SO ₄ , TSS pada limbah Tahu.....	40
Tabel 4.2. Nilai akhir konsentrasi BOD pada limbah tahu	40
Tabel 4.3. Nilai Akhir konsentrasi SO ₄ , pada limbah tahu	41
Tabel 4.4. Nilai akhir konsentrasi TSS pada limbah tahu	41
Tabel 4.5. Persentase Penurunan Konsentrasi BOD	43
Tabel 4.6. Persentase Penurunan Konsentrasi SO ₄	47
Tabel 4.7. Persentase Penurunan Konsentrasi TSS.....	50
Tabel 4.8. Hasil Uji ANOVA Variabel Terikat (BOD,SO ₄ , TSS Versus Variabel Bebas (Waktu dan Komposisi Media	52
Tabel 4.9. Korelasi antara Variabel terikat (BOD, SO ₄ , dan TSS) dengan Variabel Bebas (Waktu dan Variasi Media)	54
Tabel 4.10. Koefisien Persamaan Regresi Nilai persen Penurunan BOD, SO ₄ , dan TSS.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Alir Produksi Tahu	11
Gambar 2.2. Bentuk fisik dolomit.....	26
Gambar 2.3. Bentuk fisik bentonit.....	28
Gambar 3.1. Kerangka Penelitian	39
Gambar 4.1. Grafik Penurunan Konsentrasi Akhir BOD.....	42
Gambar 4.2. Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi BOD	44
Gambar 4.3. Grafik Penurunan Konsentrasi Akhir SO ₄	46
Gambar 4.4. Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi SO ₄	47
Gambar 4.5. Grafik Penurunan Konsentrasi Akhir TSS	49
Gambar 4.6. Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi TSS	50



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air limbah merupakan air bekas yang sudah tidak terpakai lagi sebagai hasil dari adanya berbagai kegiatan manusia sehari-hari. Air limbah tersebut biasanya dibuang ke alam yaitu tanah dan badan air. Air limbah ini dapat berasal dari limbah domestik, industri, pertanian dan lain sebagainya. Di dalam air limbah tersebut banyak terkandung parameter-parameter seperti : BOD, SO₄, TSS, minyak, lemak dan sebagainya. Dan parameter-parameter tersebut bila keberadaannya melebihi ambang batas atau melebihi baku mutu limbah cair yang telah ditetapkan akan menimbulkan pencemaran pada lingkungan sekitarnya. Pencemaran mengakibatkan kurangnya nilai estetika lingkungan serta dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan.

Ada beberapa alternatif yang dikembangkan untuk pengolahan air limbah yang ramah lingkungan dan mudah diterapkan pada industri kecil atau skala rumah tangga, salah satunya adalah proses dengan filtrasi atau penyaringan menggunakan filter media berbutir. Keefektifan proses pengolahan menggunakan media berbutir ini antara lain sangat ditentukan oleh jenis media dan ukuran butiran.

Roughing filter merupakan salah satu jenis pengolahan pendahuluan yang umum dipakai untuk penyediaan air bersih, karena dapat memisahkan atau mereduksi zat-zat tersuspensi dan koloid yang ada dalam air sebesar 35-80% dan mempunyai kapasitas penyimpanan endapan yang besar karena rongga pori relatif lebih besar (Jayalath and Padmasiri, 1996, dalam Putra, 2006).

Diantara berbagai media berbutir, bentonit dan dolomit dapat digunakan sebagai media filter dalam sistem pengolahan limbah cair. Bentonit adalah batuan yang komposisi utamanya adalah mineral yang terbentuk dari dekomposisi abu vulkanik dan mempunyai kemampuan besar menyerap. Bentonit merupakan sejenis lempung yang mengandung 85% monmorilonit yang mempunyai rumus kimia Al₂O₃SiO₂XH₂O ([www . geocities. com](http://www.geocities.com)).

Dolomit merupakan salah satu batuan dari rumpun mineral karbonat, mineral dolomit murni secara teoritis mengandung 45,6% MgCO₃ atau 21,9%



MgO dan 54,3% CaCO₃ atau 30,4% CaO. Dolomit berwarna putih keabu-abuan atau kebiru-biruan dan mempunyai sifat mudah menyerap air serta mudah dihancurkan. Rumus kimia dolomit, CaMg(CO₃)₂. Dengan kandungan komposisi kimia dolomit diperkirakan mempunyai kemampuan untuk menurunkan parameter-parameter tersebut di atas, (<http://www.tekmira.esdm.go.id>).

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ismansyah, 2007 dalam menurunkan kekeruhan, COD, NH₃ limbah tahu pada sistem adsorpsi dengan kombinasi ukuran bentonit 0,5 cm dan tinggi media 20 cm, mampu menurunkan konsentrasi COD sebesar 29.50%, konsentrasi NH₃ sebesar 58.39% dan konsentrasi kekeruhan sebesar 29.29%. Hasil penelitian ini memunculkan pemikiran untuk mencoba mengkombinasikan penggunaan bentonit dan dolomit sebagai media pada roughing filter aliran horizontal dalam menurunkan kadar BOD, SO₄, dan TSS pada limbah tahu sekaligus meneliti hubungan antara variasi komposisi media dan waktu pengambilan sampel terhadap penurunan beban pencemar tersebut di atas.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu:

1. Berapa besar kemampuan bentonit dan dolomit sebagai media filtrasi dalam menurunkan kadar BOD, SO₄, dan TSS pada roughing filter aliran horizontal?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi komposisi media bentonit dan dolomit dan waktu pengambilan sampel pada roughing filter aliran horizontal dalam menurunkan kadar BOD, SO₄, dan TSS?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui kemampuan bentonit dan dolomit sebagai media filtrasi dalam menurunkan kadar BOD, SO₄, dan TSS pada roughing filter aliran horizontal, dalam pengolahan air limbah tahu.
2. Mengetahui komposisi media dan waktu pengambilan sampel yang mempunyai kemampuan tertinggi dalam menurunkan kadar BOD, SO₄, dan TSS.



1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat:

1. Bagi peneliti, menambah wawasan dan pengetahuan tentang penerapan teknologi tepat guna, khususnya dalam menemukan metode terbaik yang akan digunakan dalam pengolahan limbah cair industri.
2. Bagi masyarakat, memberikan informasi tentang perlunya melakukan pengolahan limbah khususnya masyarakat pelaku industri kecil dalam skala rumah tangga, dan memperkenalkan cara pengolahan limbah yang mudah dan murah.
3. Memberikan alternatif dalam pemilihan media pada teknologi pengolahan yang menggunakan roughing filter.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini meliputi:

1. Penelitian dilaksanakan dalam skala laboratorium.
2. Sampel air limbah yang digunakan yaitu sampel asli yang berasal dari industri tahu daerah Tlogo Mas, Malang.
3. Media yang digunakan adalah bentonit dan dolomit.
4. Sarana pengolahan limbah yang digunakan adalah roughing filter aliran horizontal.
5. Parameter yang di analisa adalah kandungan BOD, SO_4 , TSS.
6. Percobaan untuk mengetahui tingkat penurunan konsentrasi BOD, SO_4 , TSS dilakukan dengan variasi:
 - a. Variasi komposisi media
 - b. Variasi waktu pengambilan sampel



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Air Limbah

Air limbah merupakan air bekas yang sudah tidak terpakai lagi sebagai hasil dari adanya kegiatan manusia sehari-hari. Air limbah tersebut biasanya dibuang ke alam yaitu tanah dan badan air. Jumlah air limbah yang dibuang akan selalu bertambah dengan meningkatnya jumlah penduduk dengan segala kegiatannya. Apabila jumlah air limbah yang dibuang berlebihan, melebihi dari kemampuan alam untuk menerimanya, maka akan terjadi kerusakan lingkungan.

Menurut *Metcalf & Eddy* (1991) batasan air limbah (wastewater) adalah kombinasi dari cairan dan sampah-sampah cair yang berasal dari permukiman, perdagangan, perkantoran dan industri bersama-sama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada.

2.2. Karakteristik Air Limbah

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

- Parameter fisik (*Sugiharto, 1987*).

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

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

2. Warna

Warna yang ada pada air limbah cair merupakan sifat fisik kualitatif yang dapat dijadikan penilaian terhadap limbah cair. Limbah cair yang berwarna coklat muda menandakan bahwa air limbah tersebut



berumur kurang dari enam jam. Jika berwarna abu-abu setengah tua berarti air limbah sedang mengalami pembusukan dan bila berwarna hitam maka air limbah tersebut telah membusuk, setelah mengalami pembusukan oleh bakteri dengan kondisi anaerobik yang disebabkan oleh pembentukan berbagai sulfida terutama ferrous sulfida.

3. Bau

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

2. Temperatur

Suhu air limbah biasanya lebih tinggi daripada suhu air bersih. Suhu ini sangat berpengaruh terhadap aktifitas biologis, kelarutan gas, viskositas, didalam proses sedimentasi secara reaksi kimia dan biokimia.

- Parameter kimia menurut *Sugiharto, 1987* sebagai berikut:

1. Bahan organik

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

2. Bahan anorganik

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



3. pH (Derajat tingkat keasaman).

Konsentrasi ion hidrogen adalah ukuran kualitas air bersih maupun air limbah. Adapun kadar yang baik dimana masih memungkinkan adanya kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik, air limbah dengan konsentrasi yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis sehingga mengganggu proses penjernihan air.

4. Kebasaan

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

• Parameter Biologis

Menurut *Sugiharto, 1987*, berbagai jenis bakteri yang terdapat dalam air limbah sangat berbahaya karena dapat menyebabkan timbulnya penyakit atau sebagai sarang vektor pembawa bibit penyakit. Kebanyakan bakteri di dalam air limbah merupakan bantuan yang sangat penting bagi proses pembusukan bahan organik. Proses pengolahan biologis bertumpu pada percepatan siklus perusakan alamiah, tujuan dan pengolahan adalah untuk mempersiapkan lingkungan yang baik bagi kegiatan bakteri yang menstabilkan bahan organik air limbah. Bahan organik dalam air yang sering digunakan sebagai parameter adalah BOD, COD, TOC, ThOD.

1. Biological Oxygen Demand (BOD)

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

- Oksidasi sebagai limbah menjadi produk akhir untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel serta pembentukan serat-serat sel baru.
- Beberapa bagian limbah menjadi serat sel baru dengan menggunakan sebagian energi yang dilepaskan selama oksidasi.



- Pada saat organik dipakai sel-sel yang baru mulai memakan serat selnya sendiri untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel, proses sering disebut pernapasan atau respirasi.
- 2. **Kebutuhan Oksigen Kimia (Chemical Oxygen Demand / COD)**
Pengujian COD digunakan untuk keadaan oksigen dari bahan organik dalam air limbah yang dapat dioksidasi secara kimia dengan menggunakan dikroma pada larutan asam.
- 3. **Karbon Organik Total**
Karbon organik total (TOC) pada air limbah dapat dipergunakan sebagai ukuran tentang ciri-ciri pencemarannya.
- 4. **Kebutuhan Oksigen Theoritis (ThOD)**
Bila rumus kimia dari limbah organik diketahui, jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk oksidasi sempurna dari bahan yang bersifat karbon yang ada di dalam limbah dapat diperkirakan secara langsung.

2.3. Industri Tahu

2.3.1. Bahan Produksi Tahu

Tahu merupakan makanan yang terbuat dari bahan baku kedelai dan prosesnya masih sederhana dan terbatas pada skala rumah tangga (*Suryanto, 1992 dalam Ismansyah, 2007*). Tahu juga dapat diartikan sebagai bahan olahan dari ekstrak kedelai diperlukan dengan asam asetat, adapun bahan-bahan yang digunakan untuk proses produksi tahu antara lain :

a. Kedelai

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

- Cepat padat
- Tidak mudah rusak
- Dapat bertahan antara dua sampai tiga hari
- Banyak menghasilkan pati



- Memiliki rasa gurih, lezat dan nikmat
- b. Air bersih
- Air biasanya digunakan untuk mendapatkan sari kedelai. Didalam proses pembuatan tahu, air digunakan untuk perendaman pencucian, penggilingan, perebusan dan penyaringan.

c. Pengawet tahu

Untuk memperpanjang umur tahu, sebagian orang akan mengawetkan tahu agar tahan lama dalam penyimpanan. Pada umumnya proses pengawetan dilakukan dengan cara merendam dalam air atau dengan merebus. Adapula yang diawetkan dengan kunyit sambil diberikan warna kuning. zat pengawet tersebut diperlukan untuk menghambat atau memperlambat proses fermentasi, asidifikasi atau dekomposisi pada bahan makanan.

Zat pengawet sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Dapat mengawetkan makanan
- Tidak berbahaya apabila dimakan
- Mudah dipantau kembali setelah dikonsumsi kedalam makanan.
- Menaikkan taraf ekonomi terhadap kualitas bahan makanan.

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

2.3.2. Proses Produksi tahu

Menurut *Waluyo dan Hori, 2004 dalam Ferdian, 2005*) Pembuatan tahu pada prinsipnya dengan cara mengekstraksi protein, kemudian mengumpulkannya, sehingga terbentuk padatan protein. Adapun urutan proses produksi tahu antara lain:

1. Perendaman dan Pencucian

Pekerjaan paling awal dalam pembuatan tahu adalah memilih kedelai. Kedelai yang baik adalah kedelai yang baru atau belum tersimpan lama di gudang. Kedelai yang baru dapat menghasilkan tahu yang baik (aroma dan bentuk).



Pada umumnya pengrajin mendapatkan kedelai dari koperasi, disamping dari pasar bebas. Kedelai yang digunakan biasanya berwarna kuning, putih, atau hijau dan jarang menggunakan jenis kedelai yang berwarna hitam.

2. Penggilingan

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

3. Perebusan

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

4. Penyaringan dan penggumpalan

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

Selanjutnya dilakukan penyaringan ke II. Jumlah limbah cair yang terjadi pada proses penyaringan ke II ini ± 350 liter.

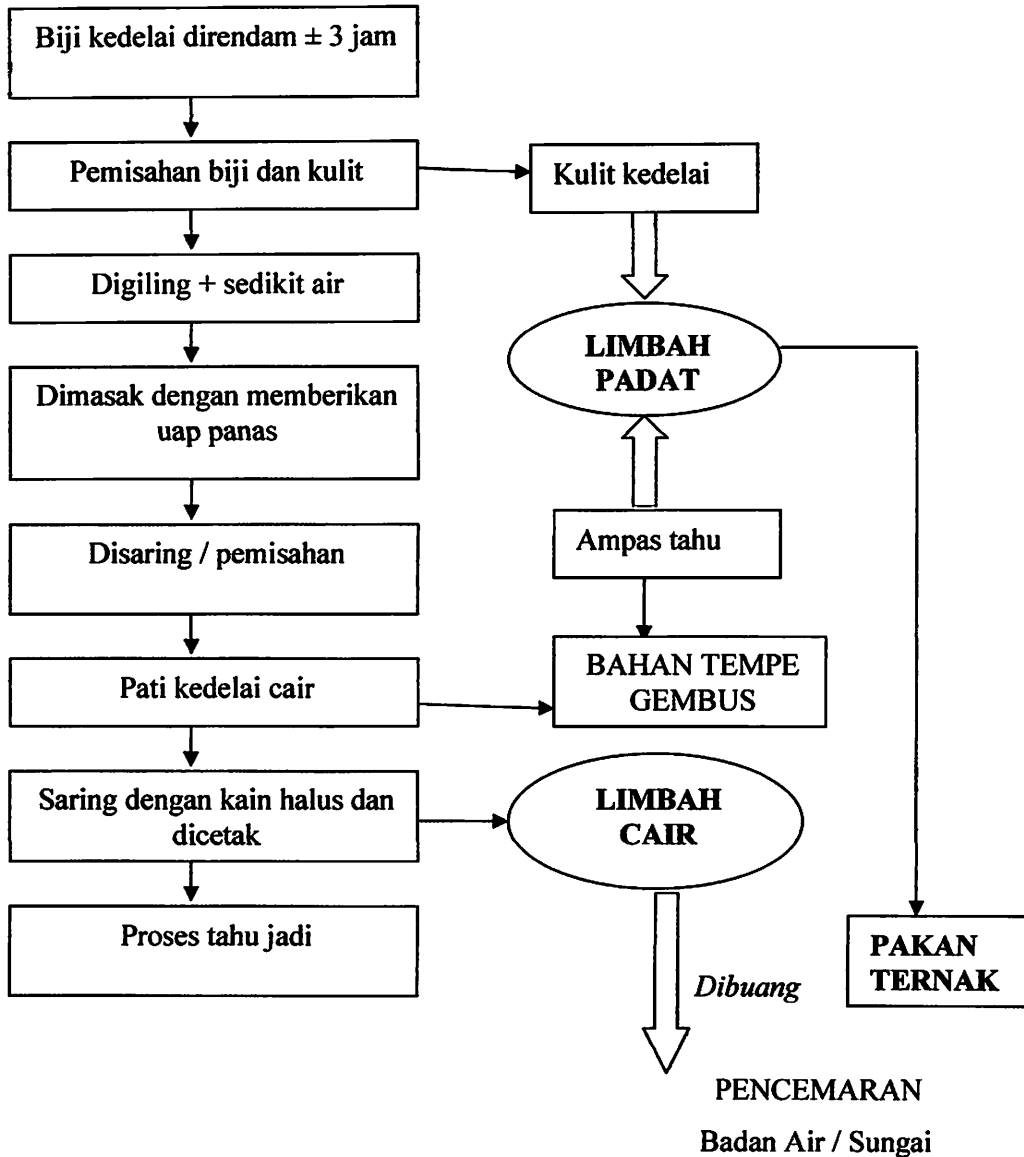
5. Pencetakan dan Pematangan

Cairan bening di atas gumpalan tahu dibuang sebagian dan sisanya untuk air asam. Gumpalan tahu kemudian diambil dan dituangkan ke dalam cetakan



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

Untuk lebih jelas mengenai diagram alir proses produksi tahu dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses Alir Produksi Tahu (Ferdian, 2005)



2.3.3. Kerusakan Tahu

Kerusakan tahu dapat diketahui dengan melihat bentuk, warna dan bau. Tanda tersebut dapat berupa adanya lendir pada permukaan tahu, bau dan rasa pahit. Bau busuk biasanya karena adanya kerusakan protein dan menghasilkan bau. Sedang lendir adanya pertumbuhan mikroba. Mikroba yang sering dijumpai antara lain bakteri *Bacillus Subtilis*, *Bacillus Mesentericus*. Warna kuning kemungkinan disebabkan adanya *Penicillium Cacei* sedangkan rasa pahit kemungkinan adanya bakteri *Coloform*, *Micrococci*, dan *ahcromycetes*. Pembusukkan terjadi karena tumbuhnya *Clostridium Sporagenus* dan *Clostridium Leutoputressens*.

2.3.4. Karakteristik Air Limbah Tahu

Menurut *Herlambang, 2002*, karakteristik air limbah tahu ada dua hal yang perlu diperhatikan yaitu: karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik fisik meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Berikut ini adalah kualifikasi air limbah tahu:

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

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

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



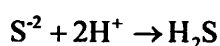
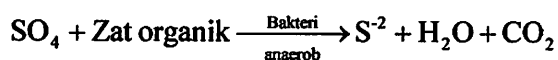
2.4. Parameter Yang Diuji

2.4.1. Biological Oxygen Demand (BOD)

Menurut *Alaerts, 1984*, definisi Biological Oxygen Demand (BOD) atau Kebutuhan Oksigen Biologis (KOB) adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri dan untuk mendesain sistem-sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut.

2.4.2. Sulfat (SO₄)

Menurut *Sutrisno, 2004* definisi Ion sulfat adalah salah satu unsur yang berada dalam air, baik air limbah maupun air alam. Keberadaan sulfat perlu dipertimbangkan karena secara tidak langsung berpengaruh terhadap dua masalah serius yaitu menimbulkan bau dan terjadinya korosi yang diakibatkan dari reaksi sulfat menjadi sulfid pada anaerobik menurut reaksi:



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

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

2.4.3. Total Suspended Solid (TSS)

Menurut *Alaerts, 1984*, definisi Total Suspended Solid adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat tersuspensi dapat diklasifikasikan lagi menjadi antara lain zat padat terapung yang selalu



bersifat organis dan zat padat terendap yang dapat bersifat organis dan inorganis.

2.5. Konsep Dasar Filtrasi

Menurut *Marsono, 2002*, ada tiga fenomena pada filtrasi dengan media berbutir, yaitu:

1. Transportasi yaitu meliputi proses gerak Brown, sedimentasi, dan gaya tarik antar partikel.
2. Kemampuan menempel yaitu meliputi *mechanical straining*, adsorpsi (fisik dan kimia), biologis.
3. Kemampuan menolak yaitu meliputi tumbukan antar partikel dan gaya tolak menolak.

2.5.1. Pengertian Filtrasi

Proses filtrasi merupakan bagian yang cukup penting untuk proses pengolahan air. Beberapa pengertian filtrasi antara lain:

1. Menurut *Reynold, 1981 dalam Putra, 2006* definisi filtrasi adalah suatu pemisahan padatan dan cairan dimana cairan ditempatkan melalui media berpori untuk memisahkan zat padat tersuspensi halus yang mungkin ada.
2. Menurut *Al-Laila, 1987 dalam Putra, 2006* definisi filtrasi adalah suatu proses dimana air diupayakan melewati suatu lapisan berpori atau kombinasi bahan berbutir untuk memisahkan zat-zat tersuspensi dan koloid yang ada dalam air.
3. Menurut *Huisman, 1980, dalam Putra, 2006* definisi filtrasi adalah proses penjernihan atau penyaringan air baku melalui media berbutir *porous*. Selama melalui media tersebut terjadi pemisahan atau reduksi kandungan material tersuspensi, koloid, bakteri dan organisme lainnya dan mengubah unsur-unsur kimiawi air baku melalui mekanisme filtrasi yang berlangsung di sepanjang *filter bed*.



2.5.2. Jenis-Jenis Filter

Jenis proses filtrasi atau filter diklasifikasikan berdasarkan pada kecepatan air, arah aliran, tekanan yang bekerja pada media dan tingkat kekeruhan air baku.

➤ Berdasarkan kecepatan aliran, dapat dibedakan menjadi:

1. *Rapid Filtration* Adalah proses air bersih yang umumnya dilakukan sesudah proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Kecepatannya yaitu 5-12 m/jam.

Media yang dipakai bisa dalam bentuk :

- a. *Single media* (1 media)
- b. *Dual media* (2 media)
- c. *Mixed media* (dua atau lebih media)

2. *Slow Filtration* Adalah proses pengolahan air bersih yang umumnya dilakukan untuk air permukaan tanpa unit koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Jadi air baku sesudah melalui prasedimentasi langsung dialirkan ke filter. Proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi terjadi di filter ini dengan bantuan mikroorganisme yang terbentuk di lapisan permukaan media pasir. Kecepatannya yaitu 0,1- 0,2 m/jam. Beberapa keuntungan dari *slow sand filter* adalah, (Robert A. LeCraw, P., *RAL Engineering Ltd dalam Putra, 2006*) :

- a. Efektif dalam menurunkan kekeruhan dan bakteri.
- b. Tidak perlu pengolahan pendahuluan dengan bahan kimia.
- c. Tidak perlu *backwashing*.
- d. Tidak menggunakan alat-alat dari mesin.

Sedangkan kelemahan dari *slow sand filter* adalah :

- a. Kekeruhan air baku harus rendah yaitu kurang dari 50 NTU.
- b. Membutuhkan lahan yang luas jika air baku mengandung alga dan kekeruhan yang tinggi.



➤ Berdasarkan arah alirannya, dapat dibedakan menjadi :

1. *Downflow Filter* Adalah proses filtrasi dimana air mengalir secara vertikal/gravitasi dari atas ke bawah.
2. *Upflow Filter* Adalah proses filtrasi dimana air mengalir secara vertikal dari bawah ke atas.
3. *Horizontal filter* Adalah proses filtrasi dimana air mengalir secara horozontal.

➤ Berdasarkan tekanan yang bekerja pada media dapat dibedakan menjadi:

1. *Gravity Filter* adalah proses filtrasi dimana air mengalir melalui *filter bed* secara gravitasi
2. *Pressure filter* adalah proses filtrasi dimana air mengalir melalui *filter bed* dengan tekanan.

➤ **Penyaringan Langsung (*Direct Filtration*)**

Adalah proses filtrasi yang dilakukan pada air baku dengan kekeruhan rendah, tetapi yang masih belum memenuhi persyaratan kualitas air, misalnya air sumur dangkal. Jika diperlukan koagulan dapat diinjeksikan pada saluran yang menuju filter dan flok-flok yang terjadi langsung disaring tanpa melalui sedimentasi sehingga dapat menghemat bangunan unit pengolahan.

➤ ***Roughing Filter***

Roughing Filter adalah merupakan salah satu jenis pengolahan pendahuluan yang umum dipakai untuk penyediaan air minum. *Roughing Filter* menggunakan media dengan ukuran yang jauh lebih besar dibandingkan dengan *slow filtration* maupun *rapid filtration*, seperti dapat dilihat berikut ini:

- a. *Slow sand filter* 0,15 mm – 0,35 mm
- b. *Rapid sand filter* 0,40 mm – 0,70 mm
- c. *Roughing filter* diameter > 2,00 mm

Proses filtrasi yang terjadi bukan straining, proses-proses dasar roughing filter adalah pengendapan pada rongga pori dan adhesi pada partikel media. Pada roughing filter terjadi penetration zat-zat tersuspensi ke dalam lapisan media. Dan pada roughing filter mempunyai kapasitas penyimpanan endapan yang besar dari bahan-bahan tersuspensi pada filter bed. Bahan-bahan padat yang tertahan oleh



filter dapat dihilangkan dengan cara membilas/menggelontor, bila perlu dengan cara menggali media filter, mencuci dan menggantinya..

Rate filtrasi dapat serendah rate pada *slow sand filter* atau lebih tinggi dari rate yang digunakan pada *rapid filter*, tergantung pada jenis filter, sifat kekeruhan dan tingkat penurunan kekeruhan yang diinginkan. Sedangkan kekeruhan air baku sebelum masuk ke dalam *roughing filter* yaitu 20 – 150 NTU (rata-rata kekeruhan tahunan). Hal ini dimaksudkan guna mencegah terjadinya penyumbatan yang terlalu sering dan menjamin kelangsungan operasinya untuk suatu periode waktu panjang.

Pada dasarnya ada dua jenis *roughing filter* yang dibedakan oleh arah alirannya, yaitu *roughing filter* aliran vertikal dan *roughing filter* aliran horizontal. Keterbatasan struktur menyebabkan kedalaman filterbed pada *roughing filter* aliran vertikal terbatas tetapi memungkinkan kecepatan filtrasi dan kecepatan pencucian yang lebih tinggi. Sedangkan *roughing filter* aliran horizontal memungkinkan penggunaan panjang filter yang tak terbatas tetapi kecepatan filtrasinya lebih rendah dan memerlukan pembersihan media secara manual.

❖ *Roughing filter* aliran vertikal

Adalah *roughing filter* dimana air mengalir secara vertikal dari atas ke bawah atau dari bawah ke atas. *Roughing filter* aliran vertikal ada 3 jenis yaitu : *downflow roughing filter (DRF)*, *upflow roughing filter in series (URFS)*, dan *upflow roughing filter in layer (URFL)*.

Keterbatasan struktural menyebabkan kedalaman *filter bed* pada *roughing filter* aliran vertikal terbatas tetapi memungkinkan kecepatan filtrasi dan kecepatan pencucian yang lebih tinggi. Memiliki kemampuan dalam menurunkan kekeruhan 68-85%, penurunan warna 29-68% dan penurunan COD lebih dari 50% (Galvis et al., 1993 dalam Putra, 2006)

Roughing filter aliran vertikal dibedakan lagi menjadi *roughing filter* aliran ke atas (*upflow*) dan aliran ke bawah (*downflow*).

Rate filtrasi pada *gravel upflow filter* relatif lebih tinggi, mencapai 20 m/jam, karena besarnya rongga pori pada media filter sehingga tidak cepat terjadi *clogging*. *Rate backwashing* yang digunakan rendah karena tidak bermaksud untuk membuat lapisan media terekspansi, tetapi biasanya



perlu waktu yang lebih panjang untuk membersihkan *gravel* (kira-kira 20 – 30 menit).

- ❖ *Roughing filter* aliran horizontal
Adalah proses filtrasi dimana air mengalir secara horizontal. Pada *roughing filter* aliran horizontal memungkinkan penggunaan panjang filter yang tak terbatas tetapi kecepatan filtrasinya lebih rendah dan biasanya pembersihan media dilakukan secara manual. Dalam proses *roughing filter* aliran horizontal memiliki kemampuan dalam menurunkan kekeruhan 50-90% (Jayalath, 1996 dalam Putra, 2006).

2.5.3. Hidrolika Filtrasi

Menurut Reynold, 1981 dalam putra, 2006, ketika air (fluida) melewati ruang pori pada butiran media, kehilangan energi disebabkan karena bentuk dan gaya gesek pada permukaan media untuk selanjutnya kehilangan energi terjadi karena ekspansi dari fluida yang melewati ruang pori diantara butiran media. Aliran yang melewati bukaan pori adalah fungsi dari beberapa parameter dan untuk memperkirakan digunakan pipa piezometrik.

Headloss yang terjadi saat fluida melewati ruang pori diantara butiran media dapat dihitung berdasarkan persamaan Carmant – Kozeny dan persamaan Rose yang dikembangkan berdasarkan persamaan Darcy – Weisbach:

Dimana : f : Faktor gesekan
 V : Kecepatan rata-rata (m/dt)
 G : Percepatan gravitasi (m/dt²)
 D : diameter saluran (m)

Rumus penentuan bilangan *Reynold* pada saat fluida melewati media filter batu atau pasir.

$$N_R = \frac{\phi d V_s}{\nu}$$

Dimana : N_R : Reynold Number
 Φ : Faktor bentuk partikel (0,82 untuk pasir dibulatkan, 0,75 untuk rata-rata pasir, 0,73 untuk batubara yang dihancurkan dan pasir bersudut).
 d : diameter media (m)



V_s : Kecepatan filtrasi (m/dt)

ν : Kinematik viskositas (m²/dt)

Rumus penentuan nilai koefisien drag pada media filter batu

$$C_d = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0,34$$

Dimana : C_D : Koefesien drag

Headloss yang terjadi pada saat fluida melewati ruang pori diantara media dapat dihitung dengan persamaan Rose.

$$h = \frac{1,067}{\phi} C_D \frac{1}{\alpha^4} \frac{L}{d} \frac{V_s}{g}$$

Dimana : Φ : faktor bentuk partikel (0,82 untuk pasir dibulatkan, 0,75 untuk rata-rata pasir, 0,73 untuk batubara yang dihancurkan dan pasir bersudut).

α : porositas

L : ketebalan filter bed (m)

D : diamemeter media filter (mm)

V_s : kecepatan filtrasi (m/dt)

g : percepatan gravitasi (m/dt²).

Kriteria Desain Roughing Filter

Tabel 2.1 Ringkasan Parameter-Parameter Desain

Item	Kolom		Rate	Aliran	Area	Ketebalan		Catatan
	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Filtrasi (m/hr)	Desain (ml/min)	Filter (m ²)	Media Filter (mm)		
Roughing Filter	1900	200	0.45	235	0.032	Gravel3	450	1
			0.91	500		Gravel2	450	1
						Gravel1	450	1
Slow Sand Filter	2500	300	0.20	235	0.072	Sand	900	2
						Gravel3	100	1
						Gravel1	100	1



						Gravel Support	200	3
Slow Sand Filter With GAC	1600	300	0.20	235	0.072	Sand	500	2
						GAC	150	4
						Sand	250	2
						Gravel3	100	1
						Gravel1	100	1
						Gravel Support	200	3
<p>Catatan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kerikil 1 d10 = 6-8 mm (UC < 1.41), kerikil 2 d10 = 4-6 mm (UC < 1.45), kerikil 3 d10 = 2-4 mm (UC < 1.6) 2. Filter Sand d 10 = 0.3-0.35 mm, UC < 2 3. SSF Gravel Support d10 = 14-16 mm, UC < 1.8 4. Granular Activated Carbon, Calgon Carbon F400, d 10 = 0.55-0.75 mm (UC<1.9) 								

Sumber : Gehlen, Irfan dan M. Robin Collins, 2005. *Enhanced Organic Precursor Removals by Gravel Roughing Filters*. [http : // www.Google.com/Ind](http://www.Google.com/Ind). dalam Putra, 2006.

Tabel 2.2 Perbedaan Antara Upflow Roughing Filter, Slow Sand Filter dan Rapid Sand Filter

No	Subyek	Slow Sand Filter	Rapid Sand Filter	Roughing Filter
1.	Kekeruhan air baku	< 50 NTU	5-10 NTU	20-80 NTU
2.	Diameter media	0,15-0.35 mm	0,40-0,70 mm	> 2,0 mm
3.	Kedalaman/ketebalan media	1,0-1,4 m	0,8-1,0 m	2,0-2,5 m
4.	Kecepatan filtrasi	0,1-0,4 m/jam	4,0-21,0 m/jam	Dapat serendah pada slow sand filter atau lebih tinggi daripada rapid sand filter
5.	Pencucian	20-60 hari sekali	12-72 jam sekali	3-5 bulan sekali



6.	Cara Pencucian	Pasir bagian atas dikeruk, dicuci, dan dipakai lagi atau diganti	High rate backwash atau air water backwash	Backwash dengan air atau dicampur udara, dan bila perlu media digali, dicuci dan dipakai lagi atau diganti
7.	Headloss	6-120 cm	30-275 cm	< 38 cm
8.	Underdrain system	Menggunakan sistem lateral manifold. Menggunakan standart bricks atau precast concrete blocks dengan lobang-lobang di atas atau porous concrete	Menggunakan sistem lateral-manifold	Menggunakan teepee atau sistem lateral manifold

Sumber : Diadaptasi dari berbagai literatur

2.5.4. Mekanisme Filtrasi

Fenomena penting dalam filtrasi menurut *Reynold, 1981 dalam Putra, 2006* adalah :

- *Mechanical Straining*

Yaitu proses penyaringan partikel atau material tersuspensi yang terlalu besar untuk dapat lolos melalui ruang antara butiran media. Proses ini terjadi pada permukaan *filterbed* dan tidak bergantung pada laju filtrasi. *Clogging* pada *filterbed* akan mengurangi ukuran pori sehingga secara teoritis akan meningkatkan efisiensi penyaringan dari media filter dan akan meningkatkan tahanan sehingga perlu dipilih butiran yang lebih besar.



▪ Sedimentasi

Proses ini akan mengendapkan partikel/ material tersuspensi yang lebih halus ukurannya dari lubang pori pada permukaan butiran. Semua butiran media dapat menjadi tempat pengendapan ini. Jika filtrasi sudah berjalan cukup lama, maka endapan akan mengurangi ukuran efektif pori dan kecepatan air akan bertambah. Hal ini dapat menyebabkan kualitas *effluent* menjadi lebih buruk.

▪ Adsorpsi

Adsorpsi diidentifikasi sebagai kontak antara dua fase dengan menggunakan molekul pada permukaan fluida atau padatan yang tidak seimbang sehingga terjadi tempat penyerapan atau akibat adanya *gradient* konsentrasi rendah. Bahan yang diserap disebut adsorbat (*solute*), sedangkan bahan yang menyerap disebut adsorben. Proses adsorpsi pada umumnya terjadi pada konsentrasi tidak seimbang sehingga mencapai kondisi stabil. Proses ini terjadi pada zat cair-cair, cair-padat, padat-padat, gas-padat.

Tahapan penyerapan pada proses adsorpsi adalah sebagai berikut :

- a. Difusi pada permukaan luar
- b. Difusi pada pori-pori penyerapan pada permukaan dalam kecepatan penyerapan tergantung dari bertambahnya konsentrasi penyerap dan mengecilnya molekul penyerap dan bertambah luasnya permukaan dari penyerap.

Menurut *Sugiharto, 1985* komponen yang diadsorpsi atau adsorbat yang melekat sedemikian kuat sehingga memungkinkan pemisahan komponen itu secara menyeluruh dari fluida yang terlalu banyak mengadsorpsi atau adsorben yang diperlukan dalam industri berupa zat padat dalam bentuk butiran besar sampai halus atau bahan yang berpori.

Pengertian adsorpsi yang lain, yaitu proses penghilangan *impurities* dari air karena adanya gaya tarik menarik antara *impurities* dengan butiran media. Proses adsorpsi ini memegang peranan penting dalam proses filtrasi, karena akan menghilangkan partikel yang lebih kecil daripada partikel tersuspensi, seperti partikel koloid dan *impurities*



terlarut. Kemampuan adsorpsi hanya terjadi pada jarak antara 0,01-1 m) disekitar permukaan butiran. Prinsip proses adsorpsi adalah karena adanya perbedaan muatan antara permukaan butiran dengan *impurities* organik (umumnya bermuatan negatif) tidak akan teradsorpsi pada saat filter masih bersih dan baru beroperasi. Setelah filtrasi berjalan dan banyak partikel positif yang bertahan pada butiran media filter, maka permukaan butiran filter menjadi lewat jenuh dan bermuatan positif.

Kemudian terjadi adsorpsi tingkat kedua yaitu menarik partikel-partikel bermuatan negatif. Jika adsorpsi tingkat kedua ini mencapai kondisi *oversaturated*, muatan kembali menjadi negatif dan menjadi muatan positif semakin lama *impurities* yang menempel permukaan butiran media akan tebal, sehingga gaya penyebab terjadinya adsorpsi (*gaya van der wall* dan *gaya coulomb*) menjadi menurun kekuatannya dan efisiensi filter pun menurun.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah :

- a. Sifat-sifat kimia dan fisika dari adsorben, misalnya : luas permukaan, ukuran jari-jari dan komposisi kimia.
 - b. Sifat-sifat kimia dan fisika dari bahan organik.
- **Aktifitas kimia**
Aktifitas kimia adalah poses dimana *impurities* yang terlarut diuraikan menjadi substansi yang sederhana dan tidak berbahaya/diubah menjadi partikel-partikel tidak terlarut, sehingga dapat dihilangkan dengan proses straining, sedimentasi dan adsorpsi pada media berikutnya.
 - **Aktifitas biologis**
Aktifitas biologi ini disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup di dalam filter. Secara ilmiah bakteri terdapat pada air dan jika melalui filter yang tertahan pada butiran media filter.

2.5.5. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses filtrasi

Menurut *Huisman, L, 1980 dalam Putra, 2005*, proses filtrasi ada beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi dari filtrasi itu sendiri untuk menyaring materi yang akan dihilangkan, diantaranya :



❖ Debit Filtrasi

Keseimbangan antara debit dengan kondisi media sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil yang memuaskan. Apabila debit filtrasi terlalu besar maka filtrasi tidak akan efisien digunakan karena waktu kontak antara permukaan butiran dengan air terlalu singkat. Selain itu dengan debit terlalu besar akan terjadi gerakan media penyaring yang menyebabkan lubang-lubang pori akan muncul sehingga menyebabkan penyumbatan (*clogging*) sangat cepat.

❖ Tinggi, ukuran dan bahan media

Efisiensi filter merupakan suatu fungsi karakteristik yang menyangkut porositas butiran, perbandingan tinggi media terhadap ukuran media.

❖ Konsentrasi kekeruhan/jumlah bakteri

Konsentrasi kekeruhan/kandungan bakteri sangat berpengaruh pada efisiensi apabila kekeruhan/kandungan bakteri pada air baku terlalu besar akan menyebabkan cepat tersumbatnya lubang pori dari media penyaring. Oleh karena itu untuk air baku yang mempunyai kekeruhan tinggi diperlukan pengolahan terlebih dahulu. Kekeruhan yang diperbolehkan antara 10 – 50 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*)

❖ Tinggi muka air

Tinggi muka air berpengaruh terhadap besarnya debit atau rate filtrasi. Apabila tinggi muka air relatif besar maka rate filtrasi yang dibutuhkan juga besar. Tinggi muka air akan menjadi naik apabila terjadi penyumbatan di media penyaring pada saat kotor.

❖ Suhu

Dengan adanya perubahan suhu air, maka jenis, viscositas absolute akan berubah. Ini akan berpengaruh pada kehilangan air dan efisiensi filter. Suhnya yang baik berkisar antara 23 °C-25 °C.

2.5.6. Media Filtrasi

• Karakteristik media filter

Karakteristik media filter yang ideal yang memiliki diameter butiran, ketebalan dan specific gravity tertentu dan dapat memberikan kualitas



hasil pengolahan yang lebih baik, waktu operasi lebih lama, laju filtrasi lebih tinggi dan headloss yang kecil dan media yang mudah dibersihkan.

- Bentuk butiran media filter

Bentuk butiran media filter dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- *Spherical* (bulat)
- *Rounded* (hampir bulat)
- *Worn* (tidak rata)
- *Sharp* (tajam)
- *Angular* (berbentuk bersudut-sudut)
- *Crushed* (pecahan).

Besarnya faktor kebulatan, faktor bentuk dan porositas berdasarkan gambaran bentuk butiran media filter dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai Faktor Kebulatan, Faktor Bentuk dan Porositas Berdasarkan Gambaran Bentuk Butiran

Gambaran	Faktor Kebulatan, ψ	Faktor Bentuk, S	Porositas, f
<i>a. Spherical</i>	1,00	6,0	0,38
<i>b. Rounded</i>	0,98	6,1	0,38
<i>c. Worn</i>	0,94	6,4	0,39
<i>d. Sharp</i>	0,81	7,4	0,40
<i>e. Angular</i>	0,78	7,7	0,43
<i>f. Crushed</i>	0,70	8,5	0,48

Sumber : Gordon M. Fair/John C. Geyer/Daniel A. Okun, *Water And Waste Water Engineering, Volume 2 tahun 1991*

Media filter yang digunakan dalam penelitian ini ada dua jenis yakni batu dolomit dan batu bentonit :

2.5.6.1. Dolomit

Dolomit merupakan salah satu batuan dari rumpun mineral karbonat, mineral dolomit murni, secara teoritis mengandung 45.6% $MgCO_3$ atau 21.9% MgO dan 54,3% $CaCO_3$ atau 30,4% CaO. Dolomit berwarna putih keabu-abuan atau kebiru-biruan dan mempunyai sifat mudah menyerap air serta mudah dihancurkan. Rumus kimia dolomit. $CaMg(CO_3)_2$ Dengan kandungan komposisi kimia dolomit diperkirakan mempunyai kemampuan untuk menurunkan

parameter-parameter pencemar tersebut di atas. (<http://www.tekmira.esdm.go.id>).



Gambar 2.2 bentuk fisik dolomit

Sumber: <http://pkukmweb.ukm.my~kamal/sedimentologi>

2.5.6.2. Bentonit

Bentonit adalah batuan yang komposisi utamanya adalah mineral monmorilonit dan beidelit dari dekomposisi abu vulkanik dan mempunyai kemampuan besar menyerap. Bentonit merupakan sejenis lempung yang mengandung 85% monmorilonit yang mempunyai rumus kimia $Al_2O_3SiO_2XH_2O$. Ciri-cirinya adalah mempunyai kilap lilin, lunak, plastis, sarang, kenampakan pucat dengan warna putih, hijau muda, abu-abu dan merah muda dalam keadaan segar, dan menjadi krem apabila lapuk, yang kemudian berubah menjadi kuning, merah atau coklat. Bila diraba terasa licin seperti sabun, dan kalau dimasukkan ke dalam air akan menghisap air (www.geocities.com).

Bentonit mempunyai sifat mengadsorpsi karena ukuran partikel koloidnya sangat kecil dan memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi. Pengembangan bentonit disebabkan oleh adanya penggantian isomorphous pada lapisan oktohedral (Mg dan Al) dalam menghadapi kelebihan muatan di ujung kisi-kisinya. Ada gaya elektrostatis yang mengikat kristal pada jarak 4.5 Å dari permukaan cukup kuat untuk mempertahankan unit-unitnya, dan akan tetap terjaga unit itu untuk tidak saling merapat. Pada pencampuran dengan air, adanya pengembangan membuat jarak antara setiap unit makin lebar dan lapisannya menjadi bentuk serpihan serta mempunyai permukaan luas jika dalam zat pensuspensi (gsdc.distamben-jabar.go.id).



Penggunaan utama dari bentonit adalah pada industri lumpur bor, yaitu sebagai pembilas dalam pemboran minyak bumi, gas bumi, batubara, mineral dan uap panas bumi. Selain itu bentonit juga dapat digunakan dalam industri minyak sawit, industri kimia, farmasi, bahan penyumbat kebocoran bendungan dan kolam ikan, pencampur semen, insektisida, sabun. Bentonit dapat juga dipergunakan dalam industri penyaringan lilin, minyak kelapa, industri, besi baja yaitu sebagai perekat pasir cetak dalam proses pengecoran baja, sebagai katalisator dalam industri kimia, zat pemutih dan zat penyerap (www.infotambang.com).

Bentonit adalah istilah dalam dunia perdagangan, yaitu sejenis lempung yang mengandung monmorillonit dan termasuk kelompok dioktohedral. Penamaan jenis lempung tergantung dari penemu atau peneliti, misal ahli geologi, mineralogy, mineral industri dan lain-lain. Aktivasi bentonit dilakukan untuk menaikkan kapasitas adsorpsi dan mendapatkan sifat bentonit yang diinginkan. Dalam keadaan awal bentonit memiliki kemampuan adsorpsi yang rendah tetapi melalui aktivasi baik melalui penambahan asam ataupun pemanasan daya adsorpsi akan meningkat. Dalam hal ini, monmorillonit mempunyai struktur bertingkat dan kapasitas pertukaran ion yang aktif dibagian dasar. Oleh karena itu, strukturnya dapat diganti seperti struktur bagian dasar dengan cara penambahan asam. Asam tersebut akan menyebabkan penggantian ion-ion K^+ , N^+ dan Ca^+ dengan H^+ dalam ruang *interlamelar*, serta akan melepaskan ion-ion Al^{+3} , Fe^{+3} dan Mg^{+2} dari kisi strukturnya menjadikan lempung lebih aktif. Aktivasi bentonit dipengaruhi oleh konsentrasi asam, biasanya digunakan asam sulfat. Selain itu perlu diperhatikan sifat dasar, distribusi ukuran pori keasaman dan nilai SiO_2 , atau Al_2O_3 dalam bentonit. Sedangkan proses aktivasi dengan pemanasan biasanya bentonit diopen atau dipanaskan pada udara terbuka dengan waktu yang bervariasi.



Gambar 2.3 bentuk fisik bentonit

Sumber: <http://www.distamben-propsu.go.id>

2.6. Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara statistik. Sebagai alat yang berfungsi untuk mengolah suatu data, penjabaran metodologi statistik didasarkan pada tiga hal yakni proses analisis, asumsi bentuk distribusi, dan banyaknya variabel yang dilibatkan. Metodologi statistik berdasarkan proses analisisnya meliputi analisa deskriptif dan analisis konfirmatif (inferensi).

2.6.1. Analisis Data Statistik dalam Minitab

Minitab merupakan salah satu program aplikasi statistika yang banyak digunakan untuk mempermudah pengolahan data statistik. Minitab menyediakan program – program untuk mengolah data statistik secara lengkap. Anda dapat mencari *software*-nya dalam *website* www.minitab.com. Seperti yang telah dijelaskan, komputer berperan sebagai alat bantu untuk melakukan analisa data, sedangkan manusia berperan besar dalam mendesain dan menafsirkan output yang dihasilkan Minitab (Iriawan dan Astuti, 2006).

2.6.2. Statistika Deskriptif

Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskriptifkan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Statistik deskriptif memberikan informasi secara visual dan lebih bersifat subyektif dalam pembuatan analisisnya.

Analisis statistik deskriptif menunjukkan ukuran kecenderungan pusat seperti rata – rata (Mean), media, Kuartil 1 (Q1), kuartil 3 (Q3), serta ukuran



penyebaran data seperti standar deviasi (StDev) dan standar error of mean (SE Mean). Statistik deskriptif menyediakan pula informasi data tertinggi (maksimum) dan terendah (minimum) yang berguna untuk mengukur range sebagai ukuran penyebaran data.

Minitab menyediakan alat statistik untuk analisis deskriptif yaitu *Display Descriptive Statistik* yang merupakan sub menu dari menu utama yaitu *Basic Statistic* atau statistik sederhana (Iriawan dan Astuti, 2006).

2.6.3. Statistik Inferensi

Statistik inferensi mencakup semua metode yang berhubungan dengan analisis data untuk kemudian sampai pada peramalan atau penarikan kesimpulan. Statistik inferensi dapat memberikan informasi lebih obyektif terutama dalam proses pengambilan keputusan yang ditunjang dengan adanya nilai tingkat kesalahan pengukuran. Statistik inferensi selanjutnya akan dijabarkan kembali ke dalam penaksiran titik dan penaksiran selang dari suatu nilai parameter dan juga pengujian hipotesis dari suatu masalah (Iriawan dan Astuti, 2006).

2.6.3.1. Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati (variabel terikat dengan variabel bebas) digunakan analisis korelasi. Ukuran yang dipakai untuk mengetahui tingkat hubungan, terutama untuk data kuantitatif dinamakan koefisien korelasi. Koefisien korelasi adalah indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur tingkat hubungan, meliputi kekuatan hubungan dan bentuk atau arah hubungan. Nilai hubungan berada pada selang tertutup $(-1,1)$. Untuk membaca besarnya tingkat keeratan dari hubungan terdapat dua hal yang harus diperhatikan, yakni :

- Melihat tanda dari derajat keeratan, positif atau negatif. Hubungan statistik kedua peubah akan negatif apabila salah satu variabel memiliki hubungan yang bertolak belakang dengan peubah nilainya. Atau dengan kata lain, apabila nilai satu peubah membesar maka nilai peubah lainnya mengecil. Sedangkan hubungan statistika kedua peubah akan bernilai positif jika hubungan kedua peubah searah atau dengan kata



lain apabila satu peubah nilainya membesar maka peubah lainnya ikut membesar dan sebaliknya.

Sebagai catatan penting, nilai hubungan statistik dua peubah sama dengan “1” memiliki makna bahwa terdapat hubungan yang sempurna antara kedua peubah. Atau dengan kata lain, nilai suatu peubah dapat dengan tepat atau dijelaskan oleh peubah lainnya. Lain halnya dengan nilai statistik dua peubah sama dengan “0” menunjukkan tidak adanya hubungan diantara kedua peubah atau terjadi hubungan nonlinier (Iriawan dan Astuti, 2006).

➤ Hipotesis

Hipotesis untuk uji korelasi adalah :

H_0 : Tidak ada korelasi antara variabel ($\rho = 0$)

H_1 : Ada korelasi antara dua variabel ($\rho \neq 0$)

Di mana ρ adalah korelasi antara 2 variabel.

Dasar pengambilan keputusan :

- Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

➤ Input data dalam software Minitab 14 (Iriawan dan Astuti, 2006).

- a. Pilih basic statistic > correlation
- b. Pada kotak dialog, klik dua kali pada semua variabel (variabel bebas dan variabel terikat).
- c. Untuk menampilkan p-Value, pilih display p-value.
- d. Klik ok.

2.6.3.2. Analisis Regresi

Analisis regresi adalah suatu analisis yang digunakan untuk mengukur besarnya kekuatan hubungan antara variabel respons dan variabel prediktor, mengetahui pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respons dan untuk



memprediksi pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respons (Iriawan dan Astuti, 2006).

Model regresi memiliki variabel respons (y) dan variabel prediktor (x). Kedua variabel respons atau variabel terikat (Y). Kedua variable dihubungkan dalam bentuk persamaan matematika. Bentuk persamaan regresi secara umum adalah :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

Dimana :

Y = Variabel respons.

β_0 = Intersep (nilai Y ketika variabel bebas bernilai nol)

$\beta_1 \dots \beta_k$ = Parameter model regresi untuk variabel X_1, X_2, \dots, X_k

$X_{1,2,\dots,k}$ = Variable bebas

Pada analisis regresi juga diperlukan beberapa pengujian, yaitu :

- Uji F yang digunakan untuk mengetahui kelinieran model regresi.

Hipotesis :

H_0 = Y tidak memiliki hubungan linier dengan X_1 dan X_2

H_1 = Y memiliki hubungan linier dengan X_1 dan X_2

Pengambilan Keputusan :

Dengan membandingkan statistik F hitung dengan F tabel. Apabila F hitung $>$ dari F tabel, maka kesimpulannya adalah H_0 ditolak dan H_1 diterima. Atau variabel Y (variabel terikat) dengan X (variabel bebas) mempunyai hubungan linier.

- Uji T digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien dari variabel bebas.

Hipotesis :

H_0 = Koefisien regresi tidak signifikan



H_1 = Koefisien regresi signifikan

Pengambilan Keputusan :

Dengan membandingkan statistik t hitung dengan t tabel. Jika statistik t hitung < dari t tabel, maka kesimpulannya adalah H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika variabel statistik t hitung > statistik t tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

- Infut data dalam software Minitab 14 (Iriawan dan Astuti, 2006).
 - a. Pilih stat > Regression > Regression
 - b. Dalam Response, masukan variabel terikat dengan cara klik dua kali pada variabel terikat.
 - c. Dalam Predictor, masukan variabel bebas dengan cara klik dua kali pada semua variabel bebas.
 - d. Klik option > muncul kotak dialog option.
 - e. Dibawah display, pilih variance inflation factors. (untuk mengidentifikasi adanya multikolinier dalam model)
 - f. Pada kotak dialog option, klik ok
 - g. Pada kotak dialog regression klik ok.

2.6.3.3. Analisis ANOVA

Output analisis dalam Sub-sub bab ditampilkan dalam window Session. Output memiliki 2 bagian utama, yaitu ANOVA dan output hasil uji perbandingan berpasangan. Output bagian pertama adalah ANOVA. Adapun hipotesis masalah adalah:

Hipotesis

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = 0$$

(rata –rata sampel tiap perlakuan sama)

$$H_1 : \tau_i \neq 0$$

(ada perlakuan yang tidak rata –ratanya tidak sama)



Daerah penolakan

Hipotesis awal akan ditolak apabila nilai F melebihi $F_{\alpha, a-1, N-a}$, dimana α adalah banyak replikasi ditiap level faktor dan N adalah banyaknya seluruh pengamatan. Untuk mendapatkan nilai $F_{\alpha, a-1, N-a}$. Selain menggunakan nilai F , kita bisa pula menggunakan p – value. Hipotesis awal akan ditolak apabila p – value kurang dari α (Iriawan dan Astuti, 2006).



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental untuk menentukan efisiensi filter dengan bentonit dan dolomit dalam menurunkan kadar BOD, SO₄, dan TSS pada air limbah tahu.

3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.

3.3. Variabel Penelitian

a. Variabel terikat :

1. BOD
2. SO₄
3. TSS

b. Variabel tetap

1. Debit limbah

(Kriteria desain Pre Filter Horizontal yaitu 235 ml/mnt – 500 ml/mnt). Debit air yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,235 ltr/mnt.

2. Diameter media

(Kriteria desain spesifikasi media filter yaitu 4 – 12 mm gravel). Diameter media yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4,75 mm.

c. Variabel bebas

Panjang Filter dalam disain Pre Filter Horizontal yaitu 5 (4 – 10 m)

Dalam penelitian ini menggunakan 1 m panjang media dalam skala laboratorium.

1. Variasi komposisi media antara batu bentonit - batu dolomit:

- a. Komposisi media panjang 100 cm dolomit (K₁)
- b. Komposisi media panjang 50 cm bentonit : 50 cm dolomit (K₂)
- c. Komposisi media panjang 100 cm bentonit (K₃)



2. Variasi waktu pengambilan sampel pada roughing filter setelah dioperasikan, effluent yang keluar dihitung dari nol menit sesuai dengan variasi yang telah ditentukan sebagai berikut:
 - a. 30 menit
 - b. 60 menit
 - c. 90 menit
 - d. 120 menit
 - e. 150 menit

3.4. Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1. Sampel Air

Sampel air limbah yang digunakan diambil dari Industri tahu di daerah Tlogomas Malang.

3.4.2. Alat

- a. Bak plastik besar 3 buah
- b. Pompa
- c. Kran air
- d. Penyangga dan besi
- e. Bak roughing filter horizontal ($h = 22$ cm)
- f. Pipa PVC $\frac{1}{2}$ inc
- g. Ayakan
- h. Palu
- i. Oven

3.4.3. Bahan

- a. Bongkahan batu bentonit 4.75 cm
- b. Bongkahan batu dolomit 4.75 cm
- c. Sampel asli diambil dari industri tahu daerah Tlogomas

3.4.4. Penyiapan media filter

- a. Menyiapkan batu bentonit dan batu dolomit
- b. Batu bentonit dan batu dolomit dipecah kecil-kecil
- c. Mengayak dengan diameter 4.75 mm
- d. Mencuci sampai bersih dengan aquadest dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 20 menit



3.4.5. Pengoperasian alat

- a. Bak roughing filter aliran horizontal diisi dengan media filter.
- b. Air sampel dialirkan dari bak penampung air menuju bak pengatur debit dengan menggunakan pompa.
- c. Dan bak pengatur debit yang dilengkapi dengan kran dialirkan ke bak roughing filter aliran horizontal yang telah diisi media.
- d. Air sampel hasil filtrasi yang keluar dari roughing filter dihitung pada saat menetes pertama kalinya sesuai dengan variasi yang telah ditentukan kemudian ditampung dan siap untuk dianalisa.
- e. Melakukan hal yang sama seperti prosedur a, b, c, dan d dengan mengganti variasi komposisi media dan waktu pengambilan sampel.

3.5. Analisis Parameter Uji

Tabel 3.1. Parameter yang dianalisa:

No	Parameter	Metode analisa
1.	BOD	Titrimetri
2.	SO ₄	Spektrofotometri
3.	TSS	Gravimetri

3.6. Analisis data

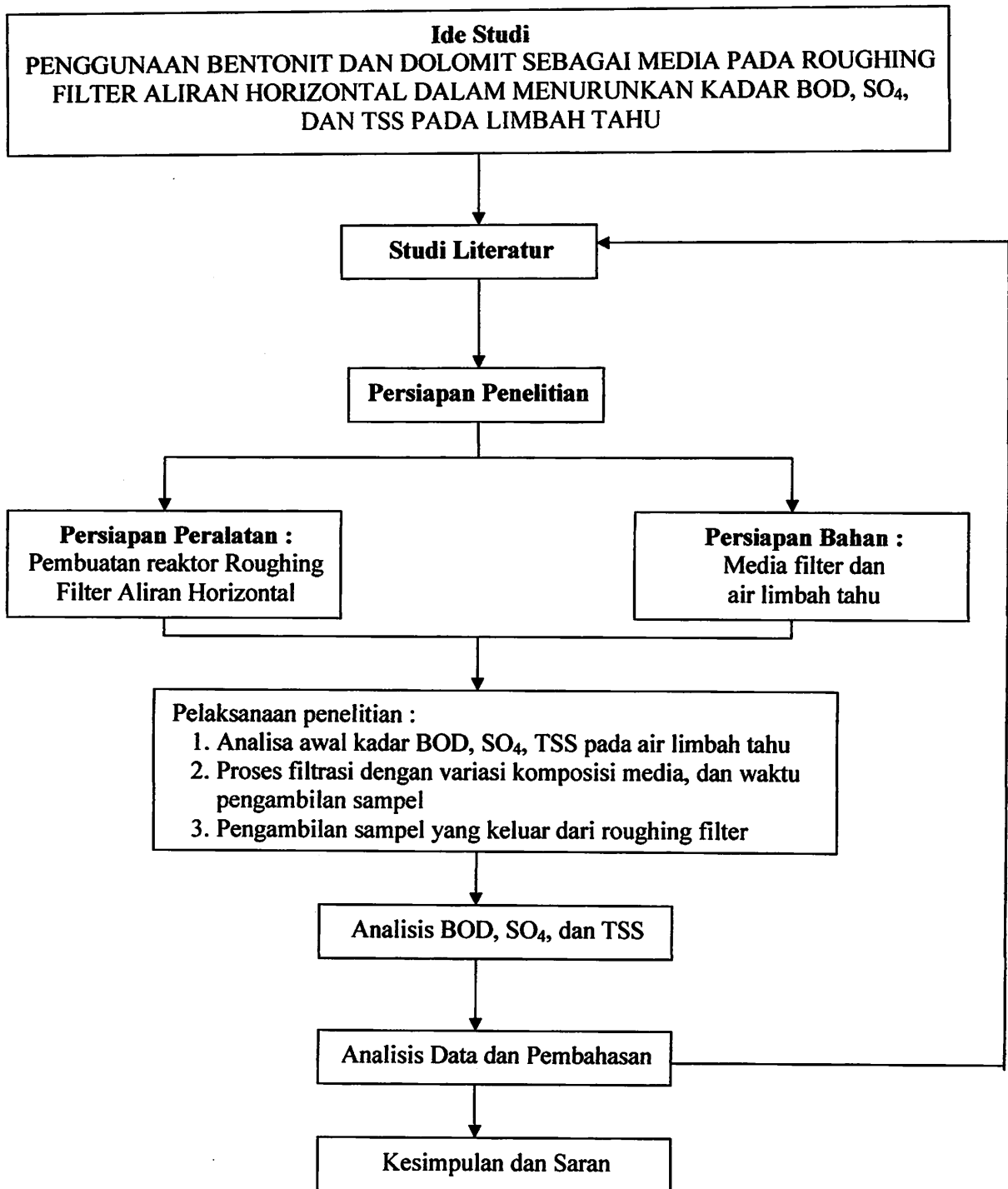
Data yang digunakan adalah dengan replikasi ($n = 3$). Data-data interval yang diperoleh, diolah dengan metode analisis deskriptif, analisis varian, uji korelasi dan regresi. Analisis deskriptif ditujukan untuk menganalisa data dengan cara mendeskriptifkan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Analisis deskriptif dalam penelitian ini menggunakan data rata-rata (Mean) untuk menunjukkan ukuran kecenderungan pusat dan informasi data tertinggi (Maksimum) dan terendah (Minimum) yang berguna untuk mengukur range sebagai ukuran penyebaran data. Analisis varian (Anova) untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan nyata atau tidak secara statistik antara dua variasi yang dilakukan (variasi media filter dan variasi waktu) terhadap penurunan BOD, SO₄



dan penurunan TSS. Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antar variabel bebas (variasi media filter dan variasi waktu) dan variabel terikat (penurunan BOD, SO₄ dan penurunan TSS). Analisis regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas (variasi media filter dan variasi waktu) dapat memprediksi variabel terikat (penurunan BOD, SO₄ dan penurunan TSS).

3.7. Kerangka Penelitian

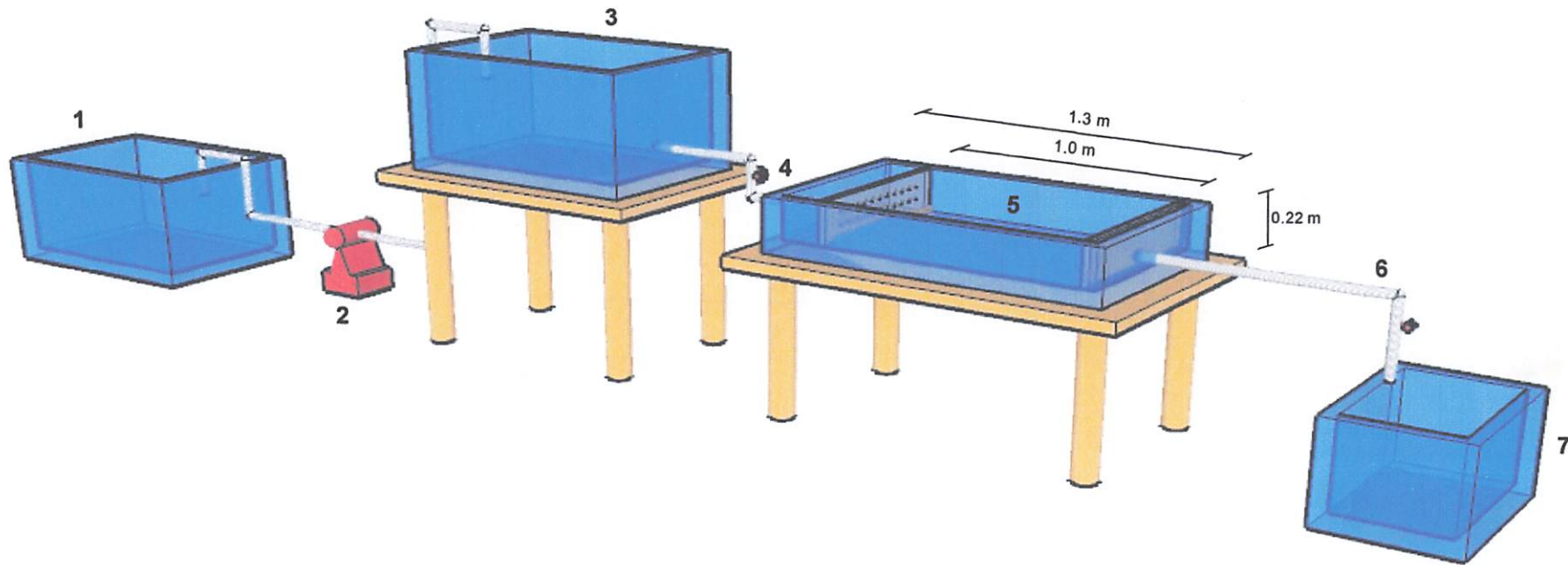
Kerangka acuan penelitian dibuat untuk dijadikan pedoman dalam melakukan penelitian untuk menurunkan kadar BOD, SO₄, dan TSS pada air limbah tahu, maka dibuat kerangka penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian



38. Gambar Rancangan Alat Penelitian



Keterangan :

1. Bak Penampung Limbah
2. Pompa
3. Bak Pengatur Debit
4. Kran
5. Roughing Filter Aliran Horizontal
6. Pipa Effluent
7. Bak Penampung Effluent



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Sebelum dilakukan proses pada *roughing filter* aliran horizontal, untuk mengetahui konsentrasi awal BOD, SO₄, dan TSS pada air limbah tahu dilakukan analisa awal yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini..

Tabel 4.1 Nilai Awal Konsentrasi BOD, SO₄, dan TSS Pada Air Limbah tahu.

Parameter	Nilai	Baku Mutu Air Limbah *)
BOD	9301,2 mg/l	150 mg/l
SO ₄	188,664 mg/l	50 mg/l
TSS	982,5 mg/l	100 mg/l

(Sumber: Hasil Penelitian, 2008)

*)Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002.

Dari Tabel 4.1. Hasil analisis awal menunjukkan bahwa kualitas limbah industri tahu khususnya untuk parameter BOD, SO₄, dan TSS tidak memenuhi standart baku mutu limbah cair berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002.

Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi BOD, SO₄, dan TSS setelah proses *roughing filter* aliran horizontal dengan diameter 4,75 mm, komposisi media, dan waktu operasional dapat dilihat pada Tabel 4.2, 4.3, dan Tabel 4.4.

Tabel 4.2 Nilai Akhir Konsentrasi BOD Pada Limbah Tahu

Variasi Komposisi Media	Waktu (menit)	Konsentrasi Akhir BOD (mg/l)
K ₁ (Dolomit 100 cm)	30	5139,6
	60	4964,6
	90	4989,6
	120	4952,1
	150	4702,1
K ₂ (Bentonit 50 cm : Dolomit 50 cm)	30	2242,1
	60	2317,1
	90	2367,1
	120	2397,1
	150	2382,1



K ₃ (Bentonit 100 cm)	30	2317,1
	60	2357,1
	90	2332,1
	120	2282,1
	150	2267,1

(Sumber: Hasil Penelitian, 2008)

Tabel 4.3 Nilai Akhir Konsentrasi SO₄ Pada Limbah Tahu

Variasi Komposisi Media	Waktu (menit)	Konsentrasi Akhir SO ₄ (mg/l)
K ₁ (Dolomit 100 cm)	30	150,820
	60	135,210
	90	120,589
	120	112,056
	150	105,019
K ₂ (Bentonit 50 cm : Dolomit 50 cm)	30	125,228
	60	105,004
	90	106,768
	120	139,586
	150	142,860
K ₃ (Bentonit 100 cm)	30	69,020
	60	95,776
	90	96,364
	120	111,352
	150	113,880

(Sumber: Hasil Penelitian, 2008)

Tabel 4.4 Nilai Akhir Konsentrasi TSS Pada Limbah Tahu

Variasi Komposisi Media	Waktu (menit)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)
K ₁ (Dolomit 100 cm)	30	745,8
	60	860,6
	90	724,2
	120	870,0
	150	759,0
K ₂ (Bentonit 50 cm : Dolomit 50 cm)	30	545,6
	60	535,2
	90	597,7
	120	566,2
	150	567,2
K ₃ (Bentonit 100 cm)	30	404,2
	60	466,2
	90	508,2
	120	448,4
	150	485,2

(Sumber: Hasil Penelitian, 2008)



Keterangan :

K₁ : Komposisi media dolomit panjang 100 cm

K₂ : Komposisi media bentonit panjang 50 cm : dolomit 50 cm

K₃ : Komposisi media bentonit panjang 100 cm

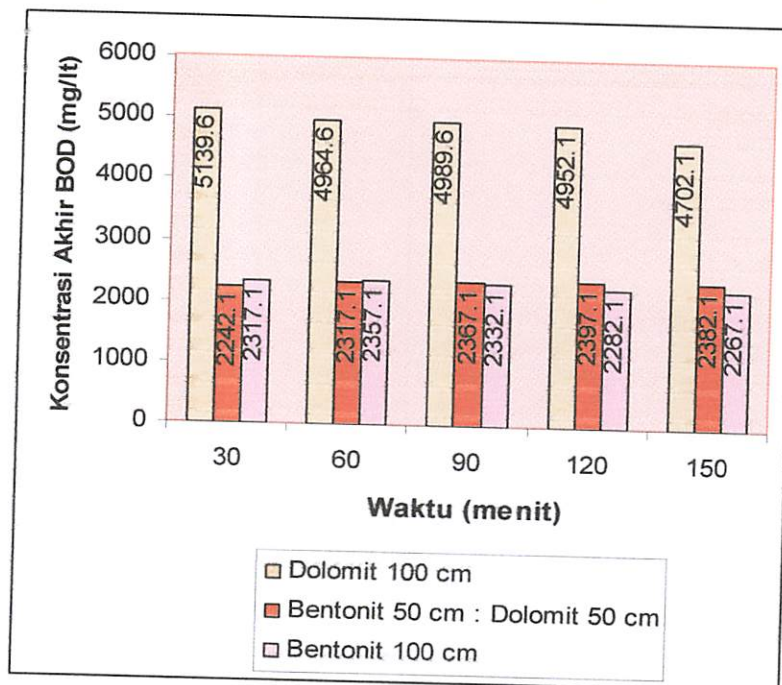
Waktu operasional 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit adalah waktu pengambilan sampel setelah melalui proses filtrasi pada alat *roughing filter* aliran horizontal.

4.2. Analisis Statistik

4.2.1. Analisis deskriptif

4.2.1.1. Analisis deskriptif persen removal konsentrasi BOD

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bentonit dan dolomit sebagai media filtrasi pada *roughing filter* aliran horizontal dengan perlakuan yang meliputi diameter media 4,75 mm, variasi komposisi media untuk dolomit 100 cm (K₁), bentonit 50 cm : dolomit 50 cm (K₂), bentonit 100 cm (K₃) serta variasi waktu operasional 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi BOD dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Berdasarkan data konsentrasi akhir BOD pada Tabel 4.2 dapat diplot menjadi sebuah grafik konsentrasi akhir pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Penurunan Konsentrasi Akhir BOD



Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir BOD melalui alat *roughing filter* aliran horizontal pada masing-masing komposisi media berbeda-beda sesuai dengan kemampuan masing-masing media dalam menurunkan kadar BOD pada rentang waktu pengambilan sampel 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit. Penurunan konsentrasi akhir BOD air limbah tahu paling rendah terdapat pada waktu pengambilan sampel 150 menit yaitu sebesar 2242,1 mg/l didapat pada perlakuan variasi komposisi media dolomit 100 cm (K₁), sedangkan konsentrasi akhir BOD tertinggi sebesar 5139,6 mg/l didapat pada perlakuan variasi panjang media dolomit 100 cm (K₁) pada waktu operasional 30 menit.

Sedangkan untuk mengetahui persentase penurunan konsentrasi BOD pada setiap variasinya digunakan rumus:

$$\%(\text{Removal}) = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100\% \dots\dots\dots(4.1)$$

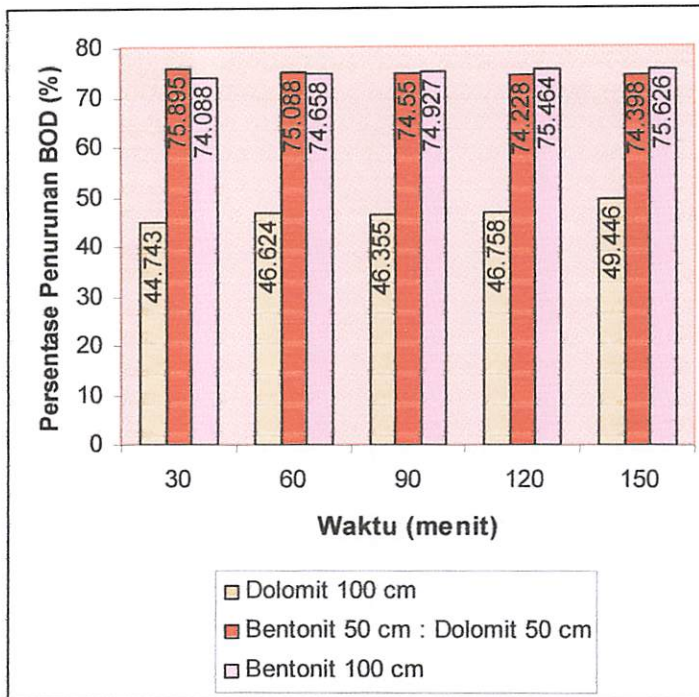
Perhitungan persentase penurunan konsentrasi BOD dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Persentase Penurunan Konsentrasi BOD

Variasi Komposisi Media	Waktu (menit)	Konsentrasi Awal BOD (mg/l)	Persentase Penurunan Konsentrasi BOD (%)
K ₁ (Dolomit 100)	30	9301,2	44,743
	60		46,624
	90		46,355
	120		46,758
	150		49,446
K ₂ (Bentonit 50 cm : Dolomit 50 cm)	30		75,895
	60		75,088
	90		74,550
	120		74,228
	150		74,398
K ₃ (Bentonit 100 cm)	30		74,088
	60		74,658
	90		74,927
	120		75,464
	150		75,626

(Sumber: Hasil Penelitian, 2008)

Berdasarkan data persentase penurunan BOD pada Tabel 4.5 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan BOD pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi BOD

❖ **Media Dolomit**

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 konsentrasi akhir BOD yang terendah terjadi pada saat pengambilan sampel kelima (saat $t = 150$ menit) sebesar 4702.1 mg/l sedangkan konsentrasi akhir BOD terbesar saat pengambilan sampel pertama (saat $t = 30$ menit) sebesar 5139.6 mg/l. Berdasarkan Tabel 4.5 dan Gambar 4.2 persentase penurunan BOD terbesar adalah 49.446% pada pengambilan sampel kelima (saat $t = 150$ menit) sedangkan persentase penurunan BOD terendah adalah 44.743 % pada pengambilan sampel pertama (saat $t = 30$ menit).

❖ **Media Kombinasi Bentonit 50 cm dan Dolomit 50 cm akhir**

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 konsentrasi akhir BOD yang terendah terjadi pada saat pengambilan sampel yang pertama (saat $t = 30$ menit) sebesar 2242.1 mg/l sedangkan konsentrasi akhir BOD terbesar saat pengambilan sampel ke-4 (saat $t = 120$ menit) sebesar 2397.1 mg/l. Berdasarkan Tabel 4.5 dan Gambar 4.2 persentase penurunan BOD terbesar 75.895% pada pengambilan



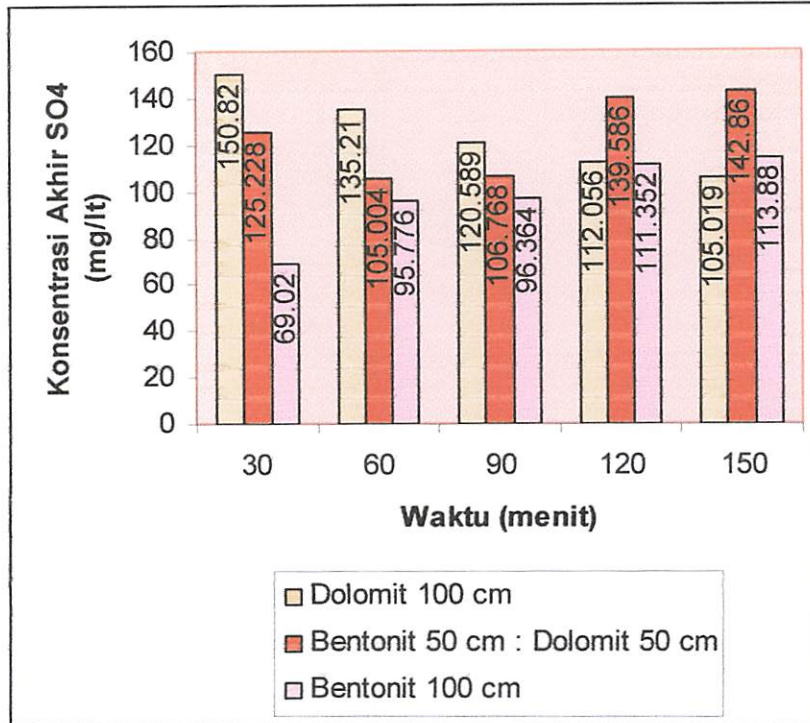
sampel pertama (saat $t = 30$ menit) sedangkan persentase penurunan BOD terendah adalah 74.228 % pada pengambilan sampel ke-4 (saat $t = 120$ menit).

❖ **Media Bentonit**

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 konsentrasi akhir BOD yang terendah terjadi saat pengambilan sampel yang kelima (saat $t = 150$ menit) sebesar 2267.1 mg/l sedangkan konsentrasi akhir BOD yang terbesar saat pengambilan sampel kedua (saat $t = 60$ menit) sebesar 2357.1 mg/l. Berdasarkan Tabel 4.5 dan Gambar 4.2 persentase penurunan BOD terbesar adalah 75.626% pada pengambilan sampel kelima (saat $t = 150$ menit) sedangkan persentase penurunan BOD terendah adalah 74.088 % pada pengambilan sampel pertama (saat $t = 30$ menit).

4.2.1.2. Analisis deskriptif persen removal konsentrasi SO_4

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bentonit dan dolomit sebagai media filtrasi pada *roughing filter* aliran horizontal dengan perlakuan yang meliputi diameter media 4,75 mm, variasi komposisi media untuk dolomit 100 cm (K_1), bentonit 50 cm : dolomit 50 cm (K_2), bentonit 100 cm (K_3) serta variasi waktu operasional 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi SO_4 dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Berdasarkan data konsentrasi akhir SO_4 pada tabel 4.3 dapat diplot menjadi sebuah grafik konsentrasi akhir pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Penurunan Konsentrasi Akhir SO₄

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir SO₄ melalui alat *roughing filter* aliran horizontal pada masing-masing media berbeda-beda sesuai dengan kemampuan masing-masing media dalam menurunkan konsentrasi SO₄ pada rentang waktu operasional 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit. Penurunan konsentrasi akhir SO₄ air limbah tahu paling rendah terdapat pada waktu pengambilan sampel 30 menit yaitu sebesar 69.02 mg/l didapat pada perlakuan variasi bentonit 100 cm (K₃), sedangkan konsentrasi akhir SO₄ tertinggi sebesar 150.820 mg/l didapat pada perlakuan variasi komposisi media dolomit 100 cm (K₁) pada waktu operasional 30 menit.

Sedangkan untuk mengetahui persentase penurunan konsentrasi SO₄ pada setiap variasi komposisinya digunakan rumus:

$$\%(\text{Removal}) = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100 \%$$

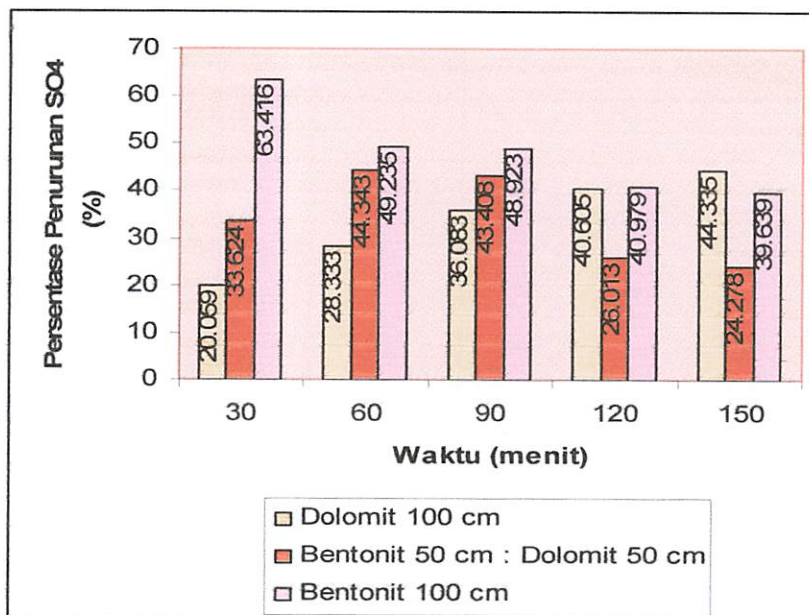
Perhitungan persentase penurunan konsentrasi SO₄ dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Persentase Penurunan Konsentrasi SO_4

Variasi Komposisi Media	Waktu (menit)	Konsentrasi Awal SO_4 (mg/l)	Persentase Penurunan Konsentrasi SO_4 (%)
K_1 (Dolomit 100 cm)	30	188,664	20,059
	60		28,333
	90		36,083
	120		40,605
	150		44,335
K_2 (Bentonit 50 cm : dolomit 50 cm)	30		33,624
	60		44,343
	90		43,408
	120		26,013
	150		24,278
K_3 (Bentonit 100 cm)	30		63,416
	60		49,235
	90		48,923
	120		40,979
	150		39,639

(sumber: Hasil Penelitian, 2008)

Berdasarkan data persentase penurunan konsentrasi SO_4 pada Tabel 4.6 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan konsentrasi SO_4 pada Gambar 4.4.

Gambar 4.4 Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi SO_4

**❖ Media Dolomit**

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 konsentrasi akhir SO_4 yang terendah terjadi pada saat pengambilan sampel kelima (saat $t = 150$ menit) sebesar 105.019 mg/l sedangkan konsentrasi akhir SO_4 terbesar saat pengambilan sampel pertama (saat $t = 30$ menit) sebesar 150.82 mg/l. Berdasarkan Tabel 4.6 dan Gambar 4.4 persentase penurunan SO_4 terbesar adalah 44.335 % pada pengambilan sampel kelima (saat $t = 150$ menit) sedangkan persentase penurunan konsentrasi SO_4 terendah adalah 20.059 % pada pengambilan sampel pertama (saat $t = 30$ menit).

❖ Kombinasi Media Bentonit 50 cm : Dolomit 50 cm

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 konsentrasi akhir SO_4 yang terendah terjadi pada saat pengambilan sampel yang kelima (saat $t = 60$ menit) sebesar 105.004 mg/l sedangkan konsentrasi akhir SO_4 terbesar saat pengambilan sampel kelima (saat $t = 150$ menit) sebesar 142.86 mg/l. Berdasarkan Tabel 4.6 dan gambar 4.4 persentase penurunan SO_4 terbesar 44.343 % pada pengambilan sampel kedua (saat $t = 60$ menit) sedangkan persentase penurunan SO_4 terendah adalah 24.278 % pada pengambilan sampel kelima (saat $t = 150$ menit).

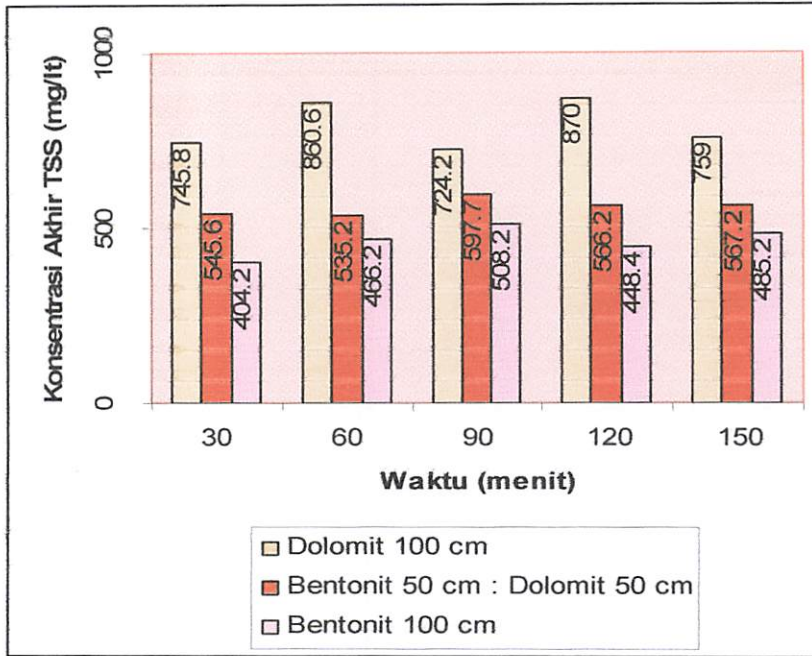
❖ Media Bentonit

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 konsentrasi akhir SO_4 yang terendah terjadi saat pengambilan sampel yang pertama (saat $t = 30$ menit) sebesar 69.02 mg/l sedangkan konsentrasi akhir SO_4 yang terbesar saat pengambilan sampel kelima (saat $t = 150$ menit) sebesar 113.88 mg/l. Berdasarkan Tabel 4.6 dan Gambar 4.4 persentase penurunan SO_4 terbesar adalah 63.416 % pada pengambilan sampel pertama (saat $t = 30$ menit) sedangkan persentase penurunan SO_4 terendah adalah 39.639 % pada pengambilan sampel kelima (saat $t = 150$ menit).

4.2.1.3. Analisis Deskriptif Persen Removal TSS

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bentonit dan dolomit sebagai media filtrasi pada roughing filter aliran horizontal dengan perlakuan yang meliputi diameter media 4,75 mm, variasi komposisi media untuk dolomit 100 cm (K_1), bentonit 50 cm : dolomit 50 cm (K_2), bentonit 100 cm (K_3) serta variasi waktu operasional 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit

mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi TSS dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Berdasarkan data konsentrasi akhir TSS pada tabel 4.4 dapat diplot menjadi sebuah grafik konsentrasi akhir pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Penurunan Konsentrasi Akhir TSS

Berdasarkan Tabel 4.4 dan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir TSS melalui alat roughing filter aliran horizontal pada masing-masing media berbeda-beda sesuai dengan kemampuan masing-masing komposisi media dalam menurunkan konsentrasi TSS pada rentang waktu operasional 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit. Penurunan konsentrasi akhir TSS air limbah tahu paling rendah terdapat pada waktu pengambilan sampel 30 menit yaitu sebesar 404.2 mg/l didapat pada perlakuan variasi bentonit 100 cm (K_3), sedangkan konsentrasi akhir TSS tertinggi sebesar 870 mg/l didapat pada perlakuan variasi komposisi media dolomit 100 cm (K_1) pada waktu operasional 120 menit.

Sedangkan untuk mengetahui persentase penurunan konsentrasi TSS pada setiap variasinya digunakan rumus:

$$\%(\text{Removal}) = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100 \%$$

Perhitungan persentase penurunan kadar TSS dapat dilihat pada Tabel 4.7.

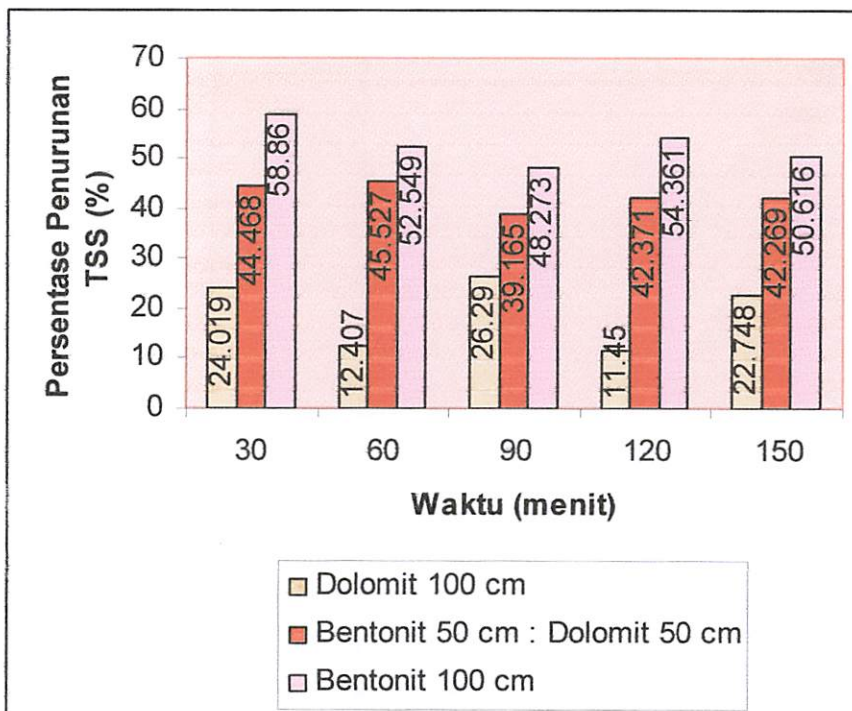


Tabel 4.7 Persentase Penurunan Konsentrasi TSS

Variasi Komposisi Media	Waktu (menit)	Konsentrasi Awal TSS (mg/l)	Persentase Penurunan Konsentrasi TSS (%)
K ₁ (Dolomit 100 cm)	30	982,5	24,019
	60		12,407
	90		26,290
	120		11,450
	150		22,748
K ₂ (Bentonit 50 cm : Dolomit 50 cm)	30		44,468
	60		45,527
	90		39,165
	120		42,371
	150		42,269
K ₃ (Bentonit 100 cm)	30		58,860
	60		52,549
	90		48,273
	120		54,361
	150		50,616

(Sumber: Hasil Penelitian, 2008)

Berdasarkan data persentase penurunan TSS pada Tabel 4.7 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan TSS pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi TSS



❖ **Media Dolomit**

Berdasarkan Tabel 4.4 dan Gambar 4.5 konsentrasi TSS akhir yang terendah terjadi pada saat pengambilan sampel ke-3 (saat $t = 90$ menit) sebesar 724.2 mg/l sedangkan konsentrasi akhir TSS terbesar saat pengambilan sampel ke-4 (saat $t = 120$ menit) sebesar 870.0 mg/l. Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.6 persentase penurunan TSS terbesar adalah 26.290 % pada pengambilan sampel ke-3 (saat $t = 90$ menit) sedangkan persentase penurunan TSS terendah adalah 11,45 % pada pengambilan sampel ke-4 (saat $t = 120$ menit).

❖ **Kombinasi Media bentonit 50 cm dan Dolomit 50 cm**

Berdasarkan Tabel 4.4 dan Gambar 4.5 konsentrasi akhir TSS yang terendah terjadi pada saat pengambilan sampel yang kedua (saat $t = 60$ menit) sebesar 535.2 mg/l sedangkan konsentrasi akhir TSS terbesar saat pengambilan sampel ke-4 (saat $t = 90$ menit) sebesar 597.7 mg/l. Berdasarkan tabel 4.7 dan gambar 4.6 persentase penurunan TSS terbesar 45.527 % pada pengambilan sampel kedua (saat $t = 60$ menit) sedangkan persentase penurunan TSS terendah adalah 39.165 % pada pengambilan sampel tiga (saat $t = 90$ menit).

❖ **Media Bentonit**

Berdasarkan Tabel 4.4 dan Gambar 4.5 konsentrasi akhir TSS yang terendah terjadi saat pengambilan sampel yang pertama (saat $t = 30$ menit) sebesar 404.2 mg/l sedangkan konsentrasi akhir TSS yang terbesar saat pengambilan sampel ketiga (saat $t = 90$ menit) sebesar 508.2 mg/l. Berdasarkan tabel 4.7 dan gambar 4.6 persentase penurunan TSS terbesar adalah 58.86 % pada pengambilan sampel pertama (saat $t = 30$ menit) sedangkan persentase penurunan TSS terendah adalah 48.273 % pada pengambilan sampel ketiga (saat $t = 90$ menit).

4.3. Analisis ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perbedaan Variabel Bebas (waktu dan variasi media) terhadap nilai variabel terikat (persen penurunan BOD, SO_4 dan TSS), maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA.



Tabel 4.8. Hasil Uji ANOVA Variabel Terikat (BOD, SO₄, dan TSS) Versus Variabel Bebas (waktu dan komposisi media)

Variabel Terikat		Hasil Uji One Way Anova						
		Source	DF	SS	MS	F	P	
%Removal BOD	%R BOD Versus Waktu	Waktu	4	4	1	0.00	1.000	
		Error	10	2663	266			
		Total	14	2667				
		S = 16.32 R-Sq = 0.15 % R-Sq(adj) = 0.00%						
	%R BOD Versus variasi media	Variasi Media	2	2652.13	1326.07	1055.45	0.000	
		Error	12	15.08	1.26			
		Total	14	2667.21				
		S = 1.121 R-Sq = 99.43 % R-Sq(adj) = 99.34 %						
	%Removal SO ₄	%R SO ₄ Versus Waktu	Waktu	4	106	27	0.16	0.954
			Error	10	1673	167		
Total			14	1779				
S = 12.93 R-Sq = 5.97 % R-Sq(adj) = 0.00 %								
%R SO ₄ Versus variasi media		Variasi Media	2	685.8	342.9	3.75	0.054	
		Error	12	1093.0	91.1			
		Total	14	1778.7				
		S = 9.544 R-Sq = 38.55 % R-Sq(adj) = 28.31 %						
%Removal TSS		%R TSS Versus Waktu	Waktu	4	74	18	0.06	0.993
			Error	10	3166	317		
	Total		14	3240				
	S = 17.79 R-Sq = 2.28 % R-Sq(adj) = 0.00 %							
	%R TSS Versus variasi media	Variasi Media	2	2959.2	1479.6	63.32	0.000	
		Error	12	280.4	23.4			
		Total	14	3239.6				
		S = 4.834 R-Sq = 91.34 % R-Sq(adj) = 89.90 %						

Sumber : Output Minitab 14, hasil Penelitian, 2009

Keterangan:

- DF : Degre Freedom (Derajat bebas)
- SS : Varian Residual = kuadrat standar deviasi
- MS : Mean Square (kuadrat rata-rata)
- P : Probabilitas
- S : Varian
- R-Sq : R-Square : Koefisien determinasi.
- R-Sq (adj) : R-Square adjusted : Koefisien determinansi yang disesuaikan.
- F : Fisher (Nilai distribusi data)

Hipotesis hasil uji ANOVA:

- H₀ = Ke-15 rata-rata perlakuan adalah identik.
- H₁ = Ke-15 rata-rata perlakuan adalah tidak identik.



Dasar pengambilan keputusan:

Berdasarkan pada perbandingan F hitung dengan F tabel.

- Jika statistik hitung (angka F *output*) > statistik tabel (tabel F), H_0 ditolak.
- Jika statistik hitung (angka F *output*) < statistik tabel (tabel F), H_0 diterima.

Keputusan:

1. Analisis persentase penurunan konsentrasi BOD

Terlihat bahwa F hitung dari *output* untuk waktu dan variasi media berturut-turut adalah 0.00 dan 1055.45 sedangkan F tabel dengan α toleransi 5 % atau 0,05 adalah 3.89. Karena nilai F hitung *output* untuk variasi media lebih besar dari F tabel, maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) yaitu ke-15 perlakuan memiliki rata-rata yang tidak identik. Sedangkan nilai F hitung *output* untuk variasi waktu lebih kecil dari F tabel, maka keputusannya adalah menolak hipotesis alternatif (H_1) dan menerima hipotesis awal (H_0) yaitu ke-15 perlakuan memiliki rata-rata yang identik.

$$\left. \begin{array}{l} F_{0,05, a-1, N-a} \\ F_{0,05, 3-1, 15-3} \end{array} \right\} F_{0,05, 2, 12} = 3,89$$

2. Analisis persentase penurunan konsentrasi SO_4

Terlihat bahwa F hitung dari *output* untuk waktu dan variasi media berturut-turut adalah 0.16 dan 3.75, sedangkan F tabel dengan α toleransi 5% atau 0,05 adalah 3.89. Karena nilai F hitung *output* untuk variasi waktu dan media lebih kecil dari F tabel, maka keputusannya adalah menolak hipotesis alternatif (H_1) dan menerima hipotesis awal (H_0) yaitu ke-15 perlakuan memiliki rata-rata yang identik.

3. Analisis persentase penurunan konsentrasi TSS $a = \text{banyak pengulangan}$
 $N = \text{jumlah data (15)}$

Terlihat bahwa F hitung dari *output* untuk waktu dan variasi media berturut-turut adalah 0.06 dan 63.32, sedangkan F tabel dengan α toleransi 5% atau 0,05 adalah 3.89. Karena nilai F hitung *output* untuk variasi media lebih besar dari F tabel, maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) yaitu ke-15 perlakuan memiliki rata-rata yang tidak identik. Sedangkan nilai F hitung *output* untuk variasi waktu lebih kecil dari F tabel, maka keputusannya adalah menolak hipotesis alternatif (H_1) dan menerima



hipotesis awal (H_0) yaitu ke-15 perlakuan memiliki rata-rata yang identik

4.3.1. Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, dalam hal ini hubungan antara variabel terikat (persen removal BOD, SO_4 dan TSS) dengan Variabel Bebas (waktu dan variasi media). Hasil analisis korelasi dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Korelasi Antara variabel terikat (persen removal BOD, SO_4 dan TSS) dengan Variabel Bebas (waktu dan variasi media)

Variabel Terikat	Hasil Uji Analisis Korelasi			
	Waktu		Variasi Media	
	Pearson Correlation	P-Value	Pearson Correlation	P-Value
% R BOD	0.034	0.905	0.862	0.000
% R SO_4	0.138	0.624	0.435	0.035
% R TSS	0.083	0.770	0.932	0.000

Sumber : Output Minitab 14, hasil Penelitian, 2009

Tabel 4.9. menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara variabel dapat diketahui dari koefisien korelasinya yaitu:

1. Analisis persentase penurunan konsentrasi BOD

Nilai koefisien korelasi antara persentase penurunan BOD dengan variasi waktu pengambilan sampel 0.034. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara kedua variabel lemah. (Iriawan dan Astuti). Dan arah hubungan yang positif menunjukkan hubungan yang searah yang berarti bahwa jika semakin lama waktu maka semakin tinggi tingkat persentase penurunan BOD dimana rentang waktu yang dimaksud adalah antara jam kali pertama effluent keluar sampai 2.5 jam. Tingkat signifikan persentase penurunan BOD dengan variasi waktu pengambilan sampel ditunjukkan dengan nilai probabilitas 0.905 (> 0.05) maka korelasinya tidak nyata/signifikan.

Nilai koefisien korelasi antara persentase penurunan BOD dengan variasi komposisi media sebesar 0.862. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara kedua variabel kuat (Iriawan dan Astuti).



Hubungan kedua variabel searah, yang menunjukkan bahwa variasi komposisi media berbanding lurus dengan besarnya persentase penurunan BOD. Tingkat signifikan persentase penurunan BOD ditunjukkan dengan nilai probabilitas 0.000 (< 0.05) maka korelasinya nyata/signifikan.

2. Analisis persentase penurunan konsentrasi SO_4

Nilai koefisien korelasi antara persentase penurunan SO_4 dengan variasi waktu pengambilan sampel 0.138. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara kedua variabel lemah. (Iriawan dan Astuti, 2006). Arah hubungan yang positif menunjukkan hubungan yang searah yang berarti bahwa variasi waktu berbanding lurus dengan besarnya persentase penurunan konsentrasi SO_4 , dimana rentang waktu yang dimaksud adalah antara jam kali pertama effluent keluar sampai 2.5 jam. Tingkat signifikan persentase penurunan SO_4 dengan variasi waktu pengambilan sampel ditunjukkan dengan nilai probabilitas 0.624 (> 0.05) maka korelasinya tidak nyata/signifikan.

Nilai koefisien korelasi antara persentase penurunan SO_4 dengan variasi komposisi media sebesar 0.546. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara kedua variabel kuat (Iriawan dan Astuti, 2006). Dan arah hubungan yang positif menunjukkan hubungan yang searah yang berarti bahwa variasi komposisi media berbanding lurus dengan besarnya persentase penurunan SO_4 . Tingkat signifikan persentase penurunan SO_4 ditunjukkan dengan nilai probabilitas 0.035 (< 0.05) maka korelasinya nyata/signifikan.

3. Analisis persentase penurunan konsentrasi TSS

Nilai koefisien korelasi antara persentase penurunan TSS dengan variasi waktu pengambilan sampel 0.083. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara kedua variabel lemah. (Iriawan dan Astuti). Dan arah hubungan yang positif menunjukkan hubungan yang searah yang berarti bahwa jika semakin lama waktu maka semakin tinggi tingkat persentase penurunan TSS dimana rentang waktu yang dimaksud adalah antara jam pertama kali effluent keluar sampai 2.5 jam. Tingkat signifikan persentase penurunan TSS dengan variasi waktu pengambilan sampel ditunjukkan



dengan nilai probabilitas 0.770 (> 0.05) maka korelasinya tidak nyata/signifikan.

Nilai koefisien korelasi antara persentase penurunan TSS dengan variasi komposisi media sebesar 0.932. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara kedua variabel kuat (Iriawan dan Astuti).

Hubungan kedua variabel searah, yang menunjukkan bahwa variasi komposisi media berbanding lurus dengan besarnya persentase penurunan TSS. Tingkat signifikan persentase penurunan TSS ditunjukkan dengan nilai probabilitas 0.000 (< 0.05) maka korelasinya nyata/signifikan.

4.3.2. Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya kekuatan hubungan antara variabel terikat (respons) BOD, SO_4 dan TSS dengan variabel bebas (prediktor) waktu dan komposisi media digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan dan atau signifikan prediksi dari hubungan/korelasi data. Hal ini dapat diketahui berdasarkan nilai koefisien yang menunjukkan bahwa hubungan tersebut mendekati atau sesuai dengan data yang dihasilkan. Berdasarkan model regresi yang sudah dibuat dapat diketahui besarnya hubungan variasi waktu dan komposisi media terhadap persentase penurunan konsentrasi BOD, SO_4 dan TSS yang dihasilkan dalam proses analisis data. Taksiran parameter model yang digunakan adalah regresi berganda, karena memiliki lebih dari 1 variabel bebas. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Koefisien Persamaan Regresi Nilai persen penurunan BOD, SO_4 dan TSS

Variabel Terikat	Hasil Uji Persamaan Regresi					
	Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
%R BOD	Constant	50.549	5.145	9.83	0.000	
	Waktu	0.01063	0.04583	0.23	0.820	1.0
	Variasi media	0.28167	0.04763	5.91	0.000	1.0
S = 7.53133 R-Sq = 74.5% R-Sq(adj) = 70.2%						
% R BOD = 50.5 + 0.0106 waktu + 0.282 variasi media						



%R SO ₄	Constant	34.786	6.875	5.06	0.000	
	Waktu	-0.03538	0.06124	-0.58	0.574	1.0
	Variasi media	0.14555	0.06365	2.29	0.041	1.0
	S = 10.0635 R-Sq = 31.7 % R-Sq(adj) = 20.3%					
	% R SO ₄ = 34.8 - 0.354 waktu + 0.146 variasi media					
%R TSS	Constant	24.157	3.962	6.10	0.000	
	Waktu	-0.02859	0.03530	-0.81	0.434	1.0
	Variasi media	0.33549	0.03668	9.15	0.000	1.0
	S = 5.79987 R-Sq = 87.5 % R-Sq(adj) = 85.5 %					
	% R TSS = 24.4 - 0.0286 waktu + 0.335 variasi media					

Sumber : Output Minitab 14, hasil Penelitian, 2009

Keterangan :

Coef : Koefisien

SE Coef : Standard error koefisien

T : Nilai titik kritis

A. Uji multikolinear

Multikolinear adalah kejadian adanya korelasi kuat antar variabel bebas. Jika antarvariabel bebas berkorelasi, maka taksiran parameter model tidak tepat. Untuk mengidentifikasi adanya multikolinear maka digunakan *Variance Inflation Factor* (VIF). Apabila VIF > 1, berarti ada korelasi antarvariabel prediktor sehingga ada ketidaksesuaian model (Iriawan dan Astuti., 2006). Pada tabel 4.10 terlihat bahwa nilai VIF untuk variabel variasi media dan waktu berturut-turut adalah 1.0 dan 1.0 sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ada multikolinear dan taksiran model regresi berganda yang digunakan tepat.

B. Persamaan Regresi

1. Analisis Persentase Penurunan Konsentrasi BOD

$$Y = 50.5 + 0.0106X_1 + 0.282X_2 \dots\dots\dots(4.2)$$

Dimana:

Y = Persentase penurunan konsentrasi BOD (%)

X₁ = Variasi waktu pengambilan sampel (menit)

X₂ = Variasi komposisi media



konstanta sebesar 50.5 menyatakan bahwa jika variasi waktu pengambilan sampel dan komposisi media konstan maka persentase penurunan BOD adalah 50.5 %. Koefisien regresi sebesar 0.0106 untuk variabel waktu pengambilan sampel (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 1 menit akan meningkatkan persentase penurunan BOD sebesar 0.0106 % dengan anggapan variabel lain besarnya konstan. Sedangkan koefisien regresi 0.282 untuk variabel komposisi media (X_2) menyatakan bahwa variasi komposisi media sebesar 1 cm akan meningkatkan persentase penurunan BOD sebesar 0.282 % dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.

2. Analisis Persentase Penurunan Konsentrasi SO_4

$$Y = 34.8 - 0.0354X_1 + 0.146X_2 \dots \dots \dots (4.3)$$

Dimana :

Y = Persentase penurunan konsentrasi SO_4 (%)

X_1 = Variabel waktu pengambilan sampel (menit)

X_2 = Variabel komposisi media

konstanta sebesar 34.8 menyatakan bahwa jika variasi waktu pengambilan sampel dan komposisi media konstan maka persentase penurunan SO_4 adalah 34.8 %. Koefisien regresi sebesar -0.0354 untuk variabel waktu pengambilan sampel (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 1 menit akan menurunkan persentase penurunan konsentrasi SO_4 sebesar -0.0354 % dengan anggapan variabel lain besarnya konstan. Sedangkan koefisien regresi 0.146 untuk variabel komposisi media (X_2) menyatakan bahwa variasi komposisi media sebesar 1 cm akan meningkatkan persentase penurunan SO_4 sebesar 0.146 % dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.

3. Analisis Persentase Penurunan Konsentrasi TSS

$$Y = 24.2 - 0.0286X_1 + 0.335X_2 \dots \dots \dots (4.4)$$

Dimana :

Y = Persentase penurunan konsentrasi TSS (%)

X_1 = Variabel waktu pengambilan sampel (menit)

X_2 = Variabel komposisi media



Konstanta sebesar 24.2 menyatakan bahwa jika variasi waktu pengambilan sampel dan komposisi media konstan maka persentase penurunan TSS adalah 24.2 %. Koefisien regresi sebesar -0.0286 untuk variabel waktu pengambilan sampel (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 1 menit akan menurunkan persentase penurunan konsentrasi TSS sebesar -0.0286 % dengan anggapan variabel lain besarnya konstan. Sedangkan koefisien regresi 0.335 untuk variabel komposisi media (X_2) menyatakan bahwa variasi komposisi media sebesar 1 cm akan meningkatkan persentase penurunan TSS sebesar 0.335 % dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.

C. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independent.

Hipotesis:

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan

H_1 = koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan:

Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel. Jika statistik t hitung < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jika statistik t hitung > statistik t tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

1. Analisis persentase penurunan konsentrasi BOD

Nilai t tabel adalah 1.782, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel 4.10 untuk variasi waktu pengambilan sampel dan komposisi media masing-masing berturut-turut adalah 0.23 dan 5.91. Nilai t hitung komposisi media lebih besar dari t tabel, maka koefisien regresi signifikan. Sedangkan nilai t hitung variasi waktu lebih kecil dari t tabel maka koefisien regresi waktu tidak signifikan.

2. Analisis persentase penurunan konsentrasi SO_4

Nilai t tabel adalah 1.782, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel untuk variasi waktu pengambilan sampel adalah -0.58 berarti nilai t hitung lebih kecil dari t tabel, maka koefisien regresi tidak signifikan, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel untuk variasi komposisi media adalah 2.29 berarti nilai t hitung lebih besar dari t tabel, maka koefisien regresi signifikan.

$$t_{\alpha, (N - (k + 1))}$$
$$t_{0,05(15 - (2 + 1))}$$
$$t_{0,05, 12} \Rightarrow 1,782$$

$k = \text{alh derajat bebas.}$



3. Analisis persentase penurunan konsentrasi TSS

Nilai t tabel adalah 1.782, sedangkan nilai t hitung berdasarkan tabel untuk variasi waktu pengambilan sampel adalah -0.81 berarti nilai t hitung lebih kecil dari t tabel, maka koefisien regresi tidak signifikan. Nilai t hitung berdasarkan tabel untuk variasi komposisi media adalah 9.15 berarti nilai t hitung lebih besar dari t tabel, maka koefisien regresi signifikan..

♦ Berdasarkan probabilitas

Hipotesa :

- i. Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima.
- ii. Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak.

1. Analisis persentase penurunan konsentrasi BOD

Terlihat bahwa pada kolom P (tabel 4.10) adalah 0,000 untuk konstanta dan variasi media, yang berarti probabilitas jauh di bawah 0,05. Dengan demikian, H_0 ditolak, atau koefisien regresi signifikan, atau variasi komposisi media benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan persentase penurunan konsentrasi BOD. Sedangkan untuk variasi waktu, nilai P adalah sebesar 0.820. Dengan demikian H_0 diterima. Koefisien regresi tidak signifikan.

2. Analisis persentase penurunan konsentrasi SO_4

Terlihat bahwa pada kolom P (tabel 4.10) adalah 0.574 untuk variasi waktu, yang berarti probabilitas di atas 0,05. Dengan demikian, H_0 diterima, atau koefisien regresi tidak signifikan, variasi waktu kurang berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan persentase penurunan konsentrasi SO_4 . Untuk variasi komposisi media dan konstanta regresi, nilai P berturut-turut adalah 0.041 dan 0.000. Nilai P di bawah 0.05, dengan demikian konstanta regresi signifikan.

3. Analisis persentase penurunan konsentrasi TSS

Terlihat bahwa pada kolom P (tabel 4.10) adalah 0.000 untuk variasi komposisi media dan konstanta regresi yang berarti probabilitas jauh di bawah 0,05. Dengan demikian, H_0 ditolak, atau



koefisien regresi signifikan, atau variasi komposisi media benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan persentase penurunan konsentrasi TSS. Untuk variasi waktu adalah 0.434 lebih besar dari 0.05 dengan demikian koefisien regresi tidak signifikan.

D. Nilai R Square

1. Analisis persentase penurunan konsentrasi BOD

Hasil analisis regresi juga didapatkan nilai *R square* sebesar 74.5 %, hal ini berarti 74.5 % penurunan konsentrasi BOD dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel dan komposisi media. Sedangkan sisanya 25.5 % dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.

2. Analisis persentase penurunan konsentrasi SO_4

Hasil analisis regresi juga didapatkan nilai *R square* sebesar 31.7 %, hal ini berarti 31.7 % penurunan konsentrasi SO_4 dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel dan komposisi media. Sedangkan sisanya 68.3 % dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.

3. Analisis persentase penurunan konsentrasi TSS

Hasil analisis regresi juga didapatkan nilai *R square* sebesar 87.5 %, hal ini berarti 87.5 % penurunan konsentrasi TSS dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel dan komposisi media. Sedangkan sisanya 12.5 % dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.



4.4. Pembahasan Konsentrasi BOD, SO₄, dan TSS

Berdasarkan hasil analisis statistik terlihat bahwa persentase penurunan konsentrasi BOD, SO₄ dan TSS dengan variasi waktu pengambilan sampel tidak signifikan karena melebihi batas toleransi ($\geq 0,5$) (Iriawan dan Astuti, 2006) ditunjukkan dengan nilai probabilitas masing-masing konsentrasi BOD, SO₄ dan TSS adalah 0,905; 0,624; 0,770. Sedangkan untuk melihat dari masing-masing nilai koefisien korelasi antara persentase penurunan konsentrasi BOD, SO₄, dan TSS dengan variasi waktu pengambilan sampel berturut yaitu 0,034; 0,138; 0,083, hal ini menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara kedua variabel lemah (parameter BOD, SO₄ TSS) karena nilai koefisien korelasinya lebih kecil dari nilai toleransi (0,5) (Iriawan dan Astuti, 2006), diperkuat dengan teori bahwa bahan koloid organik (termasuk bakteri) umumnya bermuatan negatif, sehingga tidak dapat diadsorpsi oleh butiran media pada saat saringan/filter baru dioperasikan, tapi membutuhkan waktu pematangan. Pada tahap ini juga bahan-bahan tersuspensi yang berukuran besar tertahan pada bagian permukaan lapisan media membentuk lapisan halus yang porous yang disebut sebagai kulit saringan. Lapisan inilah yang memberikan efisiensi penyaringan lebih besar dalam menurunkan kadar pencemar. Proses adsorpsi terjadi akibat tumbukkan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran media dan dengan pelapis seperti gelatin pekat yang terbentuk pada butiran media oleh endapan bakteri dan partikel koloid. Proses adsorpsi yang lebih penting sebagai hasil daya tarik menarik elektrostatis, yaitu antara partikel-partikel yang mempunyai muatan listrik berlawanan (Hardjono dan Prayitni, 2005). Sedangkan secara umum sebagian besar belerang yang terdapat dalam air limbah adalah S (IV) dalam ion sulfat, SO₄²⁻. Dalam kondisi anaerobik SO₄²⁻ dapat direduksi oleh aktifitas bakteri menjadi H₂S, HS⁻, atau garam sulfite yang tidak larut. Gas H₂S yang dihasilkan dari reduksi sulfat tersebut menyebabkan bau “telur busuk” yang dikeluarkan oleh banyak air yang tergenang dan air-air tanah. Adanya perbedaan jenis belerang (bilangan oksidasinya) dalam air limbah menggambarkan adanya hubungan antara pH air, potensial oksidasi, dan aktifitas bakteri (Achmad, 2004). Dan arah hubungan antara variasi waktu pengambilan sampel dengan persentase penurunan konsentrasi BOD, SO₄ dan TSS searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya tanda



positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu operasional maka persentase penurunan konsentrasi BOD, SO_4 dan TSS semakin meningkat. Apabila melihat persentase penurunan konsentrasi tersebut di atas dari waktu operasional maka diperoleh nilai persentase penurunan konsentrasi BOD, SO_4 dan TSS mengalami fluktuasi, dimana waktu operasional yang lebih banyak mengalami persentase penurunan berada pada waktu operasional antara 120 menit dan 150 menit. Ditunjang dengan teori bahwa semakin lamanya waktu operasional pada alat roughing filter maka waktu kontak zat organis dengan media akan semakin lama sehingga penurunan konsentrasi bahan pencemar semakin meningkat (FcFeter, 1990 dalam Putra, 2006). Sedangkan hubungan antara persentase penurunan konsentrasi BOD, SO_4 dan TSS dengan komposisi media berturut yaitu 0,862; 0,435; 0,932, hal ini menunjukkan bahwa tingkat hubungan antara kedua variabel kuat (parameter BOD dan TSS) karena nilai koefisien korelasinya lebih besar dari nilai toleransi (0,5), jika dilihat dari persentase penurunan konsentrasi BOD dan TSS terlihat bahwa komposisi media berpengaruh terhadap penyisihan konsentrasi BOD dan TSS. Dimana komposisi media bentonit dengan panjang 100 cm memberikan nilai penurunan yang lebih besar dari komposisi media lainnya. Jadi semakin tinggi/panjang media filter maka mempunyai daya saring yang lebih tinggi karena memiliki waktu pengaliran yang lama (Suwanto, 1991 dalam Miqdar, 2004). Sedangkan untuk parameter SO_4 menunjukkan hubungan yang lemah, karena komposisi media bentonit dan dolomit kurang berpengaruh terhadap persentase penurunan konsentrasi SO_4 , dimana adsorpsi fisik relatif tidak spesifik dan disebabkan oleh gaya van der waal's atau gaya tarik yang lemah antar molekul. Molekul yang teradsorpsi bebas bergerak disekitar permukaan media dan tidak hanya menetap di satu titik. Apabila gaya tarik molekuler antara zat terlarut dengan media itu lebih besar dari gaya tarik antara zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di permukaan media. Pada filtrasi dengan media berbutir terdapat penomena menempel yang meliputi proses *mechanical straining*, adsorpsi (fisik - kimia), biologis (Marsono). Ion (SO_4) akan terkonsentrasi di permukaan media sebagai hasil tarikan elektrostatis ke tempat yang bermuatan berlawanan di permukaan. (Slamet, 2000). Dan arah hubungan antara variasi komposisi media dengan



persentase penurunan konsentrasi BOD, SO₄ dan TSS searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya notasi positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin banyak komposisi media maka persentase penurunan konsentrasi BOD, SO₄ dan TSS semakin meningkat. Berdasarkan hasil analisis persentase penyisihan konsentrasi BOD, SO₄ dan TSS dengan variasi komposisi media bentonit 100 cm menunjukkan hasil yang signifikan dibandingkan dengan variasi lainnya.

Berdasarkan hasil analisis regresi R square konsentrasi BOD, SO₄ dan TSS berturut-turut adalah 75,8%, 29,9%, 48,9%, nilai persentase penurunan konsentrasi tersebut dipengaruhi oleh variasi komposisi media dan waktu pengambilan sampel. Sisanya persentase penurunan konsentrasi BOD, SO₄ dan TSS masing-masing parameter adalah 24,2%; 70,1%; 51,1% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang tidak termasuk dalam proses penelitian ini (Iriawan dan Astuti, 2006).

Berdasarkan analisis penurunan konsentrasi BOD, SO₄ dan TSS hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan fisik dengan menggunakan alat roughing filter aliran horizontal belum memenuhi Standart Baku Mutu Limbah Cair menurut Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002. Karena Roughing filter sebagai *pretreatment* merupakan salah satu rangkain dari proses pengolahan dalam penelitian ini, yang berfungsi untuk mengurangi beban pengolahan berikutnya, karena persentase penurunan konsentrasi BOD, SO₄ dan TSS kurang signifikan, maka perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut (*advance treatment*) dalam mereduksi parameter-parameter pencemar tersebut di atas, misalnya pengolahan biologis, karena salah satu parameter penelitian seperti BOD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui mikrobiologi (Alaert dan Santika, 1984).



BAB V

PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan bentonit dan dolomit sebagai media pada roughing filter kurang efektif untuk variasi waktu dalam menurunkan konsentrasi BOD, SO₄ dan TSS pada limbah tahu, karena berdasarkan hasil analisa masih di atas ambang batas standar baku mutu limbah cair industri menurut Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 Tahun 2002, Sehingga perlu dilakukan pengolahan lanjutan (*advance treatment*) dalam menurunkan konsentrasi BOD, SO₄ dan TSS yang terkandung dalam limbah cair industri tahu.
2. Persentase penurunan konsentrasi BOD tertinggi sebesar 75,895 % pada komposisi media bentonit 50 cm : dolomit 50 cm ; konsentrasi SO₄ tertinggi sebesar 63,416%, konsentrasi TSS tertinggi sebesar 58,860 % pada kombinasi bentonit 100 cm, dengan waktu operasional 30 menit.

5.2. SARAN

Untuk menyempurnakan penelitian ini :

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menambahkan variasi waktu operasional yang lebih lama sehingga dapat diketahui sampai waktu berapa jam filter masih dapat beroperasi dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts,G dan Santika,S.S. 1984. **Metode Penelitian Air**. Penerbit Usaha Nasional Surabaya.
- Ferdian, I. 2005. **Pengaruh Waktu dan Debit Udara Pada Tahap Reaksi Terhadap Penurunan Konsentrasi BOD, SO₄ dan NO₃ Pada Limbah Tahu Untuk Penerapan SBR**, Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang.
- Herlambang, Arie. 2002. **Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri**. Penerbit Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan. Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi Material dan Lingkungan. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Iriawan, Nur dan Puji Astuti Septian. **Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14**. Penerbit Andi Jogjakarta, 2006.
- Ismansyah, B, 2007. **Pengaruh Ukuran Butiran dan Tinggi Media Bentonit Dalam Menurunkan Kekeruhan, COD, dan NH₃ Limbah Tahu Pada Sistem Adsorpsi**, Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang.
- Marsono Bowo Djoko, **Unit Operasi**. Penerbit Media Informasi alumni Teknik Lingkungan (MINAT) ITS Surabaya.
- Metcalf & Edy Inc. 1991. **Wastewater Engeneering : treatment, disposal, reuse**. Edisi ke-3, Mc Graw-Hill Book Co, New York.
- Miqdar, 2004. **Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja dengan Oxydation Ditch untuk memisahkan BOD, COD di Mataram-Nusa Tenggara Barat**.
- Putra, K, 2006. **Pemakaian Cangkang Kerang dan Batu Apung Sebagai Media Pada Roughing Filter Aliran Horizontal Dalam Menurunkan**

Kadar COD, Kekeruhan, dan Kesadahan dan pada Air Sungai, Skripsi
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang.

- Slamet, Agus dan Masduqi Ali, 2000. **Satuan Proses**. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan-ITS Surabaya.
- Sugiharto, 1987. **Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah**. Penerbit Universitas Indonesia.
- Sutrisno, Totok, 2004. **Teknologi Penyediaan Air Bersih**. Penerbit Rineka Cipta
- www.minitab.com Software pengolahan data statistik.
- <http://www.tekmira.esdm.go.id>. Informasi Mineral dan Batu Bara diakses pada tanggal 21 februari 2008.
- www.pertambangan-jatim.or.id, www.infotambang.com, www.geocities.com. Potensi-Galian Industri Diakses pada tanggal 24 Januari 2008.
- <http://www.distamben-propsu.go.id>. Potensi Bahan Galian golongan C Propinsi Sumatera Utara Diakses pada tanggal 18 Agustus 2008.
- <http://pkumweb.ukm.my-kamal/> Sedimentologi- kimia sedimentologi. Diakses pada tanggal, 18 agustus 2008.
- gsdc.distamben-jabar.go.id. Bahan galian diakses pada tanggal 27 april 2008

LAMPIRAN

**SERTIFIKAT
CERTIFICATE**

Nomor : 064 S/LKA MLG/II/08

Halaman 1 dari 2

Page 1 of 2

IDENTITAS PEMILIK*Owner Identity*Nama : *Timotius Haru Mbaha*
NameAlamat : Jl. Candi Blok II/A 379 Malang
Address**IDENTITAS CONTOH UJI***Sample Identity*Kode Contoh Uji : Ext. 137/PC/II/2008/171
Sample CodeJenis Contoh Uji : Air Limbah Tahu
Type of SampleLokasi Pengambilan Contoh Uji : *Tlogo Mas Malang*
Sampling LocationPetugas Pengambilan Contoh Uji :
Sampling Done ByTgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji :
Date Time of SamplingTgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 20 Pebruari 2008 Jam 11:00 WIB
Date Time of Sample Receiving in LaboratoryKondisi Contoh Uji : Keruh
Sample Condition (s)**HASIL ANALISA***Result of Analysis*Terlampir
Enclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal : Malang, 29 Pebruari 2008

Place/ Date of Issue

Laboratorium Kualitas Air
Perum Jasa Tirta I

Inni Dian Rohani, ST

Kepala Laboratorium
Head of LaboratoryContoh diambil oleh Timotius Tanggal 20 Feb 2008
Jam 09:00 WIB

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 064 S /LKA MLG/ II / 08

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 137./ PC /II / 2008 / 171
Sample Code
Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method
Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis
Tanggal Analisa : 15-29 Pebruari 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA
Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Air Limbah Tahu Tlogo Mas Malang					
1	BOD	mg/L	9 301,2	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	982,5	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄)*)	mg/L	188,664	SNI 06 2426 - 1991	-



*) Standar Baku Mutu sesuai dengan : Kepmen LH No. 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Limbah Domestik
Threshold Value fully adopted from

**) tt = Tidak Terdeteksi

Kesimpulan : -
Conclusion

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 205-1 S/LKA MLG/VI/08

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama
Name

Timotius Haru Mbaha

Alamat
Address

Jl. Candi Blok II/A No. 379 Malang

Halaman 1 dari 2

Page 1 of 2

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 181-195/PC/VI/2008/240-254

Jenis Contoh Uji
Type of Sample

Air limbah Tahu

Lokasi Pengambilan Contoh Uji
Sampling Location

Tlogomas Malang

Petugas Pengambilan Contoh Uji
Sampling Done By

Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji
Date Time of Sampling

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 18 Juni 2008 Jam 15:00 WIB
Date Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji
Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir
Enclosure

Diterbitkan Di/ Tanggal : Malang, 26 Juni 2008
Place/ Date of Issue

ASLI ORIGINAL

Laboratorium Kualitas Air
Perum Jasa Tirta I



Jumri Dyan Rohani, ST

Kepala Laboratorium
Head of Laboratory

Contoh uji diambil oleh Jumri Rasulani Tanggal 18 Juni 2008 Jam 08:00 WIB

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 205-1 S / LKA MLG / VI / 08

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 186 -190./ PC /VI / 2008 / 245-249
Sample Code
Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method
Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis
Tanggal Analisa : 18-25 Juni 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Air Limbah Tahu Tlogomas					
1. Kode Sampel Dolomit 100 cm 30 menit					
1	BOD	mg/L	5 139,6	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	745,8	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄ **)	mg/L	150,820	SNI 06 2426 - 1991	-
2. Kode Sampel Dolomit 100 cm 60 menit					
1	BOD	mg/L	4 964,6	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	860,6	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄ **)	mg/L	135,210	SNI 06 2426 - 1991	-
3. Kode Sampel Dolomit 100 cm 90 menit					
1	BOD	mg/L	4 989,6	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	724,2	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄ **)	mg/L	120,589	SNI 06 2426 - 1991	-
4. Kode Sampel Dolomit 100 cm 120 menit					
1	BOD	mg/L	4 952,1	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	870,0	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄ **)	mg/L	112,056	SNI 06 2426 - 1991	-
5. Kode Sampel Dolomit 100 cm 150 menit					
1	BOD	mg/L	4 702,1	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	759,0	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄ **)	mg/L	105,019	SNI 06 2426 - 1991	-



at atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 205-1 S/LKA MLG/VI/08

Halaman 2 dari 2
 Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 191-194/PC/VI/2008/150-154
Sample Code
 Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method
 Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis
 Tanggal Analisa : 18 - 25 Juni 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Anallsa	Keterangan
Air Limbah Tahu Tlogomas					
1. Kode Sampel 50 Dolomit : 50 Bentonit 30 menit					
1	BOD	mg/L	2 242,1	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	545,6	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄) **)	mg/L	125,228	SNI 06 2426 - 1991	-
2. Kode Sampel 50 Dolomit : 50 Bentonit 60 menit					
1	BOD	mg/L	2 317,1	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	535,2	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄) **)	mg/L	105,004	SNI 06 2426 - 1991	-
3. Kode Sampel 50 Dolomit : 50 Bentonit 90 menit					
1	BOD	mg/L	2 367,1	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	597,7	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄) **)	mg/L	106,768	SNI 06 2426 - 1991	-
4. Kode Sampel 50 Dolomit : 50 Bentonit 120 menit					
1	BOD	mg/L	2 397,1	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	566,2	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄) **)	mg/L	139,568	SNI 06 2426 - 1991	-
5. Kode Sampel 50 Dolomit : 50 Bentonit 150 menit					
1	BOD	mg/L	2 382,1	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	567,2	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄) **)	mg/L	142,860	SNI 06 2426 - 1991	-

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1
 This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation

Nomor : 205-1 S/LKA MLG/VI/08

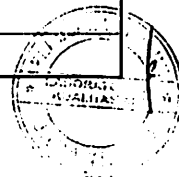
Halaman 2 dari 2
 Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext 181-185/PC/VI/2008/240-244
Sample Code
 Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method
 Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis
 Tanggal Analisa : 18 - 25 Juni 2008
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Air Limbah Tahu Tlogomas					
1. Kode Sampel Bentonit 100 cm 30 menit					
1	BOD	mg/L	2 317,1	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	404,2	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄) **)	mg/L	69,020	SNI 06 2426 - 1991	-
2. Kode Sampel Bentonit 100 cm 60 menit					
1	BOD	mg/L	2 357,1	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	466,2	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄) **)	mg/L	95,776	SNI 06 2426 - 1991	-
3. Kode Sampel Bentonit 100 cm 90 menit					
1	BOD	mg/L	2 332,1	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	508,2	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄) **)	mg/L	96,364	SNI 06 2426 - 1991	-
4. Kode Sampel Bentonit 100 cm 120 menit					
1	BOD	mg/L	2 282,1	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	448,4	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄) **)	mg/L	111,352	SNI 06 2426 - 1991	-
5. Kode Sampel Bentonit 100 cm 150 menit					
1	BOD	mg/L	2 267,1	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	TSS	mg/L	485,2	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
3	Sulfat (SO ₄) **)	mg/L	113,880	SNI 06 2426 - 1991	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dihubungi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

Proses Penelitian



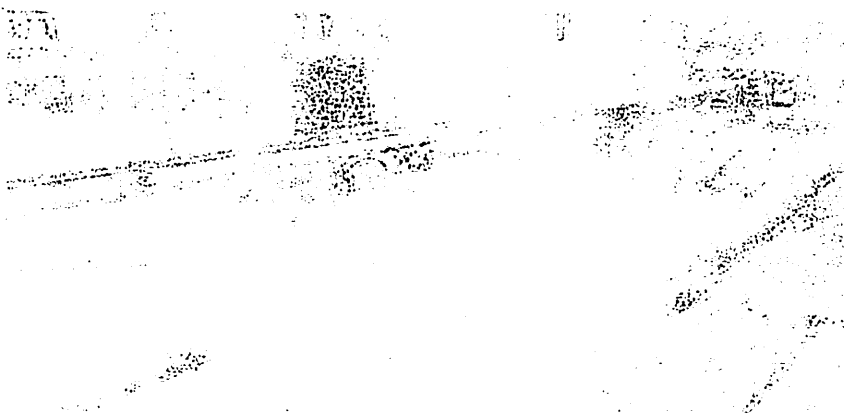
Gambar: Kombinasi media bentonit 50 cm : media dolomit 50 cm



Gambar: media dolomit 100 cm



Gambar: media bentonit 100 cm



❖ **PROSEDUR ANALISA BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND (BOD)**

1. Tinjauan umum

a. Prinsip :

Kebutuhan oksigen biokimia (BOD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat organik secara biokimia selama inkubasi dalam waktu tertentu

Penentuan BOD pada dasarnya adalah pengukuran selisih kadar oksigen terlarut segera (DO_0 hari) dari kadar oksigen terlarut sesudah inkubasi 5 hari pada suhu $20^{\circ}C$ (DO_5 hari).

b. Pengganggu :

1) Contoh untuk penentuan BOD selama waktu penyimpanan antara sampling dan analisa akan mengalami degradasi, sehingga menghasilkan harga BOD yang rendah. Untuk meminimalkan pengurangan BOD maka analisa dilakukan segera atau disimpan pada suhu $4^{\circ}C$.

2) Asam kuat atau basa kuat

3) Sisa klor

4) Contoh mengandung oksigen terlalu jenuh mengandung lebih dari 9 mg/l oksigen terlarut (DO)

2. Peralatan

a. Botol BOD/botol oksigen 250 – 300 ml, cuci botol dengan detergen, bilas baik – baik dan keringkan

b. Inkubator $20^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$

c. Alat gelas

d. Buret atau DO meter untuk BOD (DO meter dengan probe)

3. Reagen

a. Larutan dapar Fosfat

Larutan 8,5 g KH_2PO_4 , 21,75 g KH_2PO , 33,4 g $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$, 1,7 g NH_4Cl dalam 500 ml air suling, encerkan dengan air suling sampai 1 L.

- b. Larutan Magnesium Sulfat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
Larutan 22,5 g magnesium sulfat dengan air suling dan encerkan sampai 1 l
 - c. Larutan Kalsium Klorida (CaCl_2)
Larutkan 27,5 g kalsium klorida anhidrat dengan air suling dan encerkan sampai 1 l
 - d. Larutan Ferri Klorida ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
Larutkan 0,25 g kalsium florida anhidrat dengan air suling dan encerkan sampai 1 L
 - e. Larutan Asam dan Basa 1 N
Untuk menetralkan contoh air yang bereaksi basa atau asam
 - 1) Larutan asam 1 N : tambahkan 28 ml asam sulfat (H_2SO_4) pekat perlahan – lahan dan sambil kocok pada air suling encerkan sampai 1 l
 - 2) Larutan basa 1 N : larutan 40 g natrium hidroksida (NaOH) dalam air suling, encerkan sampai 1 L
 - f. Larutan Natrium Sulfite (Na_2SO_3) 0,025 N
Larutan
 - g. Air pengencer
 - h. Reagen –reagen pada penentuan DO
4. Cara Kerja
- A. Persiapan pendahuluan :
 - 1. Untuk pemeriksaan BOD, pengambilan contoh perlu diperlakukan secara khusus
 - a) Untuk contoh yang diambil secara acak (grap sampel):
Apabila analisa/penentuan dilakukan dalam waktu 2 jam tidak perlu disimpan dalam termos es. Apabila penentuan akan dilakukan lebih dari 2 jam didinginkan dan waktu penyimpanan dilaporkan. Apabila contoh digunakan untuk keperluan

monitoring, diusahakan analisa dilakukan dalam waktu 2 atau 6 jam sesudah sampling

- b) Untuk contoh yang diambil secara komposit (composite sampel) :

Simpan contoh pada suhu 4 °C selama pengumpulan. Waktu komposit samapi 24 jam, pengukuran dimulai dari akhir pengumpulan limbah

2. Pembuatan air pengencer :

Dalam botol masukkan air suling untuk pengencer. Tambahkan kedalam 1 L air suling masing-masing 1 ml larutan – larutan berikut :

- o Dapar Fosfat
- o Magnesium Sulfat
- o Ferri Klorida
- o Kalsium Klorida

Campur dan aerasi dengan pompa udara (aerator) minimal selama 3 menit. Simpan dengan tutup yang diberi kertas.

3. Perlakuan pendahuluan / penghilangan pengganggu :

- a) Jika contoh bersifat asam atau basa, netralkan dengan H_2SO_4 1 N atau NaOH 1 N sampai pH 6,5 – 7,5, sejauh mana penambahan reagen tersebut tidak mengencerkan contoh lebih dari 0,5 %
- b) Jika contoh mengandung sisa klor yang tinggi, netralkan dengan larutan Na_2SO_3 0,025 N. Jumlah volume Na_2SO_3 yang ditambahkan ditentukan sebagai berikut : paada 100 ml – 1 L contoh yang telah dinetralkan, tambahkan 10 ml larutan KI (10 g/100 ml) dan titrasi dengan Na_2SO_3 0,025 N dengan menggunakan indikator larutan amilum sampai hilangnya warna biru mula-mula. Ke dalam contoh yang sudah dinetralkan tambahkan larutan Na_2SO_3 yang jumlahnya sesuai dengan yang sudah

ditentukan. Sesudah 10-20 menit uji contoh kembali untuk memeriksa adanya sisa klor.

B. Pemeriksaan/pengujian

1) Pengenceran contoh :

- a) Sebelum melakukan pengenceran, diukur dahulu DO contoh segera. Buat beberapa pengenceran dari contoh yang disiapkan untuk mendapatkan pengurangan kandungan oksigen yang diinginkan.

Pengenceran – pengenceran adalah sebagai berikut :

0,0 – 1,0 % = (100 ×) untuk limbah industri yang berat

1 – 5 % = (20 ×) untuk air limbah yang belum diolah dan telah diendapkan

5- 25 % = (20 – 4 ×) untuk air buangan yang sudah diolah secara biologis

25 – 100 % = (4 – 1 ×) untuk air sungai yang terpolusi

- b) Contoh diencerkan dengan air pengencer sesuai dengan faktor pengenceran yang sudah diperhitungkan. Pengenceran dapat dilakukan langsung dalam botol BOD atau dalam gelas ukur, kemudian dipindahkan dalam botol BOD

o Pengenceran dalam gelas ukur :

Apabila untuk penentuan oksigen terlarut (DO) digunakan modifikasi azida, tuangkan hati –hati air pengencer ke dalam gelas ukur 1 – 2 L sampai kira-kira setengahnya dengan dijaga jangan sampai ada udara yang masuk. Tambah contoh yang akan diencerkan, volumenya sesuai dengan pengencerannya dan encerkan dengan air pengencer sampai tanda. Tuangkan contoh yang sudah diencerkan hati – hati ke dalam 2 (dua) buah botol BOD. Tentukan oksigen terlarut segera dari botol yang satu dan botol yang lainnya ditutup rapat, diinkubasi selama 5 hari.

o Pengenceran dalam botol BOD

Isi botol BOD diukur terlebih dahulu. Contoh diukur dengan pipet volume sesuai dengan pengenceran yang dikehendaki, masukkan dalam botol BOD yang sudah diketahui isinya, tambahkan air pengencer. Apabila digunakan metode modifikasi azida untuk penentuan DO, gunakan 2 botol BOD, apabila digunakan metode elektroda untuk penentuan DO gunakan 1 (satu) buah botol BOD

- 2) Penentuan DO (Oksigen Terlarut) segera = $DO_{mula-mula} = DO_{0 \text{ hari}}$. Tentukan DO segera setelah pengisian contoh yang sudah diencerkan kedalam botol BOD. Gunakan metode modifikasi azida atau elektroda membran.
- 3) Blanko air pengencer. Air pengencer ditentukan DO segera dan DO setelah diinkubasi selama 5 hari. DO sebaiknya tidak lebih dari 0,2 mg/l dan sebaiknya tidak lebih dari 0,1 mg/l
- 4) Waktu inkubasi. Inkubasi contoh yang sudah diencerkan, air pengencer pada $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$

5. Perhitungan

$$BOD_5 \text{ (mg/l) } = \frac{(D1 - D2)}{P}$$

Dimana :

- D1 = Oksigen terlarut segera contoh yang diencerkan (mg/l)
- D2 = Oksigen terlarut contoh yang diencerkan setelah inkubasi 5 hari pada suhu 20°C (mg/l)
- P = Desimal bagian volume contoh yang digunakan

Pengenceran contoh yang sudah memenuhi syarat diperiksa sebagai – berikut :

- DO contoh = a mg/ O₂
- DO₀ air pengencer = b mg/l O₂
- DO_{5,20} contoh = c mg/l O₂
- DO_{5,20} air pengencer = d mg/l O₂
- DO air pengencer rata-rata = (b + d) = z mg/l O₂
- Pengurangan / depletion = $\frac{(a - c)}{z \times 100\%}$
- Depletion diinginkan antara 20 % - 80 %
- Kalau tidak antara 20 % - 80 %, maka harus diulangi pengenceran contoh

❖ PROSEDUR ANALISA TOTAL SUSPENDED SOLIDS (TSS)

1. Tinjauan Umum

a. Prinsip

TSS merupakan jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan. Sampel disaring dengan filter kertas, dan filter yang mengandung zat tersuspensi dikeringkan pada 105°C selama 2 jam.

b. Pengganggu

Tersumbatnya lubang – lubang filter akibat sifat zat tersuspensi, sehingga filtrasi akan memakan waktu lama, dalam hal ini sampel dapat disaring memakai bejana pengisap dan pompa vakum. Bila terlalu banyak zat tersuspensi tertahan pada filter, jumlah air yang terperangkap dalam zat tersuspensi bertambah sehingga membutuhkan waktu pengeringan lebih lama.

2. Peralatan

- a. Cawan gooch dengan kapasitas 25 ml
- b. Alat penyaring membran
- c. Filter kertas biasa atau filter fiber glass

- d. Bejana isap (suction flask) dengan kapasitas 500 ml atau 1000 ml
 - e. Pompa vakum
3. Cara Kerja
 - a. Kertas saring dipanaskan pada suhu 105°C dalam oven selama 1 jam, kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang
 - b. Sampel dikocok merata kemudian disaring
 - c. Kertas saring yang telah digunakan untuk menyaring sampel dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam
 - d. Kertas saring yang mengandung residu zat padat didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang

4. Perhitungan

$$TSS = \frac{(a - b) \times 1000}{c}$$

Dimana :

- a = Berat filter dan residu sesudah pemanasan 105°C (mg/l)
- b = Berat filter kering (sudah dipanaskan 105°C) (mg/l)
- c = Volume sampel (ml)

❖ PROSEDUR ANALISA SULFAT (SO₄)

- 1) Umum

- a. Prinsip

Ion sulfat diendapkan dalam suatu medium asam hidroklorida dengan barium klorida dengan cara sedemikian sehingga terbentuk kristal barium sulfat dengan ukuran yang sama.

Absorpsi suspensi barium sulfat diukur dengan fotometri dan konsentrasi ion sulfat ditetapkan dengan membandingkan dengan kurva standar.

- b. Pengganggu

- Warna atau zat tersuspensi dalam jumlah yang besar akan mengganggu.

Beberapa zat tersuspensi dapat dibuang dengan cara penyaringan.

Jika kedua sangat kecil dalam perbandingannya dengan konsentrasi ion sulfat, dikoreksi dengan cara menambahkan BaCl_2 pada blanko.

- Silika yang lebih dari 500 ml/l akan dan dalam air yang mengandung sejumlah besar bahan organik tak mungkin untuk mengendapkan barium sulfat dengan memuaskannya.
- c. Kadar minimal yang dapat diketahui: mendekati 1 mg/l sulfat. Di atas 10 mg/l metode ini dapat dipakai sampai kadar mencapai 60 mg/l. Di atas 40 mg/l ketelitian dari metode menurun, dan suspensi barium sulfat kehilangan kestabilan.

2) Peralatan

- Spektrofotometer
- Tabung Nessler/labu erlenmeyer
- Pipet ukur/pipit gondok
- Labu ukur
- Magnetik strirrer
- Stopwatch

3) Regensi :

- a. Reagen kondisioning
- 50 ml gliserol, ditambah campuran:
 - 30 ml HCl
 - 300 ml aquades
 - 100 ml 95 % ethil atau isopropil alkohol, dan
 - 75 gr NaCl. (dilarutkan dulu dengan aquades).
- b. Barium klorida kristal 20 sampai 30 mash.
- c. Larutan sulfat standar (1ml = 0,1 mg = 100 ppm SO_4)
Larutkan 147,9 mg NaSO_4 anhidrous dalam aquades dan diencerkan sampai 1000 ml.

4) Cara kerja

a. Membuat kurva kalibrasi

Membuat larutan standar SO₄: 0,0; 5; 10 : 20 : 25 dan 30 ppm.

- Ambil masing-masing 0,0; 5,0; 10,0; 20,0; 25,0; dan 30,0 ml larutan standar 100 ppm.
- Masukkan ke dalam sederet tabung nessler.
- Tambah aquades sampai 100 ml.
- Tambah aquaes sampai 100 ml
- Tambah 5 ml kondisioning reagen, kocok.
- Tambah 1 sendok penuh krisal BaCl₂ dan muali segera diukur waktunya.
- Dikocok dengan kecepatan yang ditetapkan selama tepat 1 menit.
- Setelah aktu pengadukan selesai larutan segera dituang ke dalam kuvet dan diukur kekeruhan pada selang waktu 30 detik, selama 4 menit.
- Kebenaran kurva kalibrasi standa di cek untuk tiap 3 sampai 4 sampel yang tidak diketahui.

b. Perlakuan sampel

Ambil 100 ml sampel atau sebagian tertentu yang dibuat menjadi 100 ml, dimasukkan ke dalam tabung nessler.

- Tambah 5 ml reagen kondisioning, kocok.
- Tambah 1 sendok penuh kristal BaCl₂ dan selanjutnya sama dengan pembuatan kurva kalibrasi.
- Ukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada 450 nm.
- Blanko 0,0 ppm, dengan aquades dikerjakan sama-sama.

5) Perhitungan:

$$\text{mg/ISO}_4 = \frac{\text{mg SO}_4 \times 1000}{\text{ml sampel}}$$

1/30/2009 9:49:11 AM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

One-way ANOVA: % Removal BOD versus Waktu

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu	4	4	1	0.00	1.000
Error	10	2663	266		
Total	14	2667			

S = 16.32 R-Sq = 0.15% R-Sq(adj) = 0.00%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
30	3	64.91	17.49	(-----*-----)
60	3	65.46	16.31	(-----*-----)
90	3	65.61	16.68	(-----*-----)
120	3	65.48	16.23	(-----*-----)
150	3	66.49	14.77	(-----*-----)

48 60 72 84

Pooled StDev = 16.32

Correlations: % Removal BOD, Waktu, Variasi Media

Waktu	% Removal BO	Waktu
	0.034	
	0.905	
Variasi Medi	0.862	0.000
	0.000	1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Regression Analysis: % Removal BOD versus Waktu, Variasi Media

The regression equation is
% Removal BOD = 50.5 + 0.0106 Waktu + 0.282 Variasi Media

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	50.549	5.145	9.83	0.000
Waktu	0.01063	0.04583	0.23	0.820
Variasi Media	0.28167	0.04763	5.91	0.000

S = 7.53133 R-Sq = 74.5% R-Sq(adj) = 70.2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	1986.56	993.28	17.51	0.000
Residual Error	12	680.65	56.72		
Total	14	2667.21			

Source	DF	Seq SS
Waktu	1	3.05
Variasi Media	1	1983.51

One-way ANOVA: % Removal BOD versus Variasi Media

Source	DF	SS	MS	F	P
Variasi Media	2	2652.13	1326.07	1055.45	0.000
Error	12	15.08	1.26		
Total	14	2667.21			

S = 1.121 R-Sq = 99.43% R-Sq(adj) = 99.34%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
0	5	46.785	1.693	(* -)
50	5	75.032	0.718	(-*)
100	5	74.953	0.622	(-*)

48.0 56.0 64.0 72.0

Pooled StDev = 1.121

2/1/2009 10:51:33 AM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

One-way ANOVA: % Removal SO4 versus Waktu

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu	4	106	27	0.16	0.954
Error	10	1673	167		
Total	14	1779			

S = 12.93 R-Sq = 5.97% R-Sq(adj) = 0.00%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
30	3	39.01	22.19	(-----*-----)
60	3	40.64	10.93	(-----*-----)
90	3	42.80	6.44	(-----*-----)
120	3	35.87	8.53	(-----*-----)
150	3	36.08	10.49	(-----*-----)

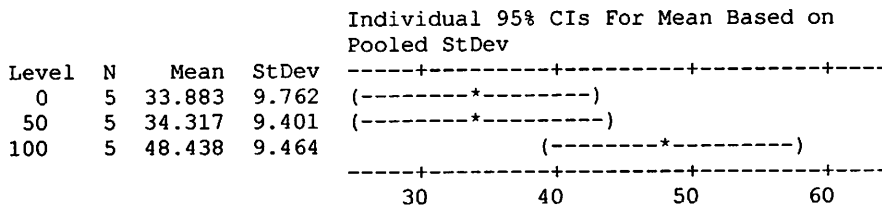
24 36 48 60

Pooled StDev = 12.93

One-way ANOVA: % Removal SO4 versus Variasi Media

Source	DF	SS	MS	F	P
Variasi Media	2	685.8	342.9	3.76	0.054
Error	12	1093.0	91.1		
Total	14	1778.7			

S = 9.544 R-Sq = 38.55% R-Sq(adj) = 28.31%



Pooled StDev = 9.544

Regression Analysis: % Removal SO4 versus Waktu, Variasi Media

The regression equation is

$$\% \text{ Removal SO4} = 34.8 - 0.0354 \text{ Waktu} + 0.146 \text{ Variasi Media}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	34.786	6.875	5.06	0.000
Waktu	-0.03538	0.06124	-0.58	0.574
Variasi Media	0.14555	0.06365	2.29	0.041

S = 10.0635 R-Sq = 31.7% R-Sq(adj) = 20.3%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	563.5	281.7	2.78	0.102
Residual Error	12	1215.3	101.3		
Total	14	1778.7			

Source	DF	Seq SS
Waktu	1	33.8
Variasi Media	1	529.6

Correlations: % Removal SO4, Waktu, Variasi Media

	% Removal SO	Waktu
Waktu	0.138	
	0.624	
Variasi Medi	0.435	0.000
	0.035	1.000

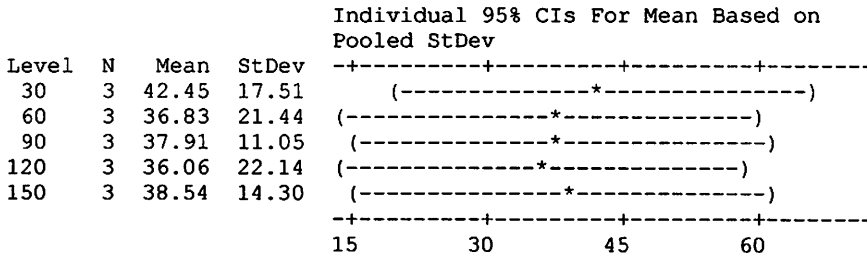
Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Welcome to Minitab, press F1 for help.

One-way ANOVA: % Removal TSS versus Waktu

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu	4	74	18	0.06	0.993
Error	10	3166	317		
Total	14	3240			

S = 17.79 R-Sq = 2.28% R-Sq(adj) = 0.00%



Pooled StDev = 17.79

Correlations: % Removal TSS, Waktu, Variasi Media

	% Removal TS	Waktu
Waktu	0.083 0.770	
Variasi Medi	0.932 0.000	0.000 1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Regression Analysis: % Removal TSS versus Waktu, Variasi Media

The regression equation is
% Removal TSS = 24.2 - 0.0286 Waktu + 0.335 Variasi Media

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	24.157	3.962	6.10	0.000
Waktu	-0.02859	0.03530	-0.81	0.434
Variasi Media	0.33549	0.03668	9.15	0.000

S = 5.79987 R-Sq = 87.5% R-Sq(adj) = 85.5%

Analysis of Variance

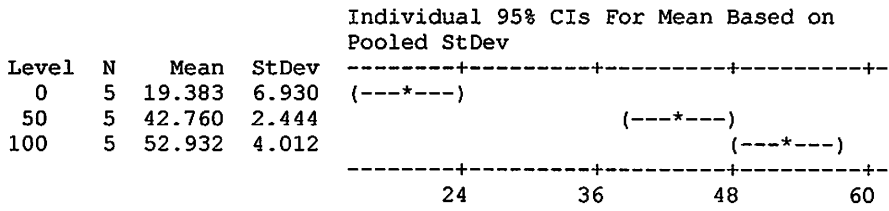
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	2835.9	1418.0	42.15	0.000
Residual Error	12	403.7	33.6		
Total	14	3239.6			

Source	DF	Seq SS
Waktu	1	22.1
Variasi Media	1	2813.8

One-way ANOVA: % Removal TSS versus Variasi Media

Source	DF	SS	MS	F	P
Variasi Media	2	2959.2	1479.6	63.32	0.000
Error	12	280.4	23.4		
Total	14	3239.6			

S = 4.834 R-Sq = 91.34% R-Sq(adj) = 89.90%



Pooled StDev = 4.834

TABEL T

df	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,025$	df	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,025$
1	6.314	12.706	101	1.660	1.984
2	2.920	4.303	102	1.660	1.983
3	2.353	3.182	103	1.660	1.983
4	2.132	2.776	104	1.660	1.983
5	2.015	2.571	105	1.659	1.983
6	1.943	2.447	106	1.659	1.983
7	1.895	2.365	107	1.659	1.982
8	1.860	2.306	108	1.659	1.982
9	1.833	2.262	109	1.659	1.982
10	1.812	2.228	110	1.659	1.982
11	1.796	2.201	111	1.659	1.982
12	1.782	2.179	112	1.659	1.981
13	1.771	2.160	113	1.658	1.981
14	1.761	2.145	114	1.658	1.981
15	1.753	2.131	115	1.658	1.981
16	1.746	2.120	116	1.658	1.981
17	1.740	2.110	117	1.658	1.980
18	1.734	2.101	118	1.658	1.980
19	1.729	2.093	119	1.658	1.980
20	1.725	2.086	120	1.658	1.980
21	1.721	2.080	121	1.658	1.980
22	1.717	2.074	122	1.657	1.980
23	1.714	2.069	123	1.657	1.979
24	1.711	2.064	124	1.657	1.979
25	1.708	2.060	125	1.657	1.979
26	1.706	2.056	126	1.657	1.979
27	1.703	2.052	127	1.657	1.979
28	1.701	2.048	128	1.657	1.979
29	1.699	2.045	129	1.657	1.979
30	1.697	2.042	130	1.657	1.978
31	1.696	2.040	131	1.657	1.978
32	1.694	2.037	132	1.656	1.978
33	1.692	2.035	133	1.656	1.978
34	1.691	2.032	134	1.656	1.978
35	1.690	2.030	135	1.656	1.978
36	1.688	2.028	136	1.656	1.978
37	1.687	2.026	137	1.656	1.977
38	1.686	2.024	138	1.656	1.977
39	1.685	2.023	139	1.656	1.977
40	1.684	2.021	140	1.656	1.977
41	1.683	2.020	141	1.656	1.977
42	1.682	2.018	142	1.656	1.977
43	1.681	2.017	143	1.656	1.977
44	1.680	2.015	144	1.656	1.977
45	1.679	2.014	145	1.655	1.976
46	1.679	2.013	146	1.655	1.976
47	1.678	2.012	147	1.655	1.976
48	1.677	2.011	148	1.655	1.976
49	1.677	2.010	149	1.655	1.976
50	1.676	2.009	150	1.655	1.976
51	1.675	2.008	151	1.655	1.976
52	1.675	2.007	152	1.655	1.976

53	1.674	2.006	153	1.655	1.976
54	1.674	2.005	154	1.655	1.975
55	1.673	2.004	155	1.655	1.975
56	1.673	2.003	156	1.655	1.975
57	1.672	2.002	157	1.655	1.975
58	1.672	2.002	158	1.655	1.975
59	1.671	2.001	159	1.654	1.975
60	1.671	2.000	160	1.654	1.975
61	1.670	2.000	161	1.654	1.975
62	1.670	1.999	162	1.654	1.975
63	1.669	1.998	163	1.654	1.975
64	1.669	1.998	164	1.654	1.975
65	1.669	1.997	165	1.654	1.974
66	1.668	1.997	166	1.654	1.974
67	1.668	1.996	167	1.654	1.974
68	1.668	1.995	168	1.654	1.974
69	1.667	1.995	169	1.654	1.974
70	1.667	1.994	170	1.654	1.974
71	1.667	1.994	171	1.654	1.974
72	1.666	1.993	172	1.654	1.974
73	1.666	1.993	173	1.654	1.974
74	1.666	1.993	174	1.654	1.974
75	1.665	1.992	175	1.654	1.974
76	1.665	1.992	176	1.654	1.974
77	1.665	1.991	177	1.654	1.973
78	1.665	1.991	178	1.653	1.973
79	1.664	1.990	179	1.653	1.973
80	1.664	1.990	180	1.653	1.973
81	1.664	1.990	181	1.653	1.973
82	1.664	1.989	182	1.653	1.973
83	1.663	1.989	183	1.653	1.973
84	1.663	1.989	184	1.653	1.973
85	1.663	1.988	185	1.653	1.973
86	1.663	1.988	186	1.653	1.973
87	1.663	1.988	187	1.653	1.973
88	1.662	1.987	188	1.653	1.973
89	1.662	1.987	189	1.653	1.973
90	1.662	1.987	190	1.653	1.973
91	1.662	1.986	191	1.653	1.972
92	1.662	1.986	192	1.653	1.972
93	1.661	1.986	193	1.653	1.972
94	1.661	1.986	194	1.653	1.972
95	1.661	1.985	195	1.653	1.972
96	1.661	1.985	196	1.653	1.972
97	1.661	1.985	197	1.653	1.972
98	1.661	1.984	198	1.653	1.972
99	1.660	1.984	199	1.653	1.972
100	1.660	1.984	200	1.653	1.972

(Sumber: Sudjana, 2002)

TABEL F ($\alpha = 5\%$)

df	Df 1	Df 2	Df 3	Df 4	Df 5
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42
46	4.05	3.20	2.81	2.57	2.42
47	4.05	3.20	2.80	2.57	2.41
48	4.04	3.19	2.80	2.57	2.41
49	4.04	3.19	2.79	2.56	2.40
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40
51	4.03	3.18	2.79	2.55	2.40
52	4.03	3.18	2.78	2.55	2.39

53	4.02	3.17	2.78	2.55	2.39
54	4.02	3.17	2.78	2.54	2.39
55	4.02	3.16	2.77	2.54	2.38
56	4.01	3.16	2.77	2.54	2.38
57	4.01	3.16	2.77	2.53	2.38
58	4.01	3.16	2.76	2.53	2.37
59	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37
61	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37
62	4.00	3.15	2.75	2.52	2.36
63	3.99	3.14	2.75	2.52	2.36
64	3.99	3.14	2.75	2.52	2.36
65	3.99	3.14	2.75	2.51	2.36
66	3.99	3.14	2.74	2.51	2.35
67	3.98	3.13	2.74	2.51	2.35
68	3.98	3.13	2.74	2.51	2.35
69	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35
71	3.98	3.13	2.73	2.50	2.34
72	3.97	3.12	2.73	2.50	2.34
73	3.97	3.12	2.73	2.50	2.34
74	3.97	3.12	2.73	2.50	2.34
75	3.97	3.12	2.73	2.49	2.34
76	3.97	3.12	2.72	2.49	2.33
77	3.97	3.12	2.72	2.49	2.33
78	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33
79	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33
81	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33
82	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33
83	3.96	3.11	2.71	2.48	2.32
84	3.95	3.11	2.71	2.48	2.32
85	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32
86	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32
87	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32
88	3.95	3.10	2.71	2.48	2.32
89	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32
90	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32
91	3.95	3.10	2.70	2.47	2.31
92	3.94	3.10	2.70	2.47	2.31
93	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
94	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
95	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
96	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
97	3.94	3.09	2.70	2.47	2.31
98	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31
99	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31
101	3.94	3.09	2.69	2.46	2.30
102	3.93	3.09	2.69	2.46	2.30
103	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30
104	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30
105	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30
106	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30
107	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30

108	3.93	3.08	2.69	2.46	2.30
109	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30
110	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30
111	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30
112	3.93	3.08	2.69	2.45	2.30
113	3.93	3.08	2.68	2.45	2.29
114	3.92	3.08	2.68	2.45	2.29
115	3.92	3.08	2.68	2.45	2.29
116	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
117	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
118	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
119	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
121	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
122	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
123	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29
124	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29
125	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29
126	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29
127	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29
128	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29
129	3.91	3.07	2.67	2.44	2.28
130	3.91	3.07	2.67	2.44	2.28
131	3.91	3.07	2.67	2.44	2.28
132	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
133	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
134	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
135	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
136	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
137	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
138	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
139	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
140	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
141	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
142	3.91	3.06	2.67	2.44	2.28
143	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
144	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
145	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
146	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
147	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
148	3.91	3.06	2.67	2.43	2.28
149	3.90	3.06	2.67	2.43	2.27
150	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27
151	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27
152	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27
153	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27
154	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
155	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
156	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
157	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
158	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
159	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
160	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
161	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
162	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27

163	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
164	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
165	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
166	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
167	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
168	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
169	3.90	3.05	2.66	2.43	2.27
170	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
171	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
172	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
173	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
174	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
175	3.90	3.05	2.66	2.42	2.27
176	3.89	3.05	2.66	2.42	2.27
177	3.89	3.05	2.66	2.42	2.27
178	3.89	3.05	2.66	2.42	2.26
179	3.89	3.05	2.66	2.42	2.26
180	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26
181	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26
182	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26
183	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26
184	3.89	3.05	2.65	2.42	2.26
185	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
186	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
187	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
188	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
189	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
190	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
191	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
192	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
193	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
194	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
195	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
196	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
197	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
198	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
199	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26

(Sumber: Sudjana, 2002)

PERSEMBAHAN TERIMA KASIH-KU

Waktu begitu cepat bergulir tak terasa pergantiannya, seandainya terulang kembali dalam hidupku, Aku tahu harus memulai darimana, meski semua itu membawa goresan kisah yang sulit kulupakan, kisah yang memendam sedih, tangis, tawa dan canda yang menyimpan seribu makna yang mungkin tak akan sanggup kuungkap semuanya, tapi saat ini saya boleh bernapas lega dan bersyukur karena telah menamatkan studi di ITN Malang.

Sukses hari ini hanya sebuah perjalanan (journey) tapi bukan tujuan (destination), Sukses ini terjadi hanya oleh karena anugerah Tuhan Yesus, dukungan keluarga, sahabat, teman, lembaga pendidikan, birokrasi pemerintah yang berpartisipasi dalam dukungan dana, doa, spirit yang tak terhingga dalam perjalanan hidupku:

(*)Pertama-tama saya ucapkan special thanks buat Tuhan Yesus Kristus sebagai Tuhan dan JuruselamatKu atas tuntunan dan kasih sayang-Nya sehingga saya bisa melewati proses pendidikan di ITN Malang (*) Buat mama tercinta yang mendukung saya dalam doa dan cinta kasih yang tulus selama ini, mama saya mengasahi-Mu selamanya. () Terima kasih-Ku buat Bapak Th. Langgar, SH mantan Bupati Sumba Barat atas kebijaksanaan-Nya yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk meningkatkan sumber daya aparatur yang profesional, kreatif, inovatif dan tanggap terhadap permasalahan yang terjadi dalam masyarakat (Environmental Matter). () PEMDA Kabupaten Sumba Barat yang telah mendukung saya dalam dana (finansial) selama ini, (*)terima kasihKu buat K"David yang membiayai studi saya selama SD, SLTP sampai SMU karena kebaikan hati kaka sehingga saya boleh melewati tahap demi tahap dalam menempuh proses pendidikan selama ini, (*) Para dosen ITN Malang pada umumnya dan pada khususnya para dosen Jurusan Teknik Lingkungan yang saya KASIH terima kasih atas transfer ilmunya selama ini, special thank's buat Bu Candra atas kesediaan-Nya dalam membimbing, mengarahkan, menguatkan saya dalam pengerjaan skripsi dari awal hingga finishingnya, juga buat Pak Hardianto sebagai dosen pembimbing saya. Secara pribadi saya berkomitmen : **SAYA DATANG; SAYA BELAJAR; SAYA BERHASIL**, saya mempunyai kerinduan BELAJAR bukan untuk menjadi orang pintar TAPI rindu menjadi orang bijak KARENA Orang pintar tahu apa yang dikatakan TAPI Orang bijak tahu apa dampak dari ucapannya (*) GKI BROMO MALANG terima kasih buat setingan khotbah-khotbah yang menginspirasi, membangkitkan semangat hidup di dalam Tuhan untuk berkarya menjadi **GARAM & TERANG DUNIA**, saya beribadah dalam persekutuan dengan

saudara seiman di GEREJA tidak hanya sekadar sebagai kewajiban TAPI lebih dari itu ada suatu kerinduan dan panggilan untuk berbakti dan bersyukur di dalam Tuhan itu adalah harapan dan sukacitaku "Thank's GOD", (*)TBI The British Institute thanks for cooperatife, friendly, kindness so long long time, one day if I have free time I wanna to continous my coursus in TBI Malang (*) Terima kasihku buat KELUARGA BESAR SUMBA, ini saya Kembali dengan harapan dan sukacita yang luar biasa **TANPA KEBANGGAAN TAPI PENUH UCAPAN SYUKUR SELALU** (*) saya berteriamia kasih buat Kota Malang Raya atas keamanan dan kenyamanan selama saya di Malang, saya mendapatkan damai dan sukacita yang sungguh luar biasa (*) saya juga berterima kasih kepada media cetak Jawa pos dan media elektronik Metro TV atas segala penyajian berita yang berkualitas tinggi sehingga hari-hariku diisi dengan informasi yang mendidik dan profesional (*) Buat teman-teman angkatan 2001 (Evelyne..) you're my best friend thanks for minitab, God Bless you, see you & Mba Devy thank's sudah mengajari saya minitab, angkatan 2002 all of them my best friends too, atas kerjasamanya selama ini, saya bangga menjadi temannya kalian, (*) Bagi teman-teman yang belum menyelesaikan skripsinya ayo tetap semangat kawan supaya bisa juga menjadi ALUMNUS ITN Malang, masyarakat menunggu pengabdian anda dan saya....ok...!

PESAN BUAT ALUMNUS TEKNIK LINGKUNGAN ITN MALANG TETAP GREEN MIND

"Jika anda berpikir masih hijau maka anda akan berkembang TAPI jika Anda berpikir sudah matang maka anda akan cepat membusuk" waspadalah-waspadah kayak Bang NAPI ya..! he...he...he..

Pesan Contemplation (perenungan) buat kita yang rindu untuk berubah.

- H : UMBEL (Rendah Hati). Orang yang rendah hati Dia akan menghargai hidup
E : EMPATHY (Empati), merasakan dan sekaligus ikut terlibat dalam meringankan beban orang lain
L : LOVE (Mengasahi), mencintai orang yang mencintai kita itu normal tapi mencintai orang yang membenci kita itu butuh kerelaan kita
P : PASSION (Hasrat), kerinduan atau semangat hidup untuk berubah menjadi lebih Baik.

Think big if we want to be big (Berpikir besar jika ingin besar) & positif thinking. "You're what you think"(Anda adalah apa yang anda pikirkan).

"Save Our Eart" Peace in Eart & Peace in Paradise