

SKRIPSI

**PENGARUH WAKTU DAN DEBIT UDARA PADA TAHAP
REAKSI TERHADAP PENURUNAN KONSENTRASI BOD,
SO₄ DAN NO₃ PADA AIR LIMBAH TAHU
UNTUK PENERAPAN SBR**

Oleh

**IYAN FERDIAN
00.26.011**



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

1972

ИЗДАНИЕ ПЕРВОЕ И ВТОРОЕ
ВЫПУСК ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ
СЕРИИ ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ
СЕРИИ ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ

ИЗДАНИЕ
ПЕРВОЕ

1972

ИЗДАНИЕ ПЕРВОЕ И ВТОРОЕ
ВЫПУСК ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ
СЕРИИ ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ
СЕРИИ ПЕРВОЙ И ВТОРОЙ

ИЗДАНИЕ

Ferdian, I., Setyobudiarso, H., Sudiro., 2005., Pengaruh Waktu dan Debit Udara Pada Tahap Reaksi Terhadap Penurunan Konsentrasi BOD, SO₄ dan NO₃ Pada Air Limbah Tahu Untuk Penerapan SBR., Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang.

ABSTRAK

Industri tahu menghasilkan limbah cair yang cukup banyak. Limbah yang dihasilkan berasal dari proses perendaman, pencucian, penyaringan, dan pengepresan atau pencetakan. Limbah cair ini banyak mengandung bahan-bahan pencemar yang cukup tinggi dan nilai pH yang lebih bersifat asam. Beban pencemar yang ditimbulkan tersebut akan menimbulkan bau yang kurang sedap sebagai akibat dari penguraian bahan-bahan organik (protein) secara alami. Untuk itu diperlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air penerima sehingga tidak akan mencemari lingkungan sekitarnya.

Sequencing Batch Reactor (SBR) merupakan reaktor siklik atau batch yang didesain pada basis aliran intermitten yang dirancang berdasarkan beberapa tahapan proses yang berlangsung dalam satu reaktor. Tahapan proses SBR: pengisian, reaksi, pengendapan, pengeluaran dan idle. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan SBR secara aerob. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu dan debit udara pada tahap reaksi terhadap penurunan konsentrasi BOD, SO₄ dan NO₃ pada air limbah tahu untuk Penerapan SBR.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu dan debit udara pada tahap reaksi berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi BOD, SO₄ dan NO₃ yang terdapat dalam air limbah tahu, dengan menggunakan variasi waktu (21 menit, 42 menit dan 63 menit) dan variasi debit udara (1,2 L/menit, 3,5 L/menit dan 5 L/menit). Semakin lamanya waktu dan semakin besarnya debit udara yang digunakan maka semakin besar penurunan konsentrasi yang dihasilkan. Penurunan konsentrasi terendah menggunakan variasi waktu 21 menit, debit udara 1,2 L/menit dan penurunan konsentrasi tertinggi menggunakan variasi waktu 63 menit, debit udara 5 L/menit. Persentase penurunan konsentrasi BOD sebesar 15,17 % - 70,20 %, SO₄ sebesar 1,81 % - 28,73 %, NO₃ sebesar 7,21 % - 58,39 %.

Kata Kunci: Sequencing Batch Reactor, Proses Biologis.

Ferdian, I., Setyobudiarso, H., Sudiro., 2005., *Influence of Time and Air Debit At Phase Reaction Of To Degradation Concentration BOD, SO₄ and NO₃ At Water Waste soybean curd For the Applying SBR.*, Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITN Malang.

Abstract

Industry soybean curd yield liquid waste which quite a lot. Yielded waste come from process of submerge, wash, screening, and printing or press. This liquid waste containing many materials of pollutant which high enough and value of pH more having the character of acid. Burden of Pollution the generated will generate less delicate aroma in consequence of decomposition of organic materials (protein) naturally. For that needed by processing beforehand before thrown to body irrigate receiver so that will not contaminate vicinity environment.

Sequencing Batch of Reactor (SBR) represent reactor of siklik batch or which disigned at stream bases of intermitten designed pursuant to some step process that goes on in one reactor. Step process SBR: fill, react, settle, decant/draw and idle. This research using SBR by aerob. Intention of this research is to know influence of air debit and time at phase reaction of to degradation concentration of BOD, SO₄ and NO₃ at waste water soybean curd for the Applying of SBR.

Result of research indicate that air debit and time at phase reaction of having an effect on to degradation concentration of BOD, SO₄ and NO₃ which there are in soybean curd waste water, by using time variation (21 minute, 42 minute and 63 minute) and variation air debit (1,2 L / minute, 3,5 L / minute and 5 L / minute). Longer of time and is ever greater him charge used air hence is ever greater degradation of yielded concentration. Degradation concentration of lower use time variation 21 minute, air debit 1,2 L / minute and degradation of highest concentration use time variation of 63 minute, air debit 5 L / minute. Percentage degradation concentration of BOD equal to 15,17 - 70,20 %, SO₄ equal to 1,81 - 28,73 %, NO₃ equal to 7,21 - 58,39 %.

Keyword: Sequencing Batch Reactor, Biological Process.

KATA PENGANTAR

Saya panjatkan puji syukur atas kehadiran Allah SWT karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya maka saya dapat menyelesaikan skripsi saya yang berjudul **“Pengaruh Waktu dan Debit Udara Pada Tahap Reaksi Terhadap Penurunan Konsentrasi BOD, SO₄ dan NO₃ Pada Air Limbah Tahu Untuk Penerapan SBR”**. Skripsi ini diajukan untuk menyelesaikan Program Sarjana Teknik Lingkungan di ITN Malang.

Pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Orang tuaku (bapak dan ibu) dan saudaraku yang telah memberikan bantuan baik secara moril dan spiritual.
2. Ibu Anis Artiyani, ST, selaku Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan yang telah memberikan izin peminjaman alat di laboratorium Teknik Lingkungan.
3. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, Msi. Selaku dosen wali dan dosen Pembimbing I dalam pembuatan skripsi.
4. Bapak Sudiro, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan dan selaku Dosen Pembimbing II dalam pembuatan skripsi.
5. Ibu Evy Hendriarianti, ST, MT., selaku sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan.
6. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Lingkungan ITN Malang.
7. Teman-teman dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini..

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat hal-hal yang dapat dikembangkan lebih lanjut, untuk itu saya menyambut baik saran dan kritik demi kesempurnaan skripsi ini, saya juga berharap agar skripsi ini berguna bagi kita semua terutama teman-teman mahasiswa di Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.

Malang, September 2005

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I: PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.5. Ruang Lingkup	6
BAB II: TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Air Limbah	7
2.2. Karakteristik Air Limbah	8
2.1.1. Parameter Fisik	5
2.1.2. Parameter Kimia	6
2.1.3. Parameter Biologis	6
2.3. Bahan Produksi Tahu	7
2.4. Proses Produksi Tahu	9
2.5. Kerusakan Tahu	12
2.6. Karakteristik Air Limbah Tahu	12
2.7. Parameter Yang Diuji	13
2.7.1. Biological Oxygen Demand (BOD)	13
2.7.2. Sulfat (SO ₄)	13
2.7.3. Nitrat (NO ₃)	13

2.8. Sequencing Batch Reactor (SBR)	14
2.8.1. Pengertian SBR	14
2.8.2. Tahapan Proses SBR	15
2.8.3. Keuntungan Menggunakan SBR	18
2.8.4. Strategi Pengoperasian SBR	19
2.8.5. Kriteria Desain SBR	20
2.9. Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	20
2.9.1. Metode Statistik	20
2.9.2. Pengujian Keseragaman Data.....	21
2.9.3. Pengolahan Data Kuantitatif	22
2.9.4. Interpretasi Analisis Data	26
2.9.5. Generalisasi Dan Kesimpulan Analisis Data	26

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian	27
3.2. Studi Literatur	27
3.3. Pengambilan Sampel	27
3.4. Persiapan Alat Dan Bahan	28
3.4.1. Peralatan	28
3.4.2. Bahan-bahan	28
3.4.3. Gambar Alat SBR	28
3.5. Prosedur Penelitian	29
3.5.1. Penyaringan	29
3.5.2. Penetralan pH	29
3.5.3. Variabel Penelitian	29
3.5.4. Cara Kerja	30
3.6. Metode Penelitian	31
3.7. Pembahasan	32
3.8. Kesimpulan	32
3.9. Kerangka Penelitian	33

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian.....	34
4.1.1. Konsentrasi Awal BOD, SO ₄ Dan NO ₃ Sebelum Proses SBR	34
4.1.2. Analisa BOD	34
4.1.2.1. Konsentrasi Akhir BOD Setelah Proses SBR .	34
4.1.2.2. Analisa Anova	37
4.1.2.3. Analisa Korelasi	39
4.1.2.3. Analisa Regresi	40
4.1.3. Analisa SO ₄	43
4.1.3.1. Konsentrasi Akhir SO ₄ Setelah Proses SBR ...	43
4.1.3.2. Analisa Anova	45
4.1.3.3. Analisa Korelasi	48
4.1.3.4. Analisa Regresi	49
4.1.4. Analisa NO ₃	52
4.1.4.1. Konsentrasi Akhir NO ₃ Setelah Proses SBR ..	52
4.1.4.2. Analisa Anova	54
4.1.4.3. Analisa Korelasi	57
4.1.4.4. Analisa Regresi	58
4.2. Pembahasan	61
4.2.1. Pengaruh Variabel Waktu dan Debit Udara Terhadap % Penurunan Konsentrasi BOD	61
4.2.2. Pengaruh Variabel Waktu dan Debit Udara Terhadap % Penurunan Konsentrasi SO ₄	61
4.2.3. Pengaruh Variabel Waktu dan Debit Udara Terhadap % Penurunan Konsentrasi NO ₃	61

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran	67

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Strategi Pengoperasian SBR Pada Umumnya	19
Tabel 2.2 Kriteria Desain SBR	20
Tabel 3.1 Pembagian Waktu Selama Proses SBR	31
Tabel 3.2 Jumlah Udara Yang Disuplai Selama Proses Reaksi	31
Tabel 4.1 Konsentrasi Awal BOD, SO ₄ dan NO ₃ Sebelum Proses SBR	34
Tabel 4.2 Konsentrasi Akhir BOD Setelah Proses SBR	35
Tabel 4.3 Persentase Penurunan Konsentrasi BOD Setelah Proses SBR	36
Tabel 4.4 Hasil Uji Anova Pengaruh Variasi Perlakuan Terhadap Konsentrasi Akhir BOD	37
Tabel 4.5 Hasil Uji Duncan Konsentrasi BOD	38
Tabel 4.6 Korelasi Antara Konsentrasi BOD dengan Waktu (menit) dan Debit udara (L/menit)	39
Tabel 4.7 Hasil uji Regresi Anova	40
Tabel 4.8 Persamaan Regresi Penurunan Konsentrasi BOD Pada Seluruh Variasi	41
Tabel 4.9 Persamaan R Square	41
Tabel 4.10 Konsentrasi Akhir SO ₄ Setelah Proses SBR	43
Tabel 4.11 Persentase Penurunan Konsentrasi SO ₄ Setelah Proses SBR	44
Tabel 4.12 Hasil Uji Anova Pengaruh Variasi Perlakuan Terhadap Konsentrasi Akhir SO ₄	46
Tabel 4.13 Hasil Uji Duncan Konsentrasi SO ₄	47
Tabel 4.14 Korelasi Antara Konsentrasi SO ₄ dengan Waktu (menit) dan Debit udara (L/menit)	48
Tabel 4.15 Hasil uji Regresi Anova	49
Tabel 4.16 Persamaan Regresi Penurunan Konsentrasi SO ₄ Pada Seluruh Variasi	49
Tabel 4.17 Persamaan R Square	50
Tabel 4.18 Konsentrasi Akhir SO ₄ Setelah Proses SBR	52
Tabel 4.19 Persentase Penurunan Konsentrasi SO ₄ Setelah Proses SBR	53

Tabel 4.20 Hasil Uji Anova Pengaruh Variasi Perlakuan Terhadap Konsentrasi Akhir SO ₄	55
Tabel 4.21 Hasil Uji Duncan Konsentrasi SO ₄	56
Tabel 4.22 Korelasi Antara Konsentrasi SO ₄ dengan Waktu (menit) dan Debit udara (L/menit)	57
Tabel 4.23 Hasil uji Regresi Anova	58
Tabel 4.24 Persamaan Regresi Penurunan Konsentrasi SO ₄ Pada Seluruh Variasi	58
Tabel 4.25 Persamaan R Square	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Alir Produksi Tahu	11
Gambar 2.2 Tipe Pengoperasian SBR	17
Gambar 2.3 Pengoperasian Sequencing Batch Reactor	18
Gambar 2.4 Peta Kontrol	21
Gambar 3.1 Sequencing Batch Reactor	28
Gambar 4.1 Grafik Konsentrasi Akhir BOD Terhadap Variasi Waktu dan Debit Udara	35
Gambar 4.2 Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi BOD Terhadap Variasi Waktu dan Debit Udara	36
Gambar 4.3 Grafik Konsentrasi Akhir SO ₄ Terhadap Variasi Waktu dan Debit Udara	44
Gambar 4.4 Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi SO ₄ Terhadap Variasi Waktu dan Debit Udara	45
Gambar 4.5 Grafik Konsentrasi Akhir NO ₃ Terhadap Variasi Waktu dan Debit Udara	53
Gambar 4.6 Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi NO ₃ Terhadap Variasi Waktu dan Debit Udara	54

DAFTAR LAMPIRAN

- Hasil Analisa parameter air limbah tahu di Laboratorium Kimia BLK.
- Hasil analisa data BOD menggunakan SPSS.
- Hasil analisa data SO_4 menggunakan SPSS.
- Hasil analisa data NO_3 menggunakan SPSS.
- Perhitungan Pengujian Keseragaman Data.
- Tabel Standar Deviasi BOD, SO_4 dan NO_3 .
- Prosedur Analisa Biological Oxygen Demand (BOD).
- Prosedur Analisa Sulfat (SO_4).
- Prosedur Analisa Nitrat (NO_3).
- Dokumentasi:
 - pH Meter.
 - Air Pump.
 - Sampel Air Limbah Tahu.
 - Tahap Reaksi (Aerasi) Pada Proses SBR.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia industri yang semakin pesat membawa dampak bagi manusia dan lingkungannya. Disatu pihak pembangunan industri diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan bagi masyarakat. Namun dilain pihak bila dalam perumusan kebijaksanaan pembangunan industri tidak memasukkan unsur-unsur yang berorientasi pada lingkungan, maka tiga unsur pokok dalam ekosistem air, udara dan tanah akan mengalami kerusakan. Yang diakibatkan oleh pencemaran hasil samping dari proses produksi atau limbah, dimana limbah yang mengandung bahan pencemar dapat mengubah kualitas lingkungan.

Secara umum efek atau pengaruh yang dapat ditimbulkan dari bahan buangan atau limbah antara lain:

1. Ditinjau dari segi kesehatan, limbah membahayakan bagi kesehatan manusia karena merupakan sumber penyakit.
2. Ditinjau dari segi ekonomi, limbah sangat merugikan karena menimbulkan kerusakan pada bangunan, tanaman dan dapat membunuh hewan yang ada di dalam air.
3. Ditinjau dari segi estetika, limbah dapat merusak keindahan pemandangan dan menimbulkan bau yang kurang sedap.

Industri tahu menghasilkan limbah cair yang cukup banyak. Limbah yang dihasilkan berasal dari proses perendaman, pencucian, penyaringan, dan pengepresan atau pencetakan. Limbah cair ini banyak mengandung bahan-bahan pencemar yang cukup tinggi, seperti; BOD, COD, SS, SO₄, NO₃, PO₄ dan nilai pH yang lebih bersifat asam. Beban pencemar yang ditimbulkan tersebut akan menimbulkan bau yang kurang sedap sebagai akibat dari penguraian bahan-bahan organik (protein) secara alami.

Apabila limbah tersebut langsung dibuang tanpa ada pengolahan terlebih dahulu maka dapat merusak lingkungan yang ada disekitarnya. Oleh karena itu limbah cair industri tahu harus ditangani secara baik, sehingga limbah cair yang

dihasilkan sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan. Jika dibuang tidak akan membahayakan lingkungan biotik dan abiotik.

Dengan melihat begitu banyaknya kandungan polutan yang terdapat pada air limbah tahu dan kerugian yang diakibatkan oleh limbah tersebut, maka akan dilakukan penelitian untuk menurunkan kandungan polutan yang terdapat didalamnya. Penelitian ini dititik beratkan pada pengaruh waktu dan debit udara pada tahap reaksi terhadap penurunan konsentrasi BOD, SO_4 dan NO_3 pada air limbah tahu untuk penerapan SBR.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah pengaruh waktu dan debit udara pada tahap reaksi dalam menurunkan konsentrasi BOD, SO_4 dan NO_3 yang terdapat dalam air limbah tahu?
2. Apakah ada perbedaan penurunan konsentrasi BOD, SO_4 dan NO_3 dengan variasi waktu: 21 menit, 42 menit, 63 menit dan variasi debit udara: 1,2 L/menit, 3,5 L/menit, 5 L/menit?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh waktu dan debit udara pada tahap reaksi dalam menurunkan konsentrasi BOD, SO_4 dan NO_3 yang terdapat dalam air limbah tahu.
2. Untuk mengetahui perbedaan penurunan konsentrasi BOD, SO_4 dan NO_3 dengan variasi waktu: 21 menit, 42 menit, 63 menit dan debit udara: 1,2 L/menit, 3,5 L/menit, 5 L/menit.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu dan debit udara pada tahap reaksi dalam menurunkan konsentrasi BOD, SO_4 dan NO_3 yang terdapat dalam air limbah tahu untuk penerapan SBR. Selain itu juga sebagai alternatif pengolahan air limbah sehingga dapat memenuhi standart baku mutu air limbah yang telah ditetapkan.

1.5 Ruang Lingkup

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

1. Mendesain dan membuat alat Sequencing Batch Reactor (SBR) dalam skala labioratorium.
2. Sampel yang digunakan adalah sampel air limbah tahu di perusahaan tahu M. Sukur, Jl. L.A. Sucipto No. 357 B - Malang.
3. Parameter yang dianalisa yaitu BOD, SO₄ dan NO₃.
4. Untuk menetralkan pH menggunakan larutan NaOH.
5. Melakukan percobaan untuk mengetahui penurunan konsentrasi BOD, SO₄ dan NO₃ dengan pengaturan:
 - a. Variasi waktu: 21 menit, 42 menit dan 63 menit.
 - b. Variasi debit udara: 1,2 L/menit, 3,5 L/menit, 5 L/menit.
6. Melakukan analisa konsentrasi BOD, SO₄ dan NO₃ pada awal dan akhir setiap percobaan.
7. Melakukan analisa pengaruh variasi waktu dan debit udara pada tahap reaksi dalam menurunkan konsentrasi BOD, SO₄ dan NO₃ yang terdapat dalam air limbah tahu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air Limbah

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. 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 pemukiman, perdagangan, perkantoran dan industri bersama-sama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada.

Jika air limbah yang tidak diolah dibiarkan terakumulasi, maka penguraian bahan-bahan organik dengan berbagai macam kandungannya dapat menghasilkan produksi gas-gas dengan bau yang tidak sedap. Dalam jumlah yang banyak air limbah mengandung berbagai mikroorganisme patogen atau penyebab penyakit pada manusia, air limbah juga mengandung senyawa-senyawa beracun. Sehingga perlu dilakukan penanganan atau pengolahan air limbah yang lebih seksama dan terpadu sebelum dibuang ke alam agar tidak mencemari lingkungan.

Sedangkan pengertian air limbah industri adalah air buangan yang berasal dari berbagai jenis kegiatan proses produksi suatu industri. Pada umumnya sulit dalam pengolahannya serta mempunyai variasi yang besar, zat-zat yang terkandung di dalamnya dapat berupa zat pelarut, mineral, logam berat, zat-zat organik, minyak, lemak, garam-garam, zat warna, nitrogen, sulfide, amoniak dan zat yang bersifat racun (toksik).

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:

2.2.1 Parameter fisik

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

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

2. Warna

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

3. Bau

Air limbah baru biasanya menghasilkan bau yang tidak begitu merangsang tetapi berbagai senyawa yang berbau dilepaskan pada saat air limbah terurai secara biologis pada kondisi anaerobik. Senyawa utama yang berbau adalah H_2S atau hidrogen sulfida yang mempunyai bau seperti telur busuk. Senyawa-senyawa lain yang terbentuk pada kondisi anaerobik yang mungkin pula menyebabkan bau yang lebih merangsang dari pada bau hidrogen sulfida.

4. Temperatur

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

2.2.2 Parameter kimia

1. Bahan organik

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

2. Bahan anorganik

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

3. pH (Derajat tingkat keasaman)

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

4. Kebasaan

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

2.2.3 Parameter Biologis

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

1. Biological Oxygen Demand (BOD)

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

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

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

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

3. Karbon Organik Total.

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

4. Kebutuhan Oksigen Teoritis (ThOD)

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

(Sumber: Sugiharto, 1987)

2.3 Bahan Produksi Tahu

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

1. Kedelai

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

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

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

2. Air

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

3. Pengawet tahu

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

Zat pengawet sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

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

Proses pengawetan hasil produksi tahu yang dilakukan para pengrajin di sentra industri tahu Kelurahan Jomblang 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.

2.4 Proses Produksi Tahu

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

1. Perendaman dan Pencucian

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

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

2. Penggilingan

Setelah kedelai direndam dan dicuci bersih, selanjutnya dilakukan penggilingan. Proses penggilingan dilakukan dengan menggunakan mesin, karena penggunaan mesin akan memperhalus hasil gilingan kedelai. Pada saat penggilingan diberi air mengalir agar bubur kedelai terdorong keluar. Air yang digunakan untuk proses penggilingan sebanyak \pm 400 liter untuk 100 kg kedelai.

Kerapatan atau renggangnya batu gilingan dapat mempengaruhi rendaman tahu. Hasil dari proses penggilingan berupa bubur kedelai.

3. Perebusan

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

4. Penyaringan dan Penggumpalan

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

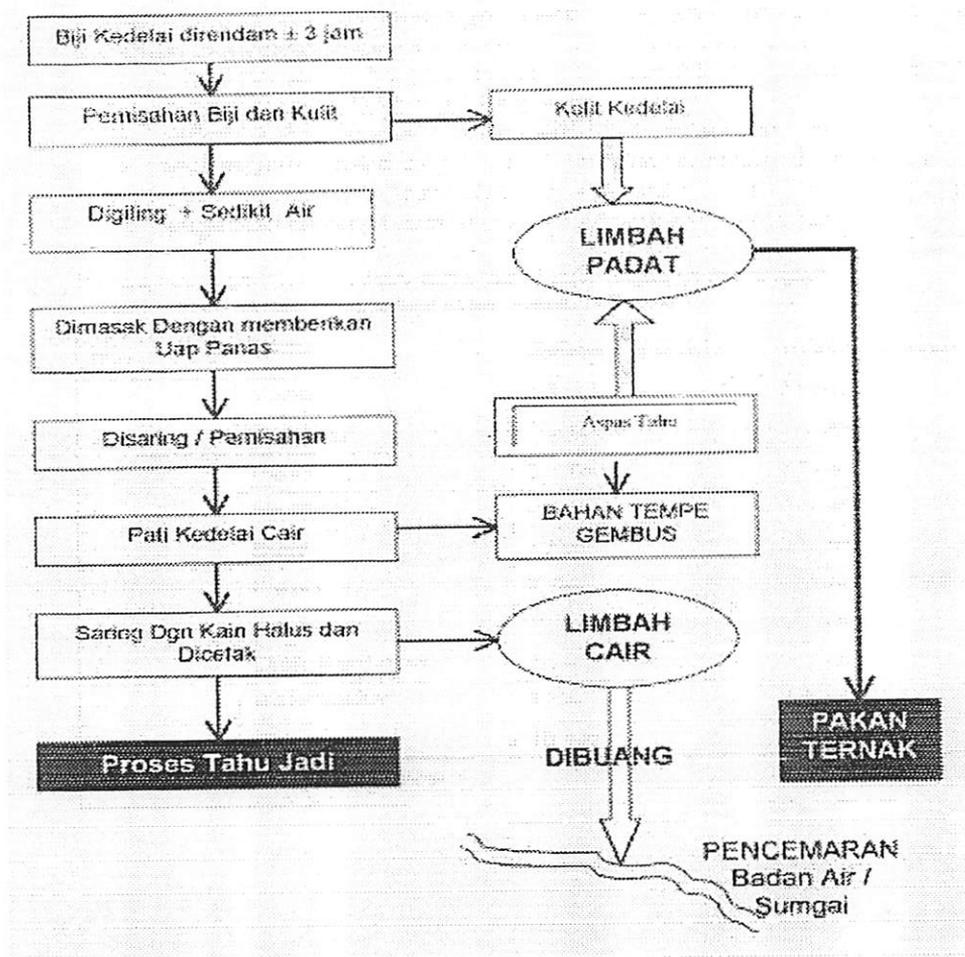
5. Pencetakan dan Pematangan

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

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

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

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



Sumber: Waluyo & Hori, 2004

Gambar 2.1 Proses Alir Produksi Tahu

2.5 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 Substillis*, *Bacillus Mesentericus*. Warna kuning kemungkinan disebabkan adanya *Penicillium Cacei* sedangkan rasa pahit kemungkinan adanya bakteri *Coliform*, *Micrococci*, dan *Ahcromyces*. Pembusukan terjadi karena tumbuhnya *Clostridium Sporagenus* dan *Clostridium Leutoputressens*.

2.6. Karakteristik Air Limbah Tahu

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

- pH : 4 – 5,5
- Suhu : 37 – 45 °C
- Kekerusuhan: 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%

Sumber: Arie Herlambang, 2002

2.7 Parameter Yang Diuji

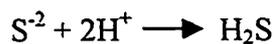
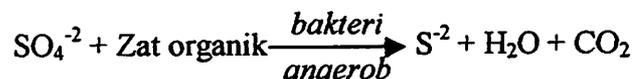
Banyak parameter yang dapat dianalisis pada air terutama pada air limbah tahu. Dalam penelitian ini hanya meneliti parameter BOD, SO₄ dan NO₃ yang terdapat dalam air limbah tahu.

2.7.1 Biological Oxygen Demand (BOD)

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

2.7.2 Sulfat (SO₄)

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.

2.7.3 Nitrat (NO₃)

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

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

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

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

2.8 Sequencing Batch Reaktor (SBR)

2.8.1 Pengertian SBR

Menurut *Luis H. Abreu dan Saribel Estrada (2004)*, Sequencing Batch Reaktor (SBR) adalah sebuah proses lumpur aktif yang dirancang dibawah kondisi keadaan tidak tetap, dimana aerasi dan sedimentasi dilakukan bersama dan berurutan dalam satu tangki. Menurut *Metcalf & Eddy (1991)* Sequencing Batch Reaktor (SBR) adalah sistem pengolahan lumpur aktif isi (fill) dan tuang (draw). Unit Proses di dalam SBR dan di dalam lumpur aktif secara konvensional adalah identik. Walaupun demikian terdapat satu perbedaan yang utama yaitu pada pengolahan lumpur aktif konvensional, proses akan berlangsung pada tangki-tangki yang terpisah, sedangkan di dalam operasi SBR, proses akan berlangsung secara *sequence* atau bergantian di dalam satu tangki yang sama.

2.8.2 Tahapan Proses SBR

Unit proses pada SBR mirip dengan proses dalam sistem lumpur aktif konvensional, dimana air buangan diaduk dengan flokulan biomassa pada proses pengolahan. Adapun yang membedakan bahwa SBR merupakan reaktor siklik atau batch yang didesain pada basis aliran intermitten yang dirancang berdasarkan beberapa tahapan proses yang berlangsung dalam satu reaktor (*Irvine dan Davis, 1971*). Siklus proses yang terjadi dalam SBR terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pengisian (fill)

Mengisi reaktor dengan influen yang akan diolah (air buangan). Pada pengisian ini volume meningkat dari 25% (pada akhir idle) menjadi 100%. Waktu yang dibutuhkan sekitar 25% dari waktu putaran.

2. Reaksi (react)

Proses pengolahan secara batch. Pada kedua fase awal ini, proses pengolahan sudah dimulai dimana pada fase ini telah terjadi aktivitas biomassa yaitu telah terjadi kontak antara mikroorganisme dengan substrat dan dilakukan pengadukan atau mixing.

3. Pengendapan (settle)

Mengendapkan lumpur biomassa dari cairan yang diolah. Beberapa penelitian melaporkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk pengendapan berkisar antara 10-60 menit.

4. Pengeluaran/penuangan (draw/decant)

Mengeluarkan efluen (supernatan air buangan yang telah diolah) dan terklarifikasi dari dalam reaktor. waktu yang dibutuhkan 5-30% dari waktu putaran. Waktu untuk pengendapan dan pengeluaran berlangsung kurang dari 3 jam.

5. Idle

Tahapan diam menunggu pengisian kembali. Biasanya digunakan untuk multi SBR, sedangkan untuk satu reaktor, proses ini sering dihilangkan. Meskipun demikian, idle kadang diperlukan untuk menstabilkan lumpur biomassa sebagaimana yang terjadi dalam proses kontak stabilisasi.

Menurut *Jern (1985)*, umumnya sebuah SBR cycle akan melewati beberapa fase yaitu:

1. Fill (Pengisian)

Memasukkan air limbah ke dalam reaktor, umumnya berada pada keadaan anoxic (tanpa oksigen) untuk SBR aerob.

2. Reaksi/react (Aerasi)

Memperkenankan reaksi-reaksi biologi yang terseleksi hingga terjadi pada batas yang diinginkan.

3. Settle (Sedimentasi/klarifikasi)

Memperkenankan kondisi *quiescent* di dalam reaktor untuk mendapatkan pemisahan cairan dan padatan dari air dalam reaktor.

4. Draw (decant)

Mengeluarkan supernatant yang telah terolah dan terklarifikasi dari dalam reaktor.

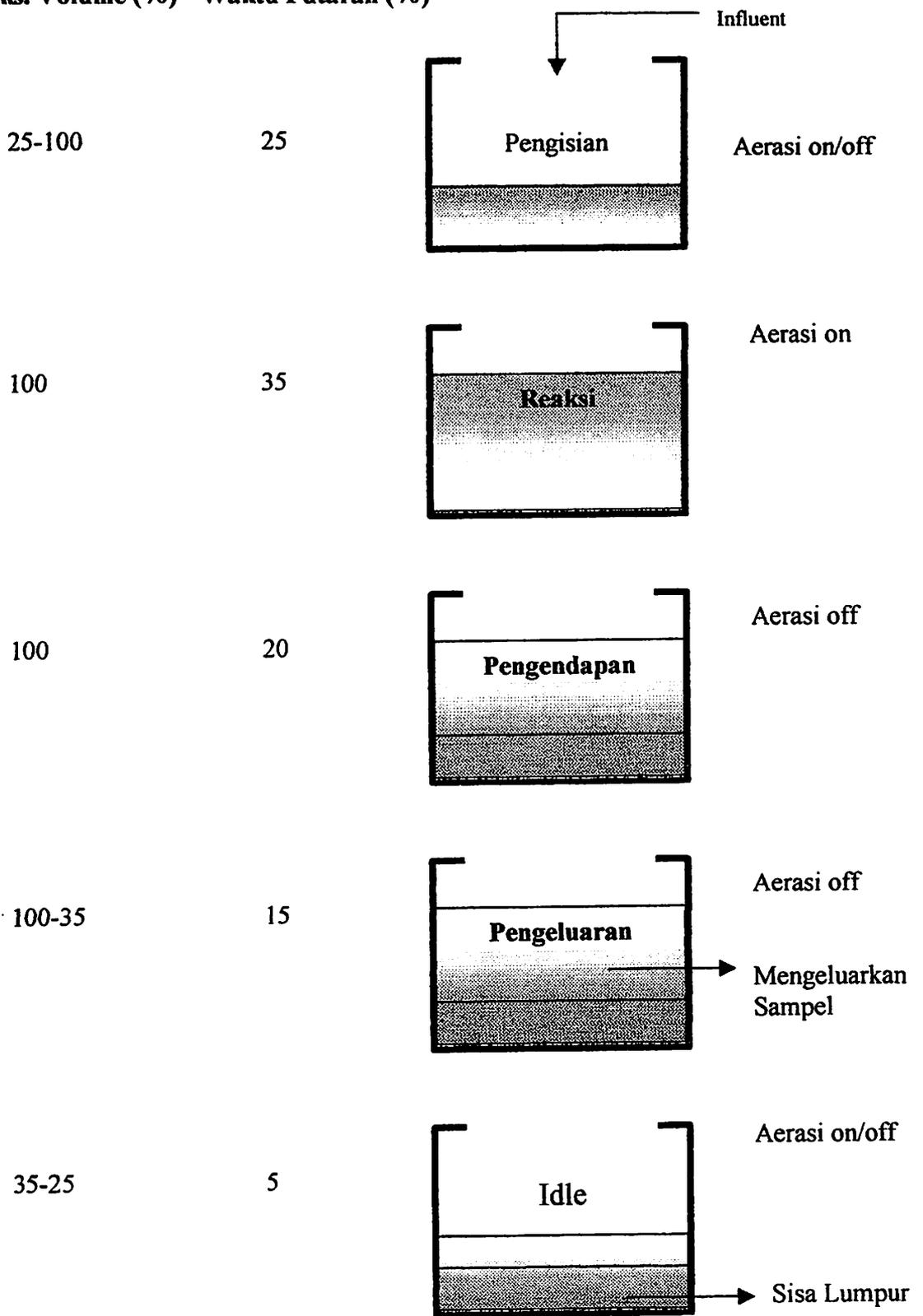
5. Idle

Saat reaktor tidak beroperasi, beberapa variasi dapat didesain pada fase ini seperti termasuk di dalamnya *Sludge thickening dan desludging*.

Pembuangan lumpur tidak termasuk dalam 5 proses dasar tersebut karena tidak ada penentuan waktu dalam putaran untuk lumpur sisa. Dalam operasional SBR, sisa lumpur umumnya terjadi selama proses pengendapan (fase akhir). Keunikan dari SBR adalah tidak ada resirkulasi lumpur aktif, karena proses aerasi dan sedimentasi berada dalam satu tangki. Tidak ada lumpur yang hilang selama reaksi dan tidak ada yang diresirkulasikan dari klarifier untuk menjaga kandungan lumpur dalam tangki SBR (*Metcalf & eddy, 1991*).

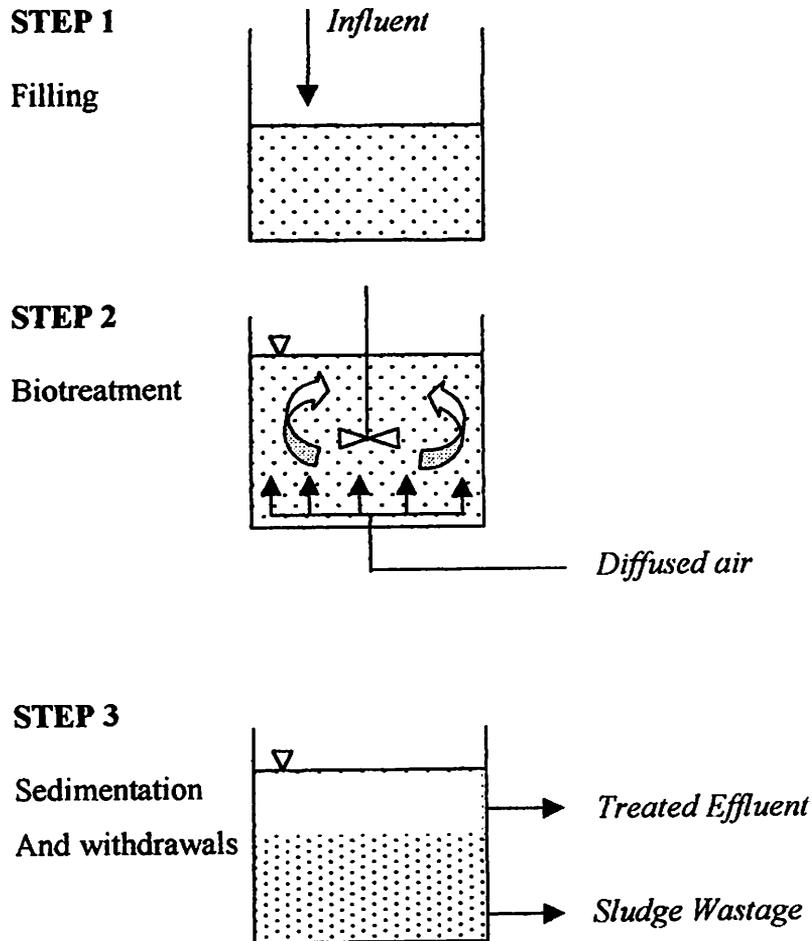
Untuk lebih jelas mengenai tahapan proses SBR berikut ini sketsa prosesnya, dapat dilihat pada gambar 2.2 dan 2.3.

Maks. Volume (%) Waktu Putaran (%)



(Sumber: Metcalf dan Eddy, 1991)

Gambar 2.2 Tipe Pengoperasian SBR



(Sumber: LaGrega, Buckingham dan Evans, 1994)

Gambar 2.3 Pengoperasian Sequencing Batch Reactor

2.8.3 Keuntungan Menggunakan SBR

1. Karena mode SBR adalah diskontinu, maka equalisasi aliran, pengolahan dan pengendapan dapat dicapai dalam satu reaktor sehingga dapat mengeliminasi kebutuhan clarifier (Norcross, 1992).
2. Lebih fleksibilitas dalam pengeoperasian, dimana siklus operasi dapat diatur untuk menghasilkan kualitas suatu efluen yang dikehendaki.
3. SBR dapat secara sempurna digunakan untuk debit air buangan yang kecil, tetapi dalam aplikasi lebih lanjut pada debit besar juga menunjukkan hasil yang cukup memuaskan (Irvine et al., 1985).
4. Dua atau lebih tangki SBR dapat dioperasikan secara paralel.
5. SBR dalam mengolah air buangan memiliki efisiensi penyisihan BOD sekitar 95,7-99,4 % (Irvine et al, 1985; Melcer et al., 1987).

2.8.4 Strategi Pengoperasian SBR

Dalam mengolah air limbah diperlukan suatu strategi yang tepat, baik dalam pemilihan suatu sistem pengolahan maupun dalam pengoperasiannya. Sehingga air limbah dapat diolah dengan baik dan hasil yang maksimal. Begitu pula dengan pengoperasian SBR diperlukan adanya suatu strategi. Untuk lebih jelas mengenai strategi pengoperasian SBR dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2.1 Strategi Pengoperasian SBR Pada Umumnya

Tujuan Pengolahan	Pengisian	Reaksi
1. Pengurangan karbon organik dan SS	Statis, Pengadukan dilanjutkan aerasi	Aerasi
2. Pengurangan karbon organik dan SS serta nitrifikasi	Statis, Pengadukan dilanjutkan aerasi	Aerasi
3. Pengurangan karbon organik dan SS serta denitrifikasi	Statis, Pengadukan dilanjutkan aerasi	Aerasi diikuti pengadukan dan aerasi kembali
4. Pengurangan karbon organik dan SS serta penyisihan fosfor secara biologis	Statis, Pengadukan dilanjutkan aerasi	Aerasi
5. Pengolahan air limbah industri yang mengandung organik dan konsentrasi zat beracun yang tinggi	Pengadukan (periode pendek) dilanjutkan dengan aerasi	Aerasi (periode panjang)

Untuk meningkatkan laju pertumbuhan mikroorganisme dalam tangki SBR dapat menggunakan strategi sebagai berikut:

1. Melakukan proses pengisian secara cepat, pada waktu yang pendek.
2. Menghilangkan atau mengurangi aerasi dan pengadukan selama proses pengisian (pengisian statis).
3. Meningkatkan rasio pergantian volumetris.

2.8.5 Kriteria Desain SBR

Kriteria desain Sequencing Batch Reaktor (SBR) adalah seperti pada tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2.2 Kriteria Desain SBR

Parameter	Satuan	Besaran
Rasio F/M	Kg BOD/kg MLVSS hari	0,05-0,30
Beban Volumetrik	Kg/m ³ .hari	0,08-0,24
MLSS	Mg/l	1500-5000
Rasio resirkulasi	-	Tidak applicable

(Sumber: Metcalf & eddy, 1991)

2.9 Pengumpulan Dan Pengolahan Data

Populasi adalah totalitas semua nilai, baik itu menghitung maupun mengukur, kuantitatif maupun kualitatif dari karakteristik tertentu mengenai sekumpulan obyek yang lengkap dan jelas. Sedangkan Sampel adalah sebagian data yang diambil dari populasi dengan menggunakan cara-cara tertentu (sumber: Sudjana, 1996). Dalam penelitian ini adalah limbah cair industri tahu.

2.9.1 Metode Statistik

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

a. Rata-rata hitung

Untuk data kuantitatif yang terdapat dalam sebuah sampel dihitung dengan cara membagi jumlah nilai data oleh banyak data. Rumus yang digunakan adalah:

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

Dimana:

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

$\sum X$ = Total jumlah sampel

n = Banyaknya sampel

b. Simpangan Baku (Standart Deviasi)

Digunakan untuk menentukan selisih atau jarak dari nilai rata-rata sampel yang diuji. Rumus yang digunakan adalah:

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

Dimana:

S = Standart deviasi yang dicari

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

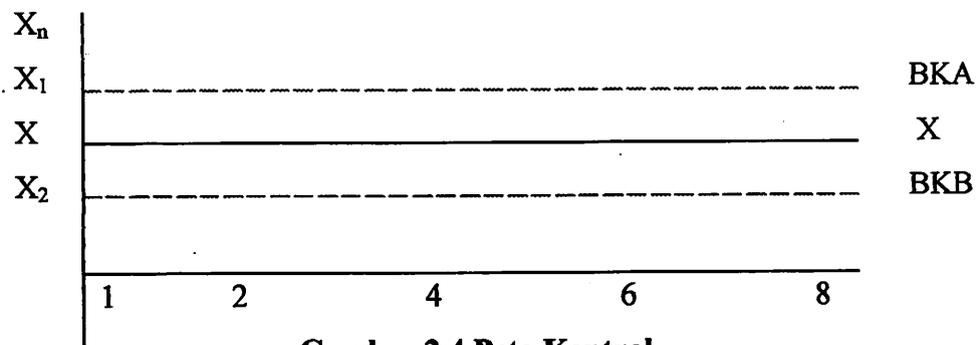
n = Jumlah pengukuran yang telah dilakukan

(Sumber: Sudjana, 1996)

2.9.2 Pengujian Keseragaman Data

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

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



Gambar 2.4 Peta Kontrol

Menurut, *Sritomo Wingsoebroto, 1995 hal.195.*

Rumus yang digunakan untuk menentukan batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) adalah sebagai berikut:

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

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

Dimana:

\bar{X} = Hasil rata-rata Pengukuran

S = Standart Deviasi dari hasil pengukuran

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

2.9.3 Pengolahan Data kuantitatif

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

Teknik statistik yang digunakan adalah sebagai berikut:

□ Koefisien korelasi

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

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

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

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

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X - \sum Y}{\sqrt{(n \sum X - (\sum X)^2)(n \sum Y - (\sum Y)^2)}}$$

Dimana:

r = koefisien korelasi Pearson,

X = variabel bebas

Y = variabel terikat

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

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

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

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

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

□ Regresi

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

Digunakan rumus sebagai berikut:

a. Regresi Linier Sederhana

$$Y = a + bX$$

Keterangan:

Y = variabel terikat (variabel yang diduga),

X = variabel bebas,

a = intersep

b = koefisien regresi (slop)

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

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

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

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

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

Keterangan:

Y = variabel terikat (variabel yang diduga),

X = variabel bebas,

Se = kesalahan baku regresi

b. Regresi Linier Berganda

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2$$

Keterangan:

Y = variabel terikat (variabel yang diduga),

X₁ dan X₂ = variabel bebas I dan II,

a = intersep

b₁ dan b₂ = koefisien regresi (slop)

nilai a dan b harus ditentukan terlebih dahulu dengan rumus:

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

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

Uji Statistik regresi linier sederhana:

- Untuk uji hipotesis serentak menggunakan uji F yaitu:

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

Keterangan:

Rkreg = rata-rata kuadrat regresi

Rkres = rata-rata kuadrat residu (error)

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

$$t = \frac{b_i - B_i}{S_{b_i}}, i = 1, 2, 3, \dots$$

Keterangan:

b_i = nilai koefisien regresi

B_i = nilai koefisien regresi untuk populasi

S_{b_i} = kesalahan baku koefisien regresi

□ Analisis Komparasi

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

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

□ Analisis Deskriptif

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

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

Keterangan:

t = nilai t hitung,

X = rata-rata X ,

μ_0 = nilai yang dihipotesiskan,

s = simpangan baku

n = jumlah anggota sampel

2.9.4 Interpretasi Analisis Data

Interpretasi data adalah pencarian pengertian yang lebih luas tentang data yang telah dianalisis. Atau dengan kata lain, interpretasi merupakan penjelasan yang terinci tentang arti yang sebenarnya dari data yang telah dianalisis atau dipaparkan. Dengan demikian, memberikan interpretasi data berarti memberikan arti yang lebih luas dari data penelitian.

Interpretasi data memiliki dua aspek, yaitu sebagai berikut:

1. Untuk menegakkan keseimbangan suatu penelitian, dalam pengertian menghubungkan hasil suatu penelitian dengan penemuan penelitian lainnya.
2. Untuk membuat atau menghasilkan suatu konsep yang bersifat menerangkan atau menjelaskan.

2.9.5 Generalisasi Dan Kesimpulan Analisis Data

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

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

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

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Perusahaan tahu M. Sukur dan Balai Laboratorium Kesehatan Lingkungan Surabaya, Waktu pelaksanaan pada bulan Pebruari sampai April 2005.

3.2. Studi Literatur

Studi literatur yang dimaksud disini adalah semua kegiatan yang berkaitan dengan telaah pustaka yang berkaitan dengan penelitian. Studi pustaka ini diperoleh dari berbagai sumber buku, jurnal penelitian, internet dan penelitian pendahuluan yang ada hubungannya. Informasi yang jelas dan lengkap tentang hal-hal yang diperlukan berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Oleh karena itu diperlukan studi literatur yang dimulai dari awal penelitian sampai didapatkannya suatu kesimpulan.

Tujuan studi literatur ini adalah :

- a. Agar lebih memahami bidang yang diteliti
- b. Menentukan prosedur penelitian yang tepat
- c. Memberikan dasar untuk menentukan waktu dan biaya penelitian
- d. Membantu menentukan literatur yang sesuai

3.3. Pengambilan Sampel

□ Jenis Sampel

Sampel yang digunakan adalah air limbah tahu.

□ Lokasi Pengambilan Sampel

pengambilan sampel di Perusahaan tahu M. Sukur Jl. L.A. Sucipto No. 357 B Malang.

3.4. Persiapan Alat dan Bahan

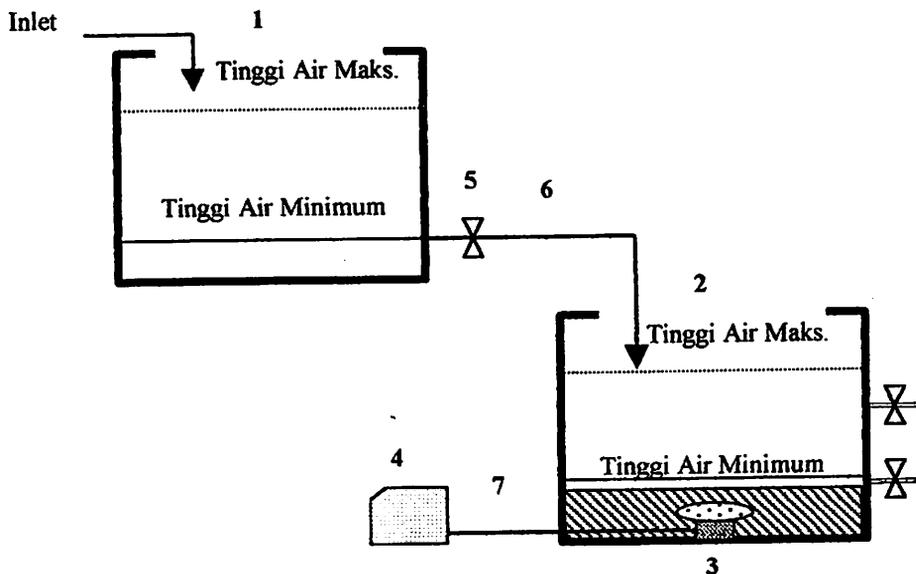
3.4.1. Peralatan:

1. Tangki penampung.
2. Air Pump dengan debit udara: 1,2 L/menit, 3,5 L/menit, 5 L/menit.
3. Selang Udara dengan diameter $\pm 0,05$ mm.
4. Diffuser.
5. Tangki SBR dengan panjang ± 24 cm, lebar ± 24 cm dan tinggi ± 34 cm.
6. Pipa PVC $\frac{1}{2}$ inc.
7. Kran.
8. Botol penampung setelah proses SBR.

3.4.2. Bahan-bahan:

1. Sampel air limbah tahu.
2. Aquadest.
3. NaOH.

3.4.3. Gambar Alat SBR



Gambar 3.1 Sequencing Batch Reactor

Keterangan gambar:

1. Tangki Penampung
2. Tangki SBR
3. Difuser
4. Air pump
5. Kran
6. Pipa PVC
7. Selang Udara

3.5. Prosedur Penelitian

3.5.1. Penyaringan

Penyaringan disini berfungsi untuk menyaring air limbah tahu sehingga tidak ada lagi kotoran atau flok-flok yang masih terdapat dalam air limbah tahu yang dapat mengganggu proses SBR.

3.5.2. Penetralan pH

Sebelum air limbah tahu dimasukkan ke dalam tangki SBR terlebih dahulu air limbah tahu diberi larutan NaOH yang berfungsi untuk menetralkan pH. Penetralan pH sangat penting dalam proses ini karena secara umum pH optimum untuk pertumbuhan bakteri pada rentang 6,5 – 7,5 (*Sumber: Satuan Proses, 2000*).

Berikut ini adalah perhitungan untuk membuat larutan NaOH 300 ml dengan Normalitas 0,67 N:

$$\begin{aligned} N \text{ NaOH} &= \frac{W}{Be} \times \frac{1000}{V} \\ &= \frac{8gr}{40} \times \frac{1000}{300ml} \\ &= 0,67 N \end{aligned}$$

3.5.3. Variabel Penelitian

a. Variabel terikat

- Penurunan konsentrasi BOD (Biological Oxygen Demand)
- Penurunan konsentrasi SO₄ (Sulfat)
- Penurunan konsentrasi NO₃ (Nitrat)

b. Variabel bebas

- Waktu: 21 menit, 42 menit, 63 menit.
- Debit udara: 1,2 lt/mnt, 3,5 lt/mnt, 5 lt/mnt.

3.5.4. Cara Kerja

1. Melakukan penyaringan air limbah tahu lalu mengambil sampel untuk diukur konsentrasi BOD, SO₄ dan NO₃.
2. Membuat larutan 300 ml NaOH 0,67 N untuk setiap 10 lt sampel air limbah tahu.
3. Air sampel yang telah disaring dimasukkan ke dalam tangki penampung dan diberi larutan NaOH untuk menetralkan pH, kemudian air sampel dialirkan ke dalam tangki SBR sebanyak 2,5 lt kemudian dидiamkan, setelah itu mengalirkan 7,5 lt dalam keadaan tanpa ada aerasi selama 25% waktu putaran.
4. Mengatur debit aliran air dari tangki penampung ke tangki SBR dengan cara mengatur besarnya bukaan stop kran pada outlet tangki penampung kemudian debit air mengalir keluar dari tangki penampung menuju tangki SBR diukur dengan menggunakan gelas ukur dan stopwatch. Caranya adalah mengukur waktu yang diperlukan untuk menampung air sebanyak 1 liter pada gelas ukur untuk debit 1 L/menit maka waktu yang diperlukan yaitu 60 detik.
5. Reaksi berlangsung dengan cara pemberian oksigen (proses aerasi) selama 35% dari waktu putaran dengan volume sampel 10 lt.
6. Proses aerasi dihentikan dan melakukan proses pengendapan, pengendapan dilakukan selama 20% dari waktu putaran.
7. Setelah proses pengendapan selesai, dilakukan pengambilan sampel kembali untuk dianalisa konsentrasi BOD, SO₄ dan NO₃.
8. Mengeluarkan supernatan yang telah terolah dan terklarifikasi kemudian melakukan idle.
9. Melakukan hal yang sama seperti prosedur 2 – 8 dengan memvariasikan waktu dan debit udara.
10. Analisa konsentrasi BOD, SO₄ dan NO₃ di Balai Laboratorium Kesehatan (BLK) Surabaya.

Variasi waktu 21 menit, 42 menit dan 63 menit didapat dari variasi waktu pengoperasian selama proses SBR untuk waktu: 1 jam, 2 jam, 3 jam pada tahap reaksi selama 35 % dari waktu putaran. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel. 3.1 Pembagian Waktu Selama Proses SBR

Tahapan Proses SBR	Waktu Putaran (%)	Variasi Waktu Pengoperasian		
		60 mnt	120 mnt	180 mnt
Pengisian	25	15 mnt	30 mnt	45 mnt
Reaksi	35	21 mnt	42 mnt	63 mnt
Pengendapan	20	12 mnt	24 mnt	36 mnt
Pengeluaran	15	9 mnt	18 mnt	27 mnt
Idle	5	3 mnt	6 mnt	9 mnt

Tabel 3.2 Jumlah Udara Yang Disuplai Selama Proses Reaksi

Waktu Pengoperasian	Variasi Debit Udara		
	1,2 lt/mnt	3,5 lt/mnt	5 lt/mnt
21 mnt	25,2 lt	73,5 lt	105 lt
42 mnt	50 lt	147 lt	210 lt
63 mnt	75 lt	220,5 lt	315 lt

3.6. Metode Penelitian

3.6.1. Metode Analisa Parameter

Metode analisa BOD menggunakan TITRIMETRI, sedangkan SO_4 dan NO_3 menggunakan SPEKTROFOTOMETRI.

3.6.2. Metode Analisa Data Statistik

Analisis data statistik hasil penelitian dilakukan dengan metode Duncan, analisa deskriptif, korelasi dan regresi. Analisa deskriptif ditujukan untuk mendapatkan gambaran berdasarkan gejala dan fakta yang diperoleh dari sampel penelitian yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

Uji Varians (ANOVA) untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang nyata atau tidak (secara statistik) antara berbagai variasi percobaan (waktu

dan debit udara) terhadap penurunan konsentrasi BOD, SO₄ dan NO₃ air limbah tahu dengan alat SBR. Kemudian dilanjutkan dengan analisa korelasi dan regresi untuk mengetahui tingkat keterkaitan suatu variabel terhadap variabel lain.

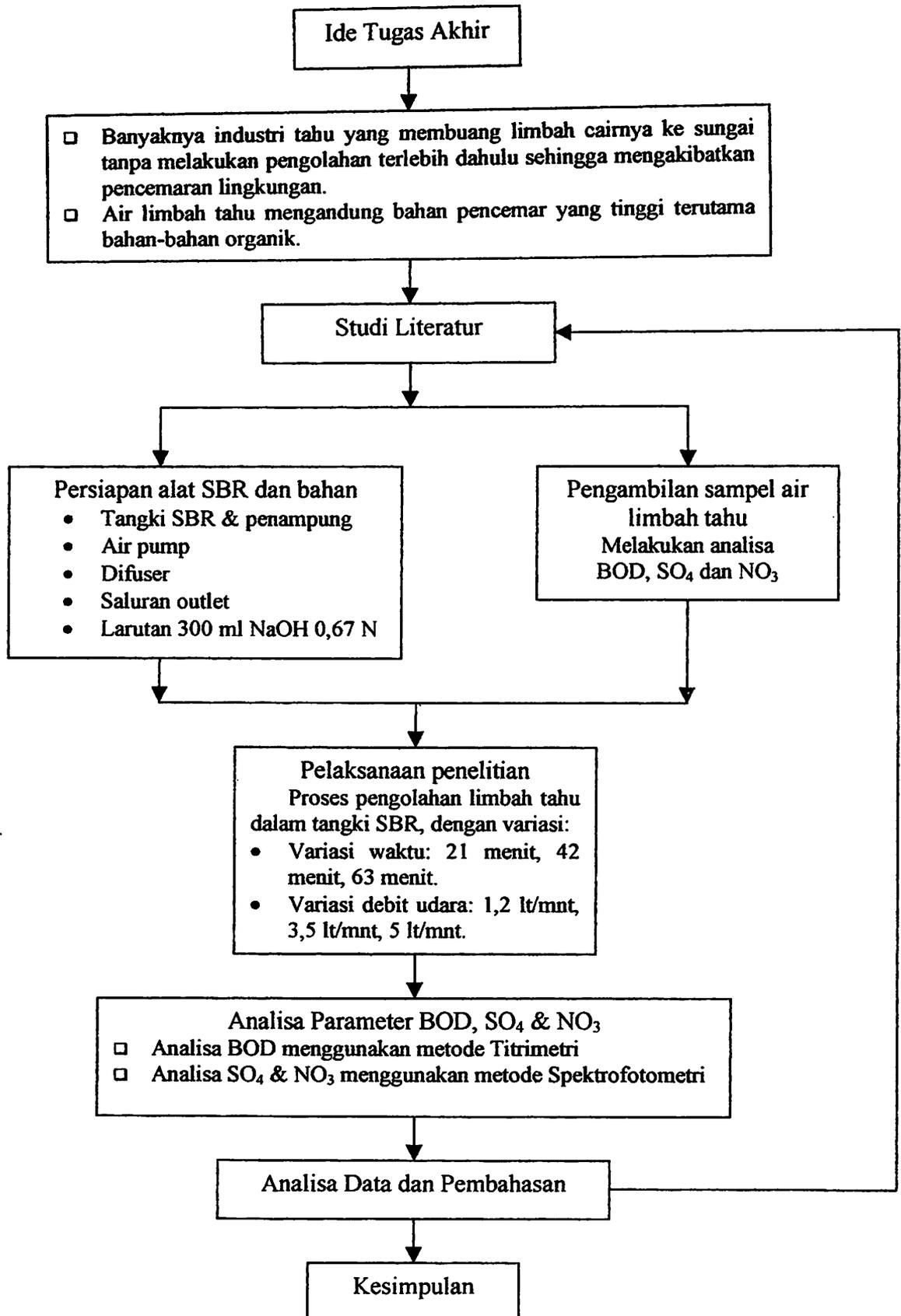
3.7. Pembahasan

Dari hasil analisa data, dijelaskan secara terperinci dan dihubungkan dengan hipotesa awal.

3.8. Kesimpulan

Kesimpulan mengacu pada tujuan dari penelitian dan membuktikan hipotesa apakah diterima atau ditolak dengan hasil pengolahan dan analisa data yang telah dilakukan.

3.9 Kerangka Penelitian



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil penelitian

4.1.1. Konsentrasi awal BOD, SO₄ dan NO₃ sebelum proses SBR

Dari penelitian yang dilakukan diperoleh data awal dan data akhir mengenai perubahan konsentrasi BOD, SO₄ dan NO₃ pada air limbah tahu dengan proses Sequencing Batch Reactor. Untuk konsentrasi awal air limbah dilakukan analisa awal yaitu: BOD, SO₄ dan NO₃. Data konsentrasi awal dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 konsentrasi awal sebelum proses SBR

No	Parameter	Konsentrasi (mg/l)
1	BOD	5564,40
2	SO ₄	19,84
3	NO ₃	21,44

4.1.2. Analisa BOD

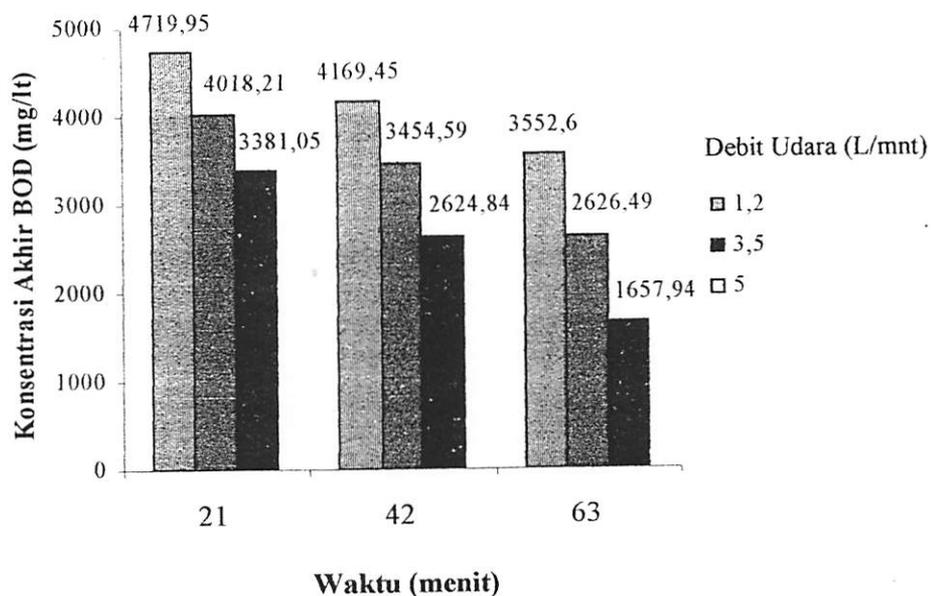
4.1.2.1. Konsentrasi akhir BOD setelah proses SBR

Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi BOD yang telah dilakukan, maka data konsentrasi akhir BOD air limbah tahu yang telah diujikan menggunakan alat SBR dengan berbagai variasi yang direncanakan dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 konsentrasi akhir BOD setelah proses SBR

Waktu (menit)	Debit udara (L/mnt)	Konsentrasi BOD setelah proses SBR (mg/l)			Rata-rata
		1	2	3	
21	1,2	4719,56	4720,18	4720,11	4719,95
	3,5	4017,96	4018,48	4018,20	4018,21
	5	3381,24	3381,32	3380,58	3381,05
42	1,2	4169,15	4170,09	4169,12	4169,45
	3,5	3454,31	3455,17	3454,29	3454,59
	5	2625,71	2623,98	2624,83	2624,84
63	1,2	3553,42	3551,83	3552,55	3552,60
	3,5	2627,23	2625,65	2626,58	2626,49
	5	1658,26	1657,38	1658,19	1657,94

Dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa alat SBR dengan perlakuan yang dikerjakan meliputi variasi waktu 21 menit, 42 menit, 63 menit dan debit udara 1,2 L/menit, 3,5 L/menit, 5 L/menit mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi BOD dalam air limbah tahu. Konsentrasi akhir BOD dapat dibuat grafik seperti pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Konsentrasi Akhir BOD Terhadap Variasi Waktu dan Debit Udara

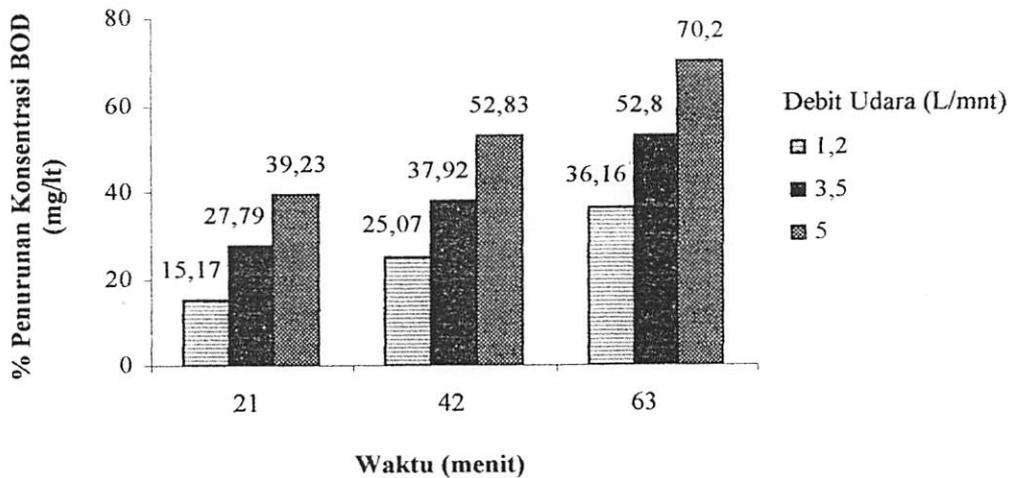
Untuk persentase penurunan konsentrasi BOD pada tiap variasi dapat dilihat pada tabel 4.3. Rumus yang digunakan untuk menghitung % penurunan adalah:

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100\%$$

Tabel 4.3 Persentase penurunan konsentrasi BOD setelah proses SBR

Waktu (menit)	Debit udara (L/mnt)	Persentase penurunan konsentrasi BOD setelah proses SBR (%R)			Rata-rata
		1	2	3	
21	1,2	15,18	15,17	15,17	15,17
	3,5	27,79	27,78	27,79	27,79
	5	39,23	39,23	39,24	39,23
42	1,2	25,07	25,06	25,08	25,07
	3,5	37,92	37,91	37,92	37,92
	5	52,81	52,84	52,83	52,83
63	1,2	36,14	36,17	36,16	36,16
	3,5	52,79	52,81	52,80	52,80
	5	70,20	70,21	70,20	70,20

Dari tabel 4.3 didapat persentase penurunan konsentrasi BOD air limbah tahu setelah proses SBR dapat dibuat grafik seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi BOD Terhadap Variasi Waktu dan debit udara

Berdasarkan Tabel 4.3 dan gambar 4.2 menunjukkan kemampuan penurunan konsentrasi BOD pada air limbah tahu semakin meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu dan semakin besarnya debit udara yang digunakan. Persentase penurunan konsentrasi BOD yang terendah yaitu pada waktu 21 menit debit udara 1,2 L/menit yaitu dengan penurunan 15,17 % dan persentase penurunan konsentrasi yang tertinggi yaitu pada waktu 63 menit debit udara 5 L/mnt yaitu dengan penurunan 70,20%.

4.1.2.2. Analisa ANOVA

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

Tabel 4.4 Hasil Uji ANOVA pengaruh variasi perlakuan terhadap konsentrasi akhir BOD

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lit)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6743,537 ^a	8	842,942	9103775	,000
Intercept	42522,676	1	42522,676	4,6E+08	,000
uji	6743,537	8	842,942	9103775	,000
Error	,002	18	,000		
Total	49266,215	27			
Corrected Total	6743,539	26			

a. R Squared = 1,000 (Adjusted R Squared = 1,000)

Pada tabel 4.4 merupakan hasil uji ANOVA satu faktor. ANOVA satu faktor ini untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara konsentrasi akhir BOD di antara kelompok variasi.

Hipotesis:

H_0 = Kesembilan rata-rata variasi identik

H_1 = Kesembilan rata-rata variasi adalah tidak identik

Keputusan:

Terlihat bahwa F hitung adalah 9103775 dengan probabilitas 0,000. Karena probabilitas < 0.05, maka H_0 ditolak, atau rata-rata konsentrasi akhir BOD dalam kesembilan variasi tersebut memang berbeda signifikan.

Untuk melihat konsentrasi akhir BOD yang paling besar dan perbedaannya untuk setiap perlakuan digunakan uji Duncan. Perlakuan dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil uji Duncan konsentrasi BOD

% Penurunan Konsentrasi BOD (mg/l)

Duncan ^{a,b}		Subset								
uji	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1A1,2	3	15,1733								
T2A1,2	3		25,0700							
T1A3,5	3			27,7867						
T3A1,2	3				36,1567					
T2A3,5	3					37,9167				
T1A5	3						39,2333			
T3A3,5	3							52,8000		
T2A5	3								52,8267	
T3A5	3									70,2033
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = ,000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

Keterangan:

T1A1,2 : Pengujian pada waktu 21 menit dan dengan debit udara 1,2 L/menit.

T1A3,5 : Pengujian pada waktu 21 menit dan dengan debit udara 3,5 L/menit.

T1A5 : Pengujian pada waktu 21 menit dan dengan debit udara 5 L/menit.

T2A1,2 : Pengujian pada waktu 42 menit dan dengan debit udara 1,2 L/menit.

T2A3,5 : Pengujian pada waktu 42 menit dan dengan debit udara 3,5 L/menit.

T2A5 : Pengujian pada waktu 42 menit dan dengan debit udara 5 L/menit.

T3A1,2 : Pengujian pada waktu 63 menit dan dengan debit udara 1,2 L/menit.

T3A3,5 : Pengujian pada waktu 63 menit dan dengan debit udara 3,5 L/menit.

T3A5 : Pengujian pada waktu 63 menit dan dengan debit udara 5 L/menit.

Pada tabel 4.5 menjelaskan bahwa terjadi perbedaan yang sangat signifikan pada penurunan konsentrasi BOD seperti terlihat pada sampel T1A1,2 (waktu 21 menit dan debit udara 1,2 L/menit) penurunannya rendah sebesar 15,17 % dibanding dengan sampel T3A5 (waktu 63 menit dan debit udara 5 L/menit) penurunannya tinggi sebesar 70,20 %.

4.1.2.3. Analisa Korelasi.

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

Tabel 4.6 Korelasi antara konsentrasi BOD dengan waktu (menit) dan debit udara (L/menit)

Correlations

		% Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)	Waktu (menit)	Debit Udara (L/mnt)
Pearson Correlation	% Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)	1,000	,663	,733
	Waktu (menit)	,663	1,000	,000
	Debit Udara (L/mnt)	,733	,000	1,000
Sig. (1-tailed)	% Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)	.	,000	,000
	Waktu (menit)	,000	.	,500
	Debit Udara (L/mnt)	,000	,500	.
N	% Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)	27	27	27
	Waktu (menit)	27	27	27
	Debit Udara (L/mnt)	27	27	27

Dari tabel 4.6 menunjukkan bahwa:

Tingkat hubungan antara variabel dapat diketahui dari koefisien korelasi adalah sebagai berikut :

- Dari perhitungan koefisien korelasi (r) untuk semua variabel yang dimasukkan dalam analisis dapat diketahui nilai korelasi antara % penurunan BOD dengan waktu adalah 0,663, yang menunjukkan adanya hubungan yang kuat karena diatas (0,5) (Yarnest, 2004). Dengan nilai probabilitas 0.000 lebih kecil dari 0.05, berarti

hubungan antara % penurunan konsentrasi BOD dengan waktu sangat erat.

- Dari perhitungan koefisien korelasi (r) untuk semua variabel yang dimasukkan dalam analisis dapat diketahui nilai korelasi antara % penurunan BOD dengan debit udara adalah 0.733, yang menunjukkan adanya hubungan yang kuat karena diatas (0,5) (Yarnest, 2004). Dengan nilai probabilitas 0.000 lebih kecil dari 0.05, berarti hubungan antara % penurunan konsentrasi BOD dengan debit udara sangat erat.

4.1.2.4. Analisa Regresi

Untuk mengetahui bukti empiris keamatan hubungan antara variabel maka kita analisa data dengan menggunakan analisa regresi. Hasil dari analisa tersebut dapat kita lihat pada tabel 4.7, 4.8 dan 4.9.

Tabel 4.7 Hasil Uji Regresi ANOVA

ANOVA ^b						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6584,693	2	3292,346	497,438	,000 ^a
	Residual	158,846	24	6,619		
	Total	6743,539	26			

a. Predictors: (Constant), Debit Udara (L/mnt), Waktu (menit)

b. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)

Dari uji ANOVA atau F test, didapat F hitung adalah 497,438 dengan tingkat signifikan 0,000. karena probabilitas (0,000) lebih kecil dari 0,05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksikan konsentrasi BOD.

Tabel 4.17 Persamaan R Square

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,970 ^a	,941	,936	2,05421	1,637

a. Predictors: (Constant), Debit Udara (L/mnt), Waktu (menit)

b. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi SO₄ (mg/lt)

Dari tabel 4.16 diatas dapat kita ketahui Persamaan regresi untuk berbagai variasi terhadap penurunan SO₄ adalah:

$$Y = -3,126 + 6,116 X_1 + 3,789 X_2$$

Y : Persentase penurunan konsentrasi SO₄

X₁ : waktu

X₂ : debit udara.

- Konstanta sebesar -3,126 menyatakan bahwa jika variabel X₁ (waktu) dan X₂ (debit udara) tidak ada (sama dengan nol), maka variabel Y (persentase penurunan SO₄) akan terhambat sebesar 3,126 %.
- Koefisien regresi untuk variabel X₁ (waktu) sebesar 6,116 menyatakan bahwa setiap penambahan 21 menit akan meningkatkan variabel Y (persentase penurunan konsentrasi SO₄) sebesar 6,116, dengan anggapan variabel X₂ (debit udara) besarnya konstan.
- Koefisien regresi untuk variabel X₂ (debit udara) sebesar 3,789 menyatakan bahwa setiap penambahan 1 L/menit akan meningkatkan variabel Y (persentase penurunan konsentrasi SO₄) sebesar 3,789, dengan anggapan variabel X₁ (waktu) besarnya konstan.

Dari tabel 4.17 menunjukkan bahwa:

- Nilai R sebesar 0.970 menunjukkan hubungan yang kuat antara variasi waktu dan debit udara dengan penurunan konsentrasi SO₄.
- Nilai R square adalah 0.941 hal ini berarti 94.1 % penurunan konsentrasi SO₄ dipengaruhi oleh variasi waktu dan debit udara, sedangkan sisanya 5.9 % penurunan konsentrasi SO₄ dipengaruhi oleh faktor lain (Yarnest, 2004).

Uji t bertujuan untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independent. Dari tabel 4.16 diketahui uji t:

Hipotesa :

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan

H_1 = koefisien regresi signifikan

Keputusan :

Dasar pengambilan keputusan :

a) Dengan membandingkan statistik hitung dengan statistik tabel.

Jika statistik t hitung < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak dan begitu sebaliknya. Statistik t hitung berdasarkan tabel 4.16 adalah 12,631 (waktu); 14,976 (debit udara) sedangkan t tabel 2.060. Karena statistik t hitung > statistik t tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

b) Berdasarkan probabilitas

Jika probabilitas > 0.05, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak,

Jika probabilitas < 0.05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Keputusan :

Terlihat bahwa kolom signifikan (*significance*) adalah 0.000 (waktu); 0.000 (debit udara) atau probabilitas lebih kecil dari 0.05, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima, atau koefisien regresi signifikan, waktu dan debit udara benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap konsentrasi SO_4 .

4.1.4. Analisa NO₃

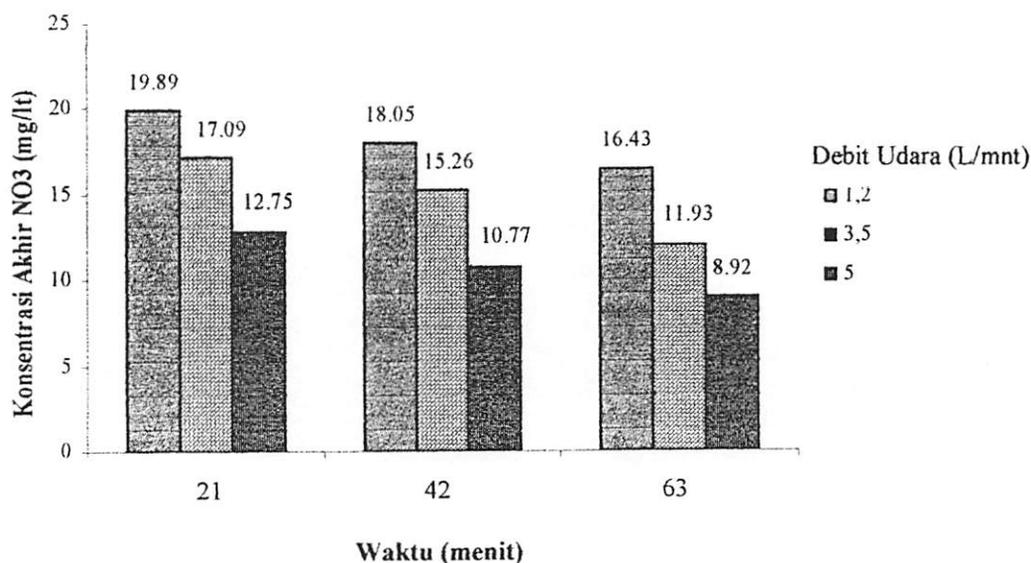
4.1.4.1. Konsentrasi akhir NO₃ setelah proses SBR

Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi NO₃ yang telah dilakukan, maka data konsentrasi akhir NO₃ air limbah tahu yang telah diujikan menggunakan alat SBR dengan berbagai variasi yang direncanakan dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 konsentrasi akhir NO₃ setelah proses SBR

Waktu (menit)	Debit udara (L/mnt)	Konsentrasi NO ₃ setelah proses SBR (mg/l)			Rata-rata
		1	2	3	
21	1,2	19,85	20,17	19,66	19,89
	3,5	17,21	16,89	17,17	17,09
	5	13,04	12,52	12,68	12,75
42	1,2	18,14	18,05	17,95	18,05
	3,5	14,94	15,65	15,19	15,26
	5	10,49	10,67	11,15	10,77
63	1,2	16,51	16,32	16,47	16,43
	3,5	12,13	11,79	11,87	11,93
	5	8,78	9,12	8,86	8,92

Dari tabel 4.18 dapat dilihat bahwa alat SBR dengan perlakuan yang dikerjakan meliputi variasi waktu 21 menit, 42 menit, 63 menit dan debit udara 1,2 L/menit, 3,5 L/menit, 5 L/menit mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi NO₃ dalam air limbah tahu. Konsentrasi akhir NO₃ dapat dibuat grafik seperti pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Konsentrasi Akhir NO₃ Terhadap Variasi Waktu dan Debit Udara

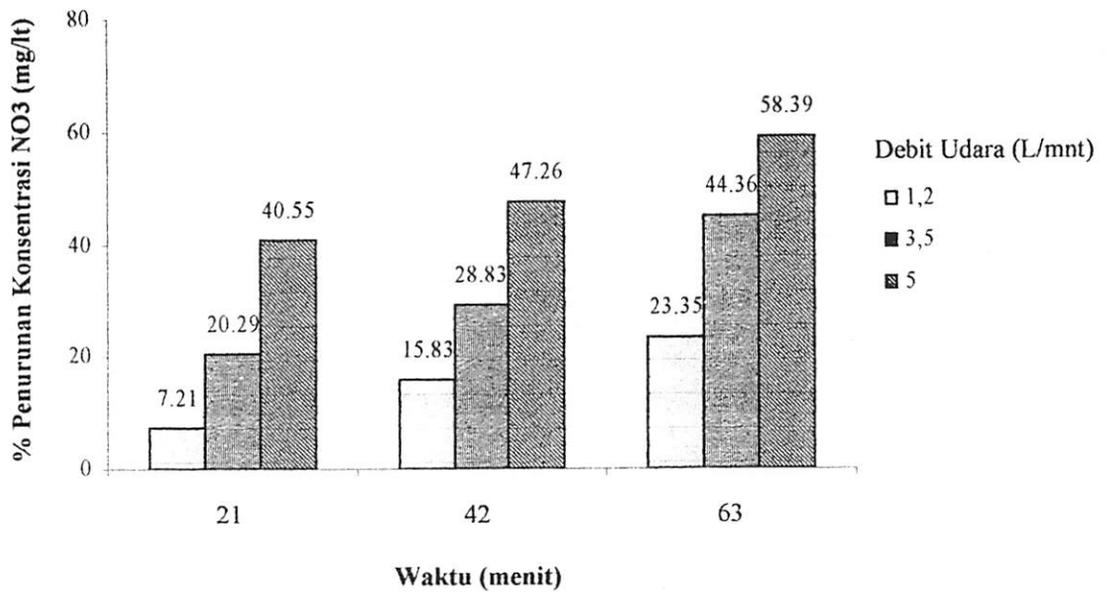
Untuk persentase penurunan konsentrasi NO₃ pada tiap variasi dapat dilihat pada tabel 4.19. Rumus yang digunakan untuk menghitung % penurunan adalah:

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100\%$$

Tabel 4.19 Persentase penurunan konsentrasi NO₃ setelah proses SBR

Waktu (menit)	Debit udara (L/mnt)	Persentase Penurunan NO ₃ setelah proses SBR (%R)			Rata-rata
		1	2	3	
21	1,2	7,42	5,92	8,30	7,21
	3,5	19,73	21,22	19,92	20,29
	5	39,18	41,60	40,86	40,55
42	1,2	15,39	15,81	16,28	15,83
	3,5	30,32	27,01	29,15	28,83
	5	51,07	50,23	47,99	47,26
63	1,2	22,99	23,88	23,18	23,35
	3,5	43,42	45,01	44,64	44,36
	5	59,05	57,46	58,67	58,39

Dari tabel 4.19 didapat persentase penurunan konsentrasi NO_3 air limbah tahu setelah proses SBR dapat dibuat grafik seperti pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi NO_3 Terhadap Variasi Waktu dan debit udara

Berdasarkan Tabel 4.19 dan gambar 4.6 menunjukkan kemampuan penurunan konsentrasi NO_3 pada air limbah tahu semakin meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu dan semakin besarnya debit udara yang digunakan. Persentase penurunan konsentrasi NO_3 yang terendah yaitu pada waktu 21 menit debit udara 1,2 L/menit yaitu dengan penurunan 7,21 % dan persentase penurunan konsentrasi yang tertinggi yaitu pada waktu 63 menit debit udara 5 L/menit yaitu dengan penurunan 58,39 %.

4.1.4.2. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam penurunan konsentrasi NO_3 maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA (analisa varian). Hasil uji tersebut tersaji dalam tabel 4.20.

Tabel 4.20 Hasil Uji ANOVA pengaruh variasi perlakuan terhadap konsentrasi akhir NO₃

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/l)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7007,440 ^a	8	875,930	730,244	,000
Intercept	27756,907	1	27756,907	23140,326	,000
uji	7007,440	8	875,930	730,244	,000
Error	21,591	18	1,200		
Total	34785,938	27			
Corrected Total	7029,031	26			

a. R Squared = ,997 (Adjusted R Squared = ,996)

Pada tabel 4.20 merupakan hasil uji ANOVA satu faktor. ANOVA satu faktor ini untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara konsentrasi akhir NO₃ di antara kelompok variasi.

Hipotesis:

H₀ = Kesembilan rata-rata variasi identik

H₁ = Kesembilan rata-rata variasi adalah tidak identik

Keputusan:

Terlihat bahwa F hitung adalah 730,244 dengan probabilitas 0,000. Karena probabilitas < 0.05, maka H₀ ditolak, atau rata-rata konsentrasi akhir NO₃ dalam kesembilan variasi tersebut memang berbeda signifikan.

Untuk melihat konsentrasi akhir NO₃ yang paling besar dan perbedaannya untuk setiap perlakuan digunakan uji Duncan. Perlakuan dapat dilihat pada tabel 4.21.

Tabel 4.21 Hasil uji Duncan konsentrasi NO₃

% Penurunan Konsentrasi NO₃ (mg/lt)

Duncan ^{a,b}		Subset								
Uji	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1A1,2	3	7,2133								
T2A1,2	3		15,8267							
T1A3,5	3			20,2900						
T3A1,2	3				23,3500					
T2A3,5	3					28,8267				
T1A5	3						40,5467			
T3A3,5	3							44,3567		
T2A5	3								49,7633	
T3A5	3									58,3933
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1,200.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

Keterangan:

T1A1,2 : Pengujian pada waktu 21 menit dan dengan debit udara 1,2 L/menit.

T1A3,5 : Pengujian pada waktu 21 menit dan dengan debit udara 3,5 L/menit.

T1A5 : Pengujian pada waktu 21 menit dan dengan debit udara 5 L/menit.

T2A1,2 : Pengujian pada waktu 42 menit dan dengan debit udara 1,2 L/menit.

T2A3,5 : Pengujian pada waktu 42 menit dan dengan debit udara 3,5 L/menit.

T2A5 : Pengujian pada waktu 42 menit dan dengan debit udara 5 L/menit.

T3A1,2 : Pengujian pada waktu 63 menit dan dengan debit udara 1,2 L/menit.

T3A3,5 : Pengujian pada waktu 63 menit dan dengan debit udara 3,5 L/menit.

T3A5 : Pengujian pada waktu 63 menit dan dengan debit udara 5 L/menit.

Pada tabel 4.21 menjelaskan bahwa terjadi perbedaan yang sangat signifikan pada penurunan konsentrasi NO₃ seperti terlihat pada sampel T1A1,2 (waktu 21 menit dan debit udara 1,2 L/menit) penurunannya rendah sebesar 7,21 % dibanding dengan sampel T3A5 (waktu 63 menit dan debit udara 5 L/menit) penurunannya tinggi sebesar 58,39 %.

4.1.4.3. Analisa Korelasi.

Untuk mengetahui bukti empiris hubungan antara variabel yang diamati, maka kita analisa data dengan menggunakan analisa korelasi. Hasil dari analisa tersebut dapat kita lihat pada tabel 4.22.

Tabel 4.22 Korelasi antara konsentrasi NO₃ dengan waktu (menit) dan debit udara (L/menit)

Correlations				
		% Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/ft)	Waktu (menit)	Debit Udara (L/mnt)
Pearson Correlation	% Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/ft)	1,000	,490	,852
	Waktu (menit)	,490	1,000	,000
	Debit Udara (L/mnt)	,852	,000	1,000
Sig. (1-tailed)	% Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/ft)	.	,005	,000
	Waktu (menit)	,005	.	,500
	Debit Udara (L/mnt)	,000	,500	.
N	% Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/ft)	27	27	27
	Waktu (menit)	27	27	27
	Debit Udara (L/mnt)	27	27	27

Dari tabel 4.22 menunjukkan bahwa:

Tingkat hubungan antara variabel dapat diketahui dari koefisien korelasi adalah sebagai berikut :

- Dari perhitungan koefisien korelasi (r) untuk semua variabel yang dimasukkan dalam analisis dapat diketahui nilai korelasi antara % penurunan NO₃ dengan waktu adalah 0.490, yang menunjukkan adanya hubungan yang lemah karena dibawah (0,5) (Yarnest, 2004). Dengan nilai probabilitas 0.005 lebih kecil dari 0.05, berarti hubungan antara % penurunan konsentrasi NO₃ dengan waktu sangat erat.
- Dari perhitungan koefisien korelasi (r) untuk semua variabel yang dimasukkan dalam analisis dapat diketahui nilai korelasi antara % penurunan NO₃ dengan debit udara adalah 0.852, yang menunjukkan adanya hubungan yang kuat karena diatas (0,5) (Yarnest, 2004). Dengan nilai probabilitas 0.000 lebih kecil dari

Tabel 4.8 persamaan Regresi penurunan konsentrasi BOD pada seluruh variasi

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-9,936	1,663		-5,975	,000
	Waktu (menit)	12,828	,606	,663	21,155	,000
	Debit Udara (L/mnt)	7,412	,317	,733	23,396	,000

a. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)

Tabel 4.9 Persamaan R Square

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,988 ^a	,976	,974	2,57266	1,806

a. Predictors: (Constant), Debit Udara (L/mnt), Waktu (menit)

b. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)

Dari tabel 4.8 diatas dapat kita ketahui Persamaan regresi untuk berbagai variasi terhadap penurunan BOD adalah:

$$Y = -9,936 + 12,828 X_1 + 7,412 X_2$$

Y : Persentase penurunan konsentrasi BOD

X₁ : waktu

X₂ : debit udara.

- Konstanta sebesar -9,936 menyatakan bahwa jika salah satu variabel tidak ada yaitu X₁ (waktu) atau X₂ (debit udara) maka variabel Y (persentase penurunan BOD) akan terhambat sebesar 9,936 % (konstan).
- Koefisien regresi untuk variabel X₁ (waktu) sebesar 12,828 menyatakan bahwa setiap penambahan 21 menit akan meningkatkan variabel Y (persentase penurunan konsentrasi BOD) sebesar 12,828, dengan anggapan variabel X₂ (debit udara) besarnya konstan.
- Koefisien regresi untuk variabel X₂ (debit udara) sebesar 7,412 menyatakan bahwa setiap penambahan 1 L/menit akan meningkatkan variabel Y (persentase penurunan konsentrasi BOD) sebesar 7,412, dengan anggapan variabel X₁ (waktu) besarnya konstan.

Dari tabel 4.9 menunjukkan bahwa:

- Nilai R sebesar 0.988 menunjukkan hubungan yang kuat antara variasi waktu dan debit udara dengan penurunan konsentrasi BOD.
- Nilai R square adalah 0.976 hal ini berarti 97.6 % penurunan konsentrasi BOD dipengaruhi oleh variasi waktu dan debit udara, sedangkan sisanya 2.4 % penurunan konsentrasi BOD dipengaruhi oleh faktor lain (Yarnest, 2004).

Uji t bertujuan untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independent. Dari tabel 4.8 diketahui uji t:

Hipotesa :

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan

H_1 = koefisien regresi signifikan

Keputusan :

Dasar pengambilan keputusan :

- a) Dengan membandingkan statistik hitung dengan statistik tabel.

Jika statistik t hitung < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak dan begitu sebaliknya. Statistik t hitung berdasarkan tabel 4.8 adalah 21,155 (waktu); 23,396 (debit udara) sedangkan t tabel 2.060. Karena statistik t hitung > statistik t tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

- b) Berdasarkan probabilitas

Jika probabilitas > 0.05, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Jika probabilitas < 0.05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Keputusan :

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

4.1.3. Analisa SO₄

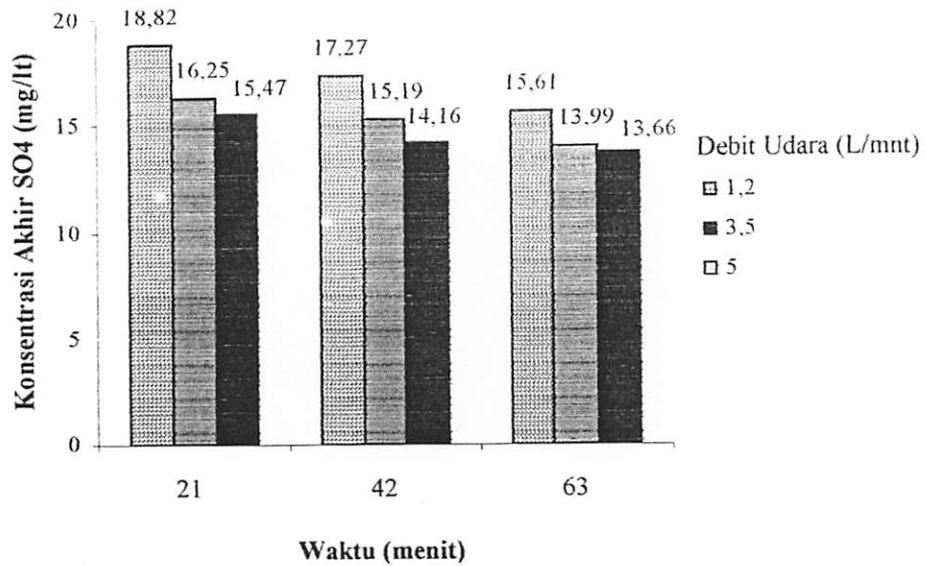
4.1.3.1. Konsentrasi akhir SO₄ setelah proses SBR

Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi SO₄ yang telah dilakukan, maka data konsentrasi akhir SO₄ air limbah tahu yang telah diujikan menggunakan alat SBR dengan berbagai variasi yang direncanakan dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 konsentrasi akhir SO₄ setelah proses SBR

Waktu (menit)	Debit udara (L/mnt)	Konsentrasi SO ₄ setelah proses SBR (mg/l)			Rata-rata
		1	2	3	
21	1,2	18,62	18,78	19,07	18,82
	3,5	16,31	15,95	16,49	16,25
	5	15,67	15,77	14,98	15,47
42	1,2	17,56	17,35	16,89	17,27
	3,5	15,37	15,27	14,92	15,19
	5	14,23	14,19	14,07	14,16
63	1,2	15,68	15,77	15,39	15,61
	3,5	14,12	14,00	13,85	13,99
	5	13,44	13,74	13,81	13,66

Dari tabel 4.10 dapat dilihat bahwa alat SBR dengan perlakuan yang dikerjakan meliputi variasi waktu 21 menit, 42 menit, 63 menit dan debit udara 1,2 L/menit, 3,5 L/menit, 5 L/menit mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi SO₄ dalam air limbah tahu. Konsentrasi akhir SO₄ dapat dibuat grafik seperti pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Konsentrasi Akhir SO₄ Terhadap Variasi Waktu dan Debit Udara

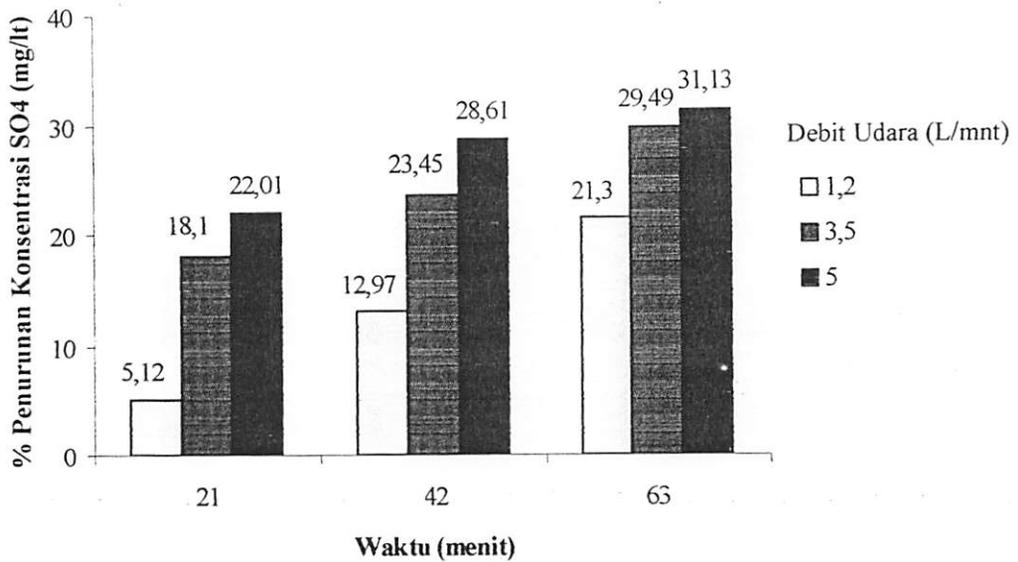
Untuk persentase penurunan konsentrasi SO₄ pada tiap variasi dapat dilihat pada tabel 4.11. Rumus yang digunakan untuk menghitung % penurunan adalah:

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100\%$$

Tabel 4.11 Persentase penurunan konsentrasi SO₄ setelah proses SBR

Waktu (menit)	Debit udara (L/mnt)	Persentase Penurunan SO ₄ setelah proses SBR (%R)			Rata-rata
		1	2	3	
21	1,2	6,15	5,34	3,88	5,12
	3,5	17,79	19,61	16,89	18,10
	5	21,02	20,51	24,50	22,01
42	1,2	11,49	12,55	14,87	12,97
	3,5	22,53	23,03	24,80	23,45
	5	28,28	28,48	29,08	28,61
63	1,2	20,97	20,51	22,43	21,30
	3,5	28,83	29,44	30,19	29,49
	5	32,26	30,75	30,39	31,13

Dari tabel 4.11 didapat persentase penurunan konsentrasi SO_4 air limbah tahu setelah proses SBR dapat dibuat grafik seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Persentase Penurunan Konsentrasi SO_4 Terhadap Variasi Waktu dan debit udara

Berdasarkan Tabel 4.11 dan gambar 4.4 menunjukkan kemampuan penurunan konsentrasi SO_4 pada air limbah tahu semakin meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu dan semakin besarnya debit udara yang digunakan. Persentase penurunan konsentrasi SO_4 yang terendah yaitu pada waktu 21 menit debit udara 1,2 L/mnt yaitu dengan penurunan 5,12 % dan persentase penurunan konsentrasi yang tertinggi yaitu pada waktu 63 menit debit udara 5 L/mnt yaitu dengan penurunan 31,13 %.

4.1.3.2. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam penurunan konsentrasi SO_4 maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA (analisa varian). Hasil uji tersebut tersaji dalam tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Uji ANOVA pengaruh variasi perlakuan terhadap konsentrasi akhir SO₄

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi SO₄ (mg/l)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1690,950 ^a	8	211,369	126,851	,000
Intercept	12312,332	1	12312,332	7389,156	,000
uji	1690,950	8	211,369	126,851	,000
Error	29,993	18	1,666		
Total	14033,275	27			
Corrected Total	1720,942	26			

a. R Squared = ,983 (Adjusted R Squared = ,975)

Pada tabel 4.12 merupakan hasil uji ANOVA satu faktor. ANOVA satu faktor ini untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara konsentrasi akhir SO₄ di antara kelompok variasi.

Hipotesis:

H₀ = Kesembilan rata-rata variasi identik

H₁ = Kesembilan rata-rata variasi adalah tidak identik

Keputusan:

Terlihat bahwa F hitung adalah 126,851 dengan probabilitas 0,000. Karena probabilitas < 0.05, maka H₀ ditolak, atau rata-rata konsentrasi akhir SO₄ dalam kesembilan variasi tersebut memang berbeda signifikan.

Untuk melihat konsentrasi akhir SO₄ yang paling besar dan perbedaannya untuk setiap perlakuan digunakan uji Duncan. Perlakuan dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil uji Duncan konsentrasi SO₄

% Penurunan Konsentrasi SO₄ (mg/lt)

uji	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
T1A1,2	3	5,1233					
T2A1,2	3		12,9700				
T1A3,5	3			18,0967			
T3A1,2	3				21,3033		
T1A5	3				22,0100		
T2A3,5	3				23,4533		
T2A5	3					28,6133	
T3A3,5	3					29,4867	29,4867
T3A5	3						31,1333
Sig.		1,000	1,000	1,000	,068	,418	,136

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1,666.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

Keterangan:

T1A1,2 : Pengujian pada waktu 21 menit dan dengan debit udara 1,2 L/menit.

T1A3,5 : Pengujian pada waktu 21 menit dan dengan debit udara 3,5 L/menit.

T1A5 : Pengujian pada waktu 21 menit dan dengan debit udara 5 L/menit.

T2A1,2 : Pengujian pada waktu 42 menit dan dengan debit udara 1,2 L/menit.

T2A3,5 : Pengujian pada waktu 42 menit dan dengan debit udara 3,5 L/menit.

T2A5 : Pengujian pada waktu 42 menit dan dengan debit udara 5 L/menit.

T3A1,2 : Pengujian pada waktu 63 menit dan dengan debit udara 1,2 L/menit.

T3A3,5 : Pengujian pada waktu 63 menit dan dengan debit udara 3,5 L/menit.

T3A5 : Pengujian pada waktu 63 menit dan dengan debit udara 5 L/menit.

Berdasarkan tabel 4.13 dapat diketahui bahwa:

- Pada perlakuan: waktu 63 menit dan debit udara 1,2 L/menit (T3A1,2), waktu 21 menit dan debit udara 5 L/menit (T1A5), waktu 42 menit dan debit udara 3,5 L/menit (T2A3,5) terdapat perbedaan yang hampir sama atau homogen atau tidak berbeda nyata. Begitu juga untuk:
 - waktu 42 menit dan debit udara 5 L/menit (T2A5), waktu 63 menit dan debit udara 3,5 L/menit (T3A3,5).
 - waktu 63 menit dan debit udara 3,5 L/menit (T3A3,5), waktu 63 menit dan debit udara 5 L/menit (T3A5).

- Pada perlakuan: waktu 21 menit dan debit udara 1,2 L/menit (T1A1,2), waktu 42 menit dan debit udara 1,2 L/menit (T2A1,2), waktu 21 menit dan debit udara ,35 L/menit (T1A3,5) terdapat perbedaan yang nyata atau signifikan.

4.1.3.3. Analisa Korelasi.

Untuk mengetahui bukti empiris hubungan antara ciri variabel yang diamati, maka kita analisa data dengan menggunakan analisa korelasi. Hasil dari analisa tersebut dapat kita lihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Korelasi antara konsentrasi SO₄ dengan waktu (menit) dan debit udara (L/menit)

Correlations				
		% Penurunan Konsentrasi SO ₄ (mg/l)	Waktu (menit)	Debit Udara (L/mnt)
Pearson Correlation	% Penurunan Konsentrasi SO ₄ (mg/l)	1,000	,625	,742
	Waktu (menit)	,625	1,000	,000
	Debit Udara (L/mnt)	,742	,000	1,000
Sig. (1-tailed)	% Penurunan Konsentrasi SO ₄ (mg/l)	.	,000	,000
	Waktu (menit)	,000	.	,500
	Debit Udara (L/mnt)	,000	,500	.
N	% Penurunan Konsentrasi SO ₄ (mg/l)	27	27	27
	Waktu (menit)	27	27	27
	Debit Udara (L/mnt)	27	27	27

Dari tabel 4.14 menunjukkan bahwa:

Tingkat hubungan antara variabel dapat diketahui dari koefisien korelasi adalah sebagai berikut :

- Dari perhitungan koefisien korelasi (r) untuk semua variabel yang dimasukkan dalam analisis dapat diketahui nilai korelasi antara % penurunan SO₄ dengan waktu adalah 0.625, yang menunjukkan adanya hubungan yang kuat karena diatas (0,5) (Yarnest, 2004). Dengan nilai probabilitas 0.000 lebih kecil dari 0.05, berarti hubungan antara % penurunan konsentrasi SO₄ dengan waktu sangat erat.
- Dari perhitungan koefisien korelasi (r) untuk semua variabel yang dimasukkan dalam analisis dapat diketahui nilai korelasi antara %

penurunan SO₄ dengan debit udara adalah 0.742, yang menunjukkan adanya hubungan yang kuat karena diatas (0,5) (Yarnest, 2004). Dengan nilai probabilitas 0.000 lebih kecil dari 0.05, berarti hubungan antara % penurunan konsentrasi SO₄ dengan debit udara sangat erat.

4.1.3.4. Analisa Regresi

Untuk mengetahui bukti empiris keeratan hubungan antara variabel maka kita analisa data dengan menggunakan analisa regresi. Hasil dari analisa tersebut dapat kita lihat pada tabel 4.15, 4.16 dan 4.17.

Tabel 4.15 Hasil Uji Regresi ANOVA

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1619,667	2	809,834	191,913	,000 ^a
	Residual	101,275	24	4,220		
	Total	1720,942	26			

a. Predictors: (Constant), Debit Udara (L/mnt), Waktu (menit)

b. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi SO₄ (mg/lt)

Dari uji ANOVA atau F test, didapat F hitung adalah 191,913 dengan tingkat signifikan 0.000. karena probabilitas (0.000) lebih kecil dari 0.05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksikan konsentrasi SO₄.

Tabel 4.16 persamaan Regresi penurunan konsentrasi SO₄ pada seluruh variasi

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-3,126	1,328		-2,355	,027
	Waktu (menit)	6,116	,484	,625	12,631	,000
	Debit Udara (L/mnt)	3,789	,253	,742	14,976	,000

a. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi SO₄ (mg/lt)

0.05, berarti hubungan antara % penurunan konsentrasi NO₃ dengan debit udara sangat erat.

4.1.4.4. Analisa Regresi

Untuk mengetahui bukti empiris keamatan hubungan antara variabel maka kita analisa data dengan menggunakan analisa regresi. Hasil dari analisa tersebut dapat kita lihat pada tabel 4.23, 4.24 dan 4.25.

Tabel 4.23 Hasil Uji Regresi ANOVA

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6785,231	2	3392,615	333,973	,000 ^a
	Residual	243,800	24	10,158		
	Total	7029,031	26			

a. Predictors: (Constant), Debit Udara (L/mnt), Waktu (menit)

b. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi NO₃ (mg/l)

Dari uji ANOVA atau F test, didapat F hitung adalah 333,973 dengan tingkat signifikan 0.000. karena probabilitas (0.000) lebih kecil dari 0.05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksikan konsentrasi NO₃.

Tabel 4.24 persamaan Regresi penurunan konsentrasi NO₃ pada seluruh variasi

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-15,723	2,060		-7,632	,000
	Waktu (menit)	9,675	,751	,490	12,879	,000
	Debit Udara (L/mnt)	8,795	,392	,852	22,407	,000

a. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi NO₃ (mg/l)

Tabel 4.25 Persamaan R Square

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,983 ^a	,965	,962	3,18722	2,951

a. Predictors: (Constant), Debit Udara (L/mnt), Waktu (menit)

b. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi NO₃ (mg/lt)

Dari tabel 4.24 diatas dapat kita ketahui Persamaan regresi untuk berbagai variasi terhadap penurunan NO₃ adalah:

$$Y = -15,723 + 9,675 X_1 + 8,795 X_2$$

Y : persentase penurunan konsentrasi NO₃

X₁ : waktu

X₂ : debit udara.

- Konstanta sebesar -15,723 menyatakan bahwa jika salah satu variabel tidak ada yaitu X₁ (waktu) atau X₂ (debit udara) maka variabel Y (persentase penurunan NO₃) akan terhambat sebesar 15,723 % (konstan).
- Koefisien regresi untuk variabel X₁ (waktu) sebesar 9,675 menyatakan bahwa setiap penambahan 21 menit akan meningkatkan variabel Y (persentase penurunan konsentrasi NO₃) sebesar 9,675, dengan anggapan variabel X₂ (debit udara) besarnya konstan.
- Koefisien regresi untuk variabel X₂ (debit udara) sebesar 8,795 menyatakan bahwa setiap penambahan 1 L/menit akan meningkatkan variabel Y (persentase penurunan konsentrasi NO₃) sebesar 8,795, dengan anggapan variabel X₁ (waktu) besarnya konstan.

Dari tabel 4.25 menunjukkan bahwa:

- Nilai R sebesar 0.983 menunjukkan hubungan yang kuat antara variasi waktu dan debit udara dengan penurunan konsentrasi NO₃.
- Nilai R square adalah 0.965 hal ini berarti 96.5 % penurunan konsentrasi NO₃ dipengaruhi oleh variasi waktu dan debit udara, sedangkan sisanya 3.5 % penurunan konsentrasi NO₃ dipengaruhi oleh faktor lain (Yarnest, 2004).

Uji t bertujuan untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independent. Dari tabel 4.24 diketahui uji t:

Hipotesa:

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan

H_1 = koefisien regresi signifikan

Keputusan:

Dasar pengambilan keputusan:

a) Dengan membandingkan statistik hitung dengan statistik tabel. Jika statistik t hitung < statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak dan begitu sebaliknya. Statistik t hitung berdasarkan tabel 4.24 adalah 12,879 (waktu); 22,407 (debit udara) sedangkan t tabel 2.060. Karena statistik t hitung > statistik t tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

b) Berdasarkan probabilitas

Jika probabilitas > 0.05, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Jika probabilitas < 0.05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Keputusan :

Terlihat bahwa kolom signifikan (*significance*) adalah 0.000 (waktu); 0.000 (debit udara) atau probabilitas lebih kecil dari 0.05, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima, atau koefisien regresi signifikan, waktu dan debit udara benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap konsentrasi NO_3 .

4.2. Pembahasan

4.2.1. Pengaruh Variabel Waktu dan Debit Udara Terhadap % Penurunan Konsentrasi BOD

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan variasi waktu (21 menit, 42 menit, 63 menit) dan debit udara (1,2 L/menit, 3,5 L/menit, 5 L/menit) pada tahap reaksi telah terbukti mampu menurunkan konsentrasi BOD pada air limbah tahu. Penurunan konsentrasi BOD semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu dan besarnya debit udara yang diberikan.

Pada gambar 4.2 menunjukkan % penurunan konsentrasi BOD yang paling rendah yaitu pada waktu 21 menit dengan debit udara 1,2 L/menit dengan penurunan 15,17 % dan % penurunan konsentrasi BOD yang paling tinggi pada waktu 63 menit dengan debit udara 5 L/menit dengan penurunan 70,20 %. Lamanya waktu yang digunakan mempengaruhi penurunan konsentrasi BOD, terbukti dalam waktu 21 menit air limbah tahu yang diolah belum cukup optimal dalam mengikat oksigen dan penurunan konsentrasi BOD juga rendah dibanding dengan waktu 42 menit dan 63 menit. Semakin lama waktu yang digunakan maka penurunan konsentrasi BOD akan semakin tinggi, hal ini sesuai dengan hasil analisa statistik menunjukkan bahwa dengan koefisien regresi untuk waktu sebesar 12.828 yang menunjukkan setiap penambahan waktu akan meningkatkan penurunan konsentrasi BOD sebesar 12.828 %. Menurut (*Sotirakou, E. et al, 1999 dalam Yetty Haryunna, 2005*) proses pemberian oksigen (aerasi) yang dilakukan pada sampel air dalam menurunkan tingkat konsentrasi yang terdapat pada sampel air tersebut diperlukan waktu yang lama.

Besarnya Debit udara 1,2 L/menit mempunyai penurunan konsentrasi BOD paling rendah dibandingkan dengan debit udara 3,5 L/menit dan 5 L/menit, dapat disimpulkan bahwa debit udara yang kecil mengakibatkan penurunan konsentrasi BOD yang rendah, semakin besar debit udara yang diberikan maka semakin besar penurunan konsentrasi yang dihasilkan. Berdasarkan hasil analisa statistik diketahui koefisien regresi untuk debit udara sebesar 7.412 menunjukkan bahwa setiap penambahan debit udara akan meningkatkan penurunan konsentrasi BOD sebesar 7.412 %.

Substansi yang terjadi dalam air, dalam jumlah yang kurang atau berlebih dalam harga jenuhnya dapat dirubah konsentrasinya dengan aerasi, dimana nilai jenuh merupakan batas perubahan dari kedua kondisi tersebut. Pertukaran gas dari air ke udara atau dari udara ke air terjadi pada permukaan air-udara. Kecepatan pertukaran dipengaruhi oleh konsentrasi substansi dan kecepatan terbentuknya permukaan baru. Ketika molekul gas terdiffusi melalui cairan terjadi pada kecepatan rendah, sehingga efisiensi akan kecil (*Reavy, Rowe, 1986*).

Proses pemberian oksigen (aerasi) ke dalam air didefinisikan sebagai kontak antara air dan udara yang ditujukan untuk peningkatan kadar oksigen dalam air, pelepasan gas-gas dalam air, juga berfungsi untuk pengadukan pada proses pengolahan air limbah secara biologis (*Agus Slamet dan Ali Masduqi, 2000*).

Sistem pemberian oksigen pada jumlah oksigen terlarut (DO) yang tinggi di dalam air limbah dapat meningkatkan penurunan konsentrasi BOD dan akan mempengaruhi karakteristik air limbah tersebut. Pernyataan tersebut diatas menandai adanya keuntungan penggunaan udara pada jumlah oksigen yang lebih tinggi untuk air limbah (*Tajuddin, R.M, Ismail, A.F, and Salim, M.R, 2002 dalam Yetty Haryunna, 2005*).

Bahan-bahan organik yang terkandung dalam air limbah tahu umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik di dalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Pengurangan bahan-bahan organik yang ada dalam air limbah dengan menggunakan SBR pengurangannya hingga 75 % (*LaGrega, Buckingham dan Evans, 1994*).

BOD dipakai sebagai ukuran atau satuan yang menyatakan konsentrasi organik karbon, dan selanjutnya disebut sebagai substrat (*Bowo, D.M, 1994*). Hal yang terpenting adalah kesetimbangan antara jumlah aliran dan BOD dari air limbah dibandingkan dengan volume tangki yang akan dipergunakan, mengingat kondisi air limbah yang dapat berubah secara cepat dalam waktu 24 jam (*Sugiharto, 1987*).

4.2.2. Pengaruh Variabel Waktu dan Debit Udara Terhadap % Penurunan Konsentrasi SO₄

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan variasi waktu (21 menit, 42 menit, 63 menit) dan debit udara (1,2 L/menit, 3,5 L/menit, 5 L/menit) pada tahap reaksi telah terbukti mampu menurunkan konsentrasi SO₄ pada air limbah tahu. Penurunan konsentrasi SO₄ semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu dan besarnya debit udara yang diberikan.

Pada gambar 4.4 menunjukkan % penurunan konsentrasi SO₄ yang paling rendah yaitu pada waktu 21 menit dengan debit udara 1,2 L/menit dengan penurunan 5,12 % dan % penurunan konsentrasi SO₄ yang paling tinggi pada waktu 63 menit dengan debit udara 5 L/menit dengan penurunan 31,13 %. Lamanya waktu mempengaruhi penurunan konsentrasi SO₄, terbukti dalam waktu 21 menit air limbah tahu yang diolah belum cukup optimal dalam mengikat oksigen dan penurunan konsentrasi SO₄ juga rendah dibanding dengan waktu 42 menit dan 63 menit. Semakin lama waktu yang digunakan maka penurunan konsentrasi SO₄ akan semakin tinggi, hal ini sesuai dengan hasil analisa statistik menunjukkan bahwa dengan koefisien regresi untuk waktu sebesar 6.329 yang menunjukkan setiap penambahan waktu akan meningkatkan penurunan konsentrasi SO₄ sebesar 6.329 %. Menurut (Sotirakou, E. et al, 1999 dalam Yetty Haryunna, 2005) proses pemberian oksigen (aerasi) yang dilakukan pada sampel air dalam menurunkan tingkat konsentrasi yang terdapat pada sampel air tersebut diperlukan waktu yang lama.

Besarnya Debit udara 1,2 L/menit mempunyai penurunan konsentrasi SO₄ paling rendah dibandingkan dengan debit udara 3,5 L/menit dan 5 L/menit, dapat disimpulkan bahwa debit udara yang kecil mengakibatkan penurunan konsentrasi SO₄ yang rendah, semakin besar debit udara yang digunakan maka semakin besar penurunan konsentrasi yang dihasilkan. Berdasarkan hasil analisa statistik diketahui koefisien regresi untuk debit udara sebesar 3.921 menunjukkan bahwa setiap penambahan debit udara akan meningkatkan penurunan konsentrasi SO₄ sebesar 3.921 %.

Proses pemberian oksigen (aerasi) ke dalam air didefinisikan sebagai kontak antara air dan udara yang ditujukan untuk peningkatan kadar oksigen dalam air, pelepasan gas-gas dalam air, juga berfungsi untuk pengadukan pada proses pengolahan air limbah secara biologis (*Agus Slamet dan Ali Masduqi, 2000*).

Sistem pemberian oksigen pada jumlah oksigen terlarut (DO) yang tinggi di dalam air limbah dapat meningkatkan penurunan konsentrasi SO_4 dan akan mempengaruhi karakteristik air limbah tersebut. Pernyataan tersebut diatas menandai adanya keuntungan penggunaan udara pada jumlah oksigen yang lebih tinggi untuk air limbah (*Tajuddin, R.M, Ismail, A.F, and Salim, M.R, 2002 dalam Yetty Haryunna, 2005*).

Berdasarkan tabel 4.13 hasil uji Duncan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang hampir sama atau homogen atau tidak berbeda nyata untuk perlakuan (T3A1,2), (T1A5), (T2A3,5), (T2A5), (T3A3,5), (T3A3,5) dan (T3A5) hal ini disebabkan dalam pemilihan variasi jaraknya terlalu berdekatan. Sedangkan pada perlakuan (T1A1,2), (T2A1,2), (T1A3,5) terdapat perbedaan yang nyata atau signifikan.

4.2.3. Pengaruh Variabel Waktu dan Debit Udara Terhadap % Penurunan Konsentrasi NO_3

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi waktu (21 menit, 42 menit, 63 menit) dan debit udara (1,2 L/menit, 3,5 L/menit, 5 L/menit) pada tahap reaksi telah terbukti mampu menurunkan konsentrasi NO_3 pada air limbah tahu. Penurunan konsentrasi NO_3 semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu dan besarnya debit udara yang digunakan.

Pada gambar 4.6 menunjukkan % penurunan konsentrasi NO_3 yang paling rendah yaitu pada waktu 21 menit dengan debit udara 1,2 L/menit sebesar 7.21 % dan penurunan konsentrasi NO_3 yang paling tinggi pada waktu 63 menit dengan debit udara 5 L/menit sebesar 58.39 %. Lamanya waktu mempengaruhi penurunan konsentrasi NO_3 , terbukti dalam waktu 21 menit air limbah tahu yang diolah belum cukup optimal dalam mengikat oksigen dan penurunan konsentrasi NO_3 juga rendah dibanding dengan waktu 42 menit dan 63 menit. Semakin lama waktu yang digunakan maka penurunan konsentrasi NO_3 akan semakin tinggi, hal ini

sesuai dengan hasil analisa statistik menunjukkan bahwa dengan koefisien regresi untuk waktu sebesar 9.675 yang menunjukkan setiap penambahan waktu akan meningkatkan penurunan konsentrasi NO_3 sebesar 9.675 %. Menurut (Sotirakou, E. et all, 1999 dalam Yetty Haryunna, 2005) proses pemberian oksigen (aerasi) yang dilakukan pada sampel air dalam menurunkan tingkat konsentrasi yang terdapat pada sampel air tersebut diperlukan waktu yang lama.

Besarnya Debit udara 1,2 L/menit mempunyai penurunan konsentrasi NO_3 paling rendah dibandingkan dengan debit udara 3,5 L/menit dan 5 L/menit, dapat disimpulkan bahwa debit udara yang kecil mengakibatkan penurunan konsentrasi NO_3 yang rendah, semakin besar debit udara yang diberikan maka semakin besar penurunan konsentrasinya. Berdasarkan hasil analisa statistik diketahui koefisien regresi untuk debit udara sebesar 8.795 menunjukkan bahwa setiap penambahan debit udara akan meningkatkan penurunan konsentrasi NO_3 sebesar 8.795 %.

Substansi yang terjadi dalam air, dalam jumlah yang kurang atau berlebih dalam harga jenuhnya dapat dirubah konsentrasinya dengan aerasi, dimana nilai jenuh merupakan batas perubahan dari kedua kondisi tersebut. Pertukaran gas dari air ke udara atau dari udara ke air terjadi pada permukaan air-udara. Kecepatan pertukaran dipengaruhi oleh konsentrasi substansi dan kecepatan terbentuknya permukaan baru. Ketika molekul gas terdiffusi melalui cairan terjadi pada kecepatan rendah, sehingga efisiensi akan kecil (Reavy, Rowe, 1986).

Proses pemberian oksigen (aerasi) ke dalam air didefinisikan sebagai kontak antara air dan udara yang ditujukan untuk peningkatan kadar oksigen dalam air, pelepasan gas-gas dalam air, juga berfungsi untuk pengadukan pada proses pengolahan air limbah secara biologis (Agus Slamet dan Ali Masduqi, 2000).

Konsentrasi nitrat yang tinggi dalam air dapat berbahaya terutama pada ibu-ibu hamil karena dapat menyebabkan methamoglobinemia (bayi biru). Kadar nitrat yang melebihi 0,2 mg/liter juga dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi (pengayaan) perairan, yang selanjutnya menstimulir pertumbuhan algae dan tumbuhan air secara pesat (blooming) sehingga mengakibatkan kekurangan oksigen terlarut dalam air (Hefni Effendi, 2003).

Nitrifikasi merupakan proses konversi nitrogen amina menjadi nitrat. Air limbah yang banyak mengandung N organik cenderung merangsang pertumbuhan alga yang pada akhirnya akan menimbulkan eutrofikasi di perairan. Adanya nitrifikasi akan menyebabkan turunnya konsentrasi oksigen terlarut (DO), hal ini disebabkan pada setiap tahap reaksi dalam nitrifikasi akan mengkonsumsi DO. Proses nitrifikasi melibatkan bakteri autotrof, bakteri yang menggunakan sumber energi dari cahaya matahari (photoautotrof) maupun dari hasil oksidasi bahan anorganik (chemoautotrof). Bakteri autotrof genus *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* adalah jenis yang paling memegang peranan penting dalam proses nitrifikasi.

Denitrifikasi adalah proses reduksi nitrat menjadi gas nitrogen (N₂) secara biologis pada anoxic (tanpa oksigen). Bakteri dalam proses ini adalah jenis heterotrof fakultatif. Bakteri yang melakukan proses denitrifikasi meliputi *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Alcaligenus*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Plafobacterium*, *Lactobacterium*, *Micrococcus*, *proteus*, *Pseudomonas* dan *Spirillum*.

Ada dua tahap konversi dalam denitrifikasi yaitu:

- Tahap nitrat menjadi nitrit
- Tahap nitrit menjadi gas nitrogen

Sehingga keseluruhan proses secara berurutan adalah:



(Metcalf & Eddy, 1997)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu dan debit udara pada tahap reaksi berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi BOD, SO₄ dan NO₃ yang terdapat dalam air limbah tahu dengan menggunakan variasi waktu (21 menit, 42 menit dan 63 menit) dan variasi debit udara (1,2 L/menit, 3,5 L/menit dan 5 L/menit). Semakin lamanya waktu dan semakin besarnya debit udara yang diberikan maka semakin besar penurunan konsentrasi yang dihasilkan.
2. Penurunan konsentrasi terendah menggunakan variasi waktu 21 menit dengan debit udara 1,2 L/menit, persentase penurunan konsentrasi BOD sebesar 15,17 %, SO₄ sebesar 5,12 % dan NO₃ sebesar 7,21 %. Penurunan konsentrasi tertinggi menggunakan variasi waktu 63 menit dengan debit udara 5 L/menit, persentase penurunan konsentrasi BOD sebesar 70,20 %, SO₄ sebesar 31,13 % dan NO₃ sebesar 58,39 %.

5.2. Saran

1. Variasi waktu yang digunakan sebaiknya lebih lama dan variasi debit udara menggunakan debit udara yang lebih besar sehingga akan mendapatkan penurunan konsentrasi yang lebih baik.
2. Menguji parameter lain dengan menggunakan alat SBR seperti COD, TSS, NH₄, CO₂, HCO₃, PO₄ yang terdapat dalam air limbah tahu.
3. Melakukan kontrol pH dan DO pada tangki SBR.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowo, D.M., (1994)., "*Teknik Pengolahan Air Limbah Secara Biologis*"., Teknik Lingkungan ITS.
- Effendi, H., (2003)., "*Telaah Kualitas Air*"., Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan., Kanisius., Yogyakarta.
- Haryunna, Y., (2005)., "*Uji Efektifitas Proses Aerasi Pada Pengolahan Air Lindi di TPA Supit Urang*"., Skripsi., Malang: ITN Malang.
- Herlambang, A., (2002)., "*Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dan Tempe*"., BPPT., Jakarta.
- Irvine R.L., and Davis W.B., (1971)., "*Use of Sequencing Batch Reactor for Waste Treatment – CPC International*"., Corpus Christi, TX. Presented at the 26th Annual Industrial Waste Conference, Purdue University, West Lafayette., IN.
- Irvine R.L., et al., (1987)., "*An Organik Loading Study of Full-Scale Sequencing Batch Reactor*"., Journal of Water Pollution Control Federation 57(3)., 132-138.
- Jern, N.W., (1997)., "*SBR Application for Industrial Wastewater*"., Jurnal Purifikasi., Vol.2, No.2., Maret 2001: 61 - 66.
- Juli Puspita, Ni Ketut., (2005)., "*Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil Untuk Proses Penurunan Warna dan Kandungan Organik Dengan Koagulan Khitosan dari Air Limbah Perikanan*"., Skripsi tidak diterbitkan., Malang: ITN Malang.
- LaGrega, D.M., Buckingham, L.P., and Evans C.J., (1994)., "*Hazardous Waste Management*"., McGraw-Hill, Singapore.
- Luis H, Abreu., & Saribel Estrada., "*Sequencing Batch Reactors: An Efficient Alternative to Wastewater Treatment*"., <http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/Environmental/Steps/EnvSysSBR.html>., (Dikunjungi pada tanggal 03/11/ 2004).
- Melcer, H., et al., (1987)., "*Conversion of Small Municipal Waste Water Treatment Plants to Sequencing Batch Reactors*"., Journal of Water Pollution Control Federation 59(2)., 79-85.
- Metcalf & Eddy., (1991)., "*Wastewater Engineering; Treatment, Disposal and Re-use*"., Mc Graw-Hill., Book and Co., Singapore.

Nocross, K.L., (1992)., "*Sequencing Batch Reactor – an Overview*"., Presented at the 16th Biennial Conference of the International Association on Water pollution Research and Control.

Reavy, Rowe., (1986)., "*Environmental engineering*"., Mc Graw-Hill., Book and Co., Singapore.

Sudjana., (1996)., "*Metoda Statistika*"., Tarsito., Bandung.

Sugiharto., (1987)., "*Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*"., Universitas Indonesia – Press., Jakarta.

Slamet, A., & Masduqi, A., (2000)., "*Satuan Proses*"., Modul Ajar Teknik Lingkungan ITS.

Waluyo, M. Edi., & Hori, T., (2004)., "*Laporan Akhir*"., Program Percontohan Perbaikan Lingkungan Perairan Daerah Aliran Sungai., Semarang.

Wingsoebroto, S., (1995)., "*Metoda Analisa Statistik*"., Rineka Cipta., Jakarta.

Yarnest., (2004)., "*Panduan Aplikasi statistik dengan menggunakan SPSS versi 11.0*"., Dioma., Malang.

LAMPIRAN



DEPARTEMEN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
BALAI LABORATORIUM KESEHATAN SURABAYA

Jl. Karangmenjangan No. 18 - Surabaya 60285
Telp. Kepala Lab. (031) 5020708 - T.U. (031) 5021451 - Fax (031) 5020388, 5021452
E-mail : blksb@idola.net.id



Surabaya, 4 April 2005

Nomor : 119/051/Bhn/VI/2005
Jenis bahan : Air Limbah Tahu di Perusahaan Tahu M. Sukur
Alamat pengirim : Iyan Ferdian
ITN Malang
Diambil oleh : Yang bersangkutan
Diterima di BLK tgl : Maret 2005

HASIL PEMERIKSAAN KIMIA

No	KODE BAHAN	BOD (Mg/L)	SO ₄ (Mg/L)	NO ₃ (Mg/L)
1	Larutan sebelum proses sbr (1)	5564,37	19,84	21,33
2	Larutan sebelum proses sbr (2)	5564,25	19,88	21,47
3	Larutan sebelum proses sbr (3)	5564,58	19,79	21,52
4	Lar. setelah 1 jam Debit udara 1,2 L/mnt (1)	4719,56	18,62	19,85
5	Lar. setelah 1 jam Debit udara 1,2 L/mnt (2)	4720,18	18,78	20,17
6	Lar. setelah 1 jam Debit udara 1,2 L/mnt (3)	4720,11	19,07	19,66
7	Lar. setelah 2 jam Debit udara 1,2 L/mnt (1)	4169,15	17,56	18,14
8	Lar. setelah 2 jam Debit udara 1,2 L/mnt (2)	4170,09	17,35	18,05
9	Lar. setelah 2 jam Debit udara 1,2 L/mnt (3)	4169,12	16,89	17,95
10	Lar. setelah 3 jam Debit udara 1,2 L/mnt (1)	3553,42	15,68	16,51
11	Lar. setelah 3 jam Debit udara 1,2 L/mnt (2)	3551,83	15,77	16,32
12	Lar. setelah 3 jam Debit udara 1,2 L/mnt (3)	3552,55	15,39	16,47
13	Lar. setelah 1 jam Debit udara 3,5 L/mnt (1)	4017,96	16,31	17,21
14	Lar. setelah 1 jam Debit udara 3,5 L/mnt (2)	4018,48	15,95	16,89
15	Lar. setelah 1 jam Debit udara 3,5 L/mnt (3)	4018,20	16,49	17,17
16	Lar. setelah 2 jam Debit udara 3,5 L/mnt (1)	3454,31	15,37	14,94
17	Lar. setelah 2 jam Debit udara 3,5 L/mnt (2)	3455,17	15,27	15,65
18	Lar. setelah 2 jam Debit udara 3,5 L/mnt (3)	3454,29	14,92	15,19
19	Lar. setelah 3 jam Debit udara 3,5 L/mnt (1)	2627,23	14,12	12,13
20	Lar. setelah 3 jam Debit udara 3,5 L/mnt (2)	2625,65	14,00	11,79
21	Lar. setelah 3 jam Debit udara 3,5 L/mnt (3)	2626,58	13,85	11,87
22	Lar. setelah 1 jam Debit udara 5 L/mnt (1)	3381,24	15,67	13,04
23	Lar. setelah 1 jam Debit udara 5 L/mnt (2)	3381,32	15,77	12,52
24	Lar. setelah 1 jam Debit udara 5 L/mnt (3)	3380,58	14,98	12,68
25	Lar. setelah 2 jam Debit udara 5 L/mnt (1)	2625,71	14,23	10,49
26	Lar. setelah 2 jam Debit udara 5 L/mnt (2)	2623,98	14,19	10,67
27	Lar. setelah 2 jam Debit udara 5 L/mnt (3)	2624,83	14,07	11,15
28	Lar. setelah 3 jam Debit udara 5 L/mnt (1)	1658,26	13,44	8,78
29	Lar. setelah 3 jam Debit udara 5 L/mnt (2)	1657,38	13,74	9,12
30	Lar. setelah 3 jam Debit udara 5 L/mnt (3)	1658,19	13,81	8,86

BALAI LABORATORIUM KESEHATAN SURABAYA

An. KASIE KIMIA DAN IMMUNOLOGI


dr. Rr. NANY NURSIANTI
NIP. 140 161 678

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	N
uji T1A1,2	3
T1A3,5	3
T1A5	3
T2A1,2	3
T2A3,5	3
T2A5	3
T3A1,2	3
T3A3,5	3
T3A5	3

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi BOD (mg/l)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6743,537 ^a	8	842,942	9103775	,000
Intercept	42522,676	1	42522,676	4,6E+08	,000
uji	6743,537	8	842,942	9103775	,000
Error	,002	18	,000		
Total	49266,215	27			
Corrected Total	6743,539	26			

a. R Squared = 1,000 (Adjusted R Squared = 1,000)

Post Hoc Tests

uji

Homogeneous Subsets

% Penurunan Konsentrasi BOD (mg/l)

Duncan^{a,b}

uji	N	Subset								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1A1,2	3	15,1733								
T2A1,2	3		25,0700							
T1A3,5	3			27,7867						
T3A1,2	3				36,1567					
T2A3,5	3					37,9167				
T1A5	3						39,2333			
T3A3,5	3							52,8000		
T2A5	3								52,8267	
T3A5	3									70,2033
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = ,000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

Regression

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
% Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)	39,6852	16,10487	27
Waktu (menit)	2,000	,8321	27
Debit Udara (L/mnt)	3,233	1,5925	27

Correlations

		% Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)	Waktu (menit)	Debit Udara (L/mnt)
Pearson Correlation	% Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)	1,000	,663	,733
	Waktu (menit)	,663	1,000	,000
	Debit Udara (L/mnt)	,733	,000	1,000
Sig. (1-tailed)	% Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)	.	,000	,000
	Waktu (menit)	,000	.	,500
	Debit Udara (L/mnt)	,000	,500	.
N	% Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)	27	27	27
	Waktu (menit)	27	27	27
	Debit Udara (L/mnt)	27	27	27

Variables Entered/Removed^d

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Debit Udara (L/mnt), Waktu ^a (menit)	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,988 ^a	,976	,974	2,57266	1,806

a. Predictors: (Constant), Debit Udara (L/mnt), Waktu (menit)

b. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6584,693	2	3292,346	497,438	,000 ^a
	Residual	158,846	24	6,619		
	Total	6743,539	26			

a. Predictors: (Constant), Debit Udara (L/mnt), Waktu (menit)

b. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-9,936	1,663		-5,975	,000
	Waktu (menit)	12,828	,606	,663	21,155	,000
	Debit Udara (L/mnt)	7,412	,317	,733	23,396	,000

a. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	11,7860	65,6078	39,6852	15,91406	27
Residual	-3,75176	4,60221	,00000	2,47174	27
Std. Predicted Value	-1,753	1,629	,000	1,000	27
Std. Residual	-1,458	1,789	,000	,961	27

a. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi BOD (mg/lt)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	N
uji T1A1,2	3
T1A3,5	3
T1A5	3
T2A1,2	3
T2A3,5	3
T2A5	3
T3A1,2	3
T3A3,5	3
T3A5	3

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi SO4 (mg/lt)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1690,950 ^a	8	211,369	126,851	,000
Intercept	12312,332	1	12312,332	7389,156	,000
uji	1690,950	8	211,369	126,851	,000
Error	29,993	18	1,666		
Total	14033,275	27			
Corrected Total	1720,942	26			

a. R Squared = ,983 (Adjusted R Squared = ,975)

Post Hoc Tests

uji

Homogeneous Subsets

% Penurunan Konsentrasi SO4 (mg/lt)

Duncan^{a,b}

uji	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
T1A1,2	3	5,1233					
T2A1,2	3		12,9700				
T1A3,5	3			18,0967			
T3A1,2	3				21,3033		
T1A5	3				22,0100		
T2A3,5	3				23,4533		
T2A5	3					28,6133	
T3A3,5	3					29,4867	29,4867
T3A5	3						31,1333
Sig.		1,000	1,000	1,000	,068	,418	,136

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1,666.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

Regression

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
% Penurunan Konsentrasi SO4 (mg/lt)	21,3544	8,13573	27
Waktu (menit)	2,000	,8321	27
Debit Udara (L/mnt)	3,233	1,5925	27

Correlations

		% Penurunan Konsentrasi SO4 (mg/lt)	Waktu (menit)	Debit Udara (L/mnt)
Pearson Correlation	% Penurunan Konsentrasi SO4 (mg/lt)	1,000	,625	,742
	Waktu (menit)	,625	1,000	,000
	Debit Udara (L/mnt)	,742	,000	1,000
Sig. (1-tailed)	% Penurunan Konsentrasi SO4 (mg/lt)	.	,000	,000
	Waktu (menit)	,000	.	,500
	Debit Udara (L/mnt)	,000	,500	.
N	% Penurunan Konsentrasi SO4 (mg/lt)	27	27	27
	Waktu (menit)	27	27	27
	Debit Udara (L/mnt)	27	27	27

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Debit Udara (L/mnt), Waktu ^a (menit)		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi SO4 (mg/lt)

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,970 ^a	,941	,936	2,05421	1,637

a. Predictors: (Constant), Debit Udara (L/mnt), Waktu (menit)

b. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi SO4 (mg/lt)

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1619,667	2	809,834	191,913	,000 ^a
	Residual	101,275	24	4,220		
	Total	1720,942	26			

a. Predictors: (Constant), Debit Udara (L/mnt), Waktu (menit)

b. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi SO4 (mg/lt)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-3,126	1,328		-2,355	,027
	Waktu (menit)	6,116	,484	,625	12,631	,000
	Debit Udara (L/mnt)	3,789	,253	,742	14,976	,000

a. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi SO4 (mg/lt)

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	7,5354	34,1632	21,3544	7,89271	27
Residual	-3,77319	3,36082	,00000	1,97363	27
Std. Predicted Value	-1,751	1,623	,000	1,000	27
Std. Residual	-1,837	1,636	,000	,961	27

a. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi SO4 (mg/lt)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
uji	T1A1,2	3
	T1A3,5	3
	T1A5	3
	T2A1,2	3
	T2A3,5	3
	T2A5	3
	T3A1,2	3
	T3A3,5	3
	T3A5	3

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/lt)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7007,440 ^a	8	875,930	730,244	,000
Intercept	27756,907	1	27756,907	23140,326	,000
uji	7007,440	8	875,930	730,244	,000
Error	21,591	18	1,200		
Total	34785,938	27			
Corrected Total	7029,031	26			

a. R Squared = ,997 (Adjusted R Squared = ,996)

Post Hoc Tests

uji

Homogeneous Subsets

% Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/lt)

uji	N	Subset								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1A1,2	3	7,2133								
T2A1,2	3		15,8267							
T1A3,5	3			20,2900						
T3A1,2	3				23,3500					
T2A3,5	3					28,8267				
T1A5	3						40,5467			
T3A3,5	3							44,3567		
T2A5	3								49,7633	
T3A5	3									58,3933
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 1,200.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = ,05.

Regression

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
% Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/lt)	32,0630	16,44224	27
Waktu (menit)	2,000	,8321	27
Debit Udara (L/mnt)	3,233	1,5925	27

Correlations

		% Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/lt)	Waktu (menit)	Debit Udara (L/mnt)
Pearson Correlation	% Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/lt)	1,000	,490	,852
	Waktu (menit)	,490	1,000	,000
	Debit Udara (L/mnt)	,852	,000	1,000
Sig. (1-tailed)	% Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/lt)		,005	,000
	Waktu (menit)	,005		,500
	Debit Udara (L/mnt)	,000	,500	
N	% Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/lt)	27	27	27
	Waktu (menit)	27	27	27
	Debit Udara (L/mnt)	27	27	27

Variables Entered/Removed^d

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Debit Udara (L/mnt), Waktu ^a (menit)		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/lt)

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,983 ^a	,965	,962	3,18722	2,951

a. Predictors: (Constant), Debit Udara (L/mnt), Waktu (menit)

b. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/lt)

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6785,231	2	3392,615	333,973	,000 ^a
	Residual	243,800	24	10,158		
	Total	7029,031	26			

a. Predictors: (Constant), Debit Udara (L/mnt), Waktu (menit)

b. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/lt)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-15,723	2,060		-7,632	,000
	Waktu (menit)	9,675	,751	,490	12,879	,000
	Debit Udara (L/mnt)	8,795	,392	,852	22,407	,000

a. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/lt)

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	4,5053	57,2754	32,0630	16,15458	27
Residual	-7,39824	3,79474	,00000	3,06218	27
Std. Predicted Value	-1,706	1,561	,000	1,000	27
Std. Residual	-2,321	1,191	,000	,961	27

a. Dependent Variable: % Penurunan Konsentrasi NO3 (mg/lt)

PERHITUNGAN PENGUJIAN KESERAGAMAN DATA

Rumus yang digunakan:

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

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

Dimana: \bar{X} = Hasil rata-rata Pengukuran

S = Standart Deviasi dari hasil pengukuran

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

Contoh perhitungan pada konsentrasi akhir BOD pada variasi waktu 1 jam, debit udara 1,2 lt/mnt diperoleh hasil sebagai berikut:

Pengulangan 1 = 4719.56 mg/lt

Pengulangan 2 = 4720.18 mg/lt

Pengulangan 3 = 4720.11 mg/lt

Rata-rata ketiga pengulangan: (\bar{X}) = 4719.95

Standar Deviasi = 0.34

$$\begin{aligned}\text{BKA} &= 4719.95 + 2 \times 0.34 \\ &= 4720.63\end{aligned}$$

Karena BKA > dari ketiga pengulangan maka data tersebut sudah seragam.

$$\begin{aligned}\text{BKB} &= 4719.95 - 2 \times 0.34 \\ &= 4719.27\end{aligned}$$

Karena BKB < dari ketiga pengulangan maka data tersebut sudah seragam.

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel Pengujian Keseragaman Data Konsentrasi Akhir BOD

Waktu (menit)	Debit Udara (lt/mnt)	X	S	BKA	BKB
21	1,2	4719.95	0.34	4720.63	4719.27
21	3,5	4018.21	0.26	4018.73	4017.69
21	5	3381.05	0.41	3381.87	3380.23
42	1,2	4169.45	0.55	4170.55	4168.35
42	3,5	3454.59	0.50	3455.59	3453.59
42	5	2624.84	0.87	2626.58	2623.10
63	1,2	3552.60	0.80	3554.20	3551.00
63	3,5	2626.49	0.79	2628.07	2624.91
63	5	1657.94	0.49	1658.92	1656.96

Tabel Pengujian Keseragaman Data Konsentrasi Akhir SO₄

Waktu (menit)	Debit Udara (lt/mnt)	X	S	BKA	BKB
21	1,2	18.82	0.23	19.28	18.36
21	3,5	16.25	0.28	16.81	15.69
21	5	15.47	0.43	16.33	14.61
42	1,2	17.27	0.34	17.95	16.59
42	3,5	15.19	0.24	15.67	14.71
42	5	14.16	0.08	14.32	14.00
63	1,2	15.61	0.20	16.01	15.21
63	3,5	13.99	0.14	14.27	13.71
63	5	13.16	0.20	13.56	12.76

Tabel Pengujian Keseragaman Data Konsentrasi Akhir NO₃

Waktu (menit)	Debit Udara (lt/mnt)	X	S	BKA	BKB
21	1,2	19.89	0.26	20.41	19.37
21	3,5	17.09	0.17	17.43	16.75
21	5	12.75	0.27	13.29	12.21
42	1,2	18.05	0.10	18.25	17.85
42	3,5	15.26	0.36	15.98	14.54
42	5	10.77	0.34	11.45	10.09
63	1,2	16.43	0.10	16.63	16.23
63	3,5	11.93	0.18	12.29	11.57
63	5	8.92	0.18	9.28	8.56

Standar deviasi Konsentrasi Akhir BOD

		T1A1.2	T1A3.5	T1A5	T2A1.2	T2A3.5	T2A5	T3A1.2	T3A3.5	T3A5
1		4719.56	4017.96	3381.24	4169.15	3454.31	2625.71	3553.42	2627.23	1658.26
2		4720.18	4018.48	3381.32	4170.09	3455.17	2623.98	3551.83	2625.65	1657.38
3		4720.11	4018.20	3380.58	4169.12	3454.29	2624.83	3552.55	2626.58	1658.19
	Std. Deviation	0.3396	0.2603	0.4061	0.5516	0.5024	0.8650	0.7962	0.7941	0.4891
	Mean	4719.9500	4018.2133	3381.0467	4169.4533	3454.5900	2624.8400	3552.6000	2626.4867	1657.9433

Standar deviasi Konsentrasi Akhir SO4

		T1A1.2	T1A3.5	T1A5	T2A1.2	T2A3.5	T2A5	T3A1.2	T3A3.5	T3A5
1		18.62	16.31	15.67	17.56	15.37	14.23	15.68	14.12	13.44
2		18.78	15.95	15.77	17.35	15.27	14.19	15.77	14.00	13.74
3		19.07	16.49	14.98	16.89	14.92	14.07	15.39	13.85	13.81
	Std. Deviation	0.2281	0.2750	0.4302	0.3427	0.2363	0.08327	0.1986	0.1353	0.1966
	Mean	18.8233	16.2500	15.4733	17.2667	15.1867	14.1633	15.6133	13.9900	13.6633

Standar deviasi Konsentrasi Akhir NO3

		T1A1.2	T1A3.5	T1A5	T2A1.2	T2A3.5	T2A5	T3A1.2	T3A3.5	T3A5
1		19.85	17.21	13.04	18.14	14.94	10.49	16.51	12.13	8.78
2		20.17	16.89	12.52	18.05	15.65	10.67	16.32	11.79	9.12
3		19.66	17.17	12.68	17.95	15.19	11.15	16.47	11.87	8.86
	Std. Deviation	0.2577	0.1744	0.2663	0.09504	0.3601	0.3412	0.1002	0.1778	0.1778
	Mean	19.8933	17.0900	12.7467	18.0467	15.2600	10.7700	16.4333	11.9300	8.9200

PROSEDUR ANALISA BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND (BOD)

1. Tinjauan Umum

a. Prinsip :

Kebutuhan oksigen biologi (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°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°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).

c. Persyaratan :

- 1) Permenkes RI No. 173/Menkes/Per/VIII/1977, untuk air buangan :
Rata-rata dalam waktu 24 jam : 20 mg/l.
Maksimum yang diperbolehkan : 30 mg/l.
- 2) Kep MENKLH No. Kep-03/MENKLH/1991 baku mutu air limbah golongan
I : 20 mg/l.
II : 50 mg/l.
III : 150 mg/l.
IV : 300 mg/l.

2. Peralatan

- a) Botol BOD/botol oksigen 250-300ml, cuci botol dengan detergen, bilas baik-baik, keringkan.
- b) Inkubator $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
- c) Alat gelas.
- d) Buret, atau DO meter untuk BOD (DO meter dengan probe)

3. Reagen

- e) Larutan dasar Fosfat :

Larutan 8,5 g KH_2PO_4 ; 21,75 g K_2HPO_4 ; 33,4 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 1,7 g NH_4Cl dalam 500 ml air suling, encerkan dengan air suling sampai 1 L.

- f) 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.

- g) Larutan Kalsium Klorida (CaCl_2):

Larutan 27,5 g kalsium klorida anhidrat dengan air suling dan encerkan sampai 1 L.

- h) Larutan ferri klorida ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) :

Larutan 0,25 g kalsium klorida anhidrat dengan air suling dan encerkan sampai 1 L.

- i) 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 dikocok 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.

- j) Larutan natrium sulfite (Na_2SO_3) 0,025 N :

Larutan 1,575 g natrium sulfite anhidrat dalam 1 L air suling.

Larutan ini tidak stabil, buat setiap hari.

- k) Air pengencer.

- l) Reagen-reagen pada penentuan DO.

1. Cara kerja

d. Persiapan pendahuluan :

1) Untuk pemeriksaan BOD, pengambilan contoh perlu diperlakukan secara khusus.

a. Untuk contoh yang diambil secara acak (grap sample) :

Apabila analisa/penentuan dilakukan dalam 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, usahakan analisa dilakukan dalam waktu 2 atau 6 jam sesudah sampling.

b. Untuk contoh yang diambil secara komposit (composite sample) :
Simpan contoh pada suhu 4°C selama pengumpulan. Waktu komposit sampai 24 jam, pengukuran dimulai dari pengumpulan limbah.

2) Pembuatan air pengencer :

Dalam botol masukkan air suling untuk pengencer. Tambahkan ke dalam 1 L air suling masing-masing 1 ml. Larutan-larutan berikut:

- Dapar fosfat.
- Magnesium sulfat.
- Ferri klorida.
- Kalsium klorida.

Campur dan aerasi dengan pompa udara (aerator) minimal selama 30 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 : Pada 100 mL- 1 L contoh yang telah dinetralkan, tambahkan 10 mL asam asetat (1+1) atau H_2SO_4 (1+50) tambah 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.

e. 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 x) untuk limbah industri yang berat.

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

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

25 – 100 % = (4 – 1 x) 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.

- 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 buah botol

BOD. Tentukan oksigen terlarut segera dari botol yang satu dan botol yang lainnya ditutup rapat, diinkubasi selama 5 hari.

- 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 buah botol BOD, apabila digunakan metode elektroda untuk penentuan DO gunakan 1 buah botol BOD.

- 2) Penentuan DO (oksigen terlarut) segera = $DO_{mula-mula} = DO_0$ hari. Tentukan DO segera setelah pengisian contoh yang sudah diencerkan ke dalam botol BOD. Gunakan metode modifikasiazida atau elektroda membran.
- 3) Blanko air pengencer. Air pengencer ditentukan DO segera dan DO setelah diinkubasi selama 5 hari. Do up take sebaliknya tidak lebih dari 0,2 mg/l dan sebaliknya tidak lebih dari 0,1 mg/l.
- 4) Waktu inkubasi. Inkubasi contoh yang sudah diencerkan, air pengencer pada $20^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$.

5 Perhitungan

$$BOD_5, \text{ mg/L} = (D1 - D2) / P$$

D1 = Oksigen terlarut segera contoh diencerkan (mg/L).

D2 = Oksigen terlarut contoh yang diencerkan setelah inkubasi 5 hari pada suhu $20^{\circ}C$ (mg/L).

P = Desimal bagian volume contoh yang digunakan.

Pengenceran contoh yang sudah memenuhi syarat diperiksa sebagai berikut:

DO contoh = a mg/L O_2 .

DO₀ air pengencer = b mg/L O_2 .

DO_{5 . 20} contoh = c mg/L O_2 .

DO_{5 . 20} air pengencer = d mg/L O_2 .

DO air pengencer rata-rata = $(b + d) / 2 = z$ mg/L O_2 .

Pengurangan/depletion = $(a - c) / z \times 100 \%$.

Kalau tidak antara 20 % - 80 %, maka harus diulangi pengenceran contoh.

Sumber : PETUNJUK PEMERIKSAAN AIR BUANGAN DAN AIR KOLAM RENANG. Cetakan ke - 2 DEPkes 1993.

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.

Absorbansi suspensi barium sulfat diukur dengan fotometri dan konsentrasi ion sulfat ditetapkan dengan membandingkannya dengan kurva standar.

b. Pengganggu:

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

Beberapa zat tersuspensi dapat dibuang dengan cara penyaringan.

Jika keduanya sangat kecil dalam perbandingannya dengan konsentrasi ion sulfat, dikoreksi dengan cara menambah BaCl₂ pada blanko.

- Silika yang lebih dari 500 ml/l akan mengganggu dan dalam air yang mengandung sejumlah besar bahan organik tak mungkin untuk mengendapkan barium sulfat dengan memuaskan.

c. Kadar minimal yang dapat diketahui: mendekati 1 mg/l sulfat. Diatas 10 mg/l metoda ini dapat dipakai samapai kadar mencapai 60 mg/l.

Diatas 40 mg/l ketelitian dari metoda menurun, dan suspensi barium sulfat kehilangan kestabilan.

2. Peralatan:

- Spektrofotometer.
- Tabung Nessler/labu erlenmeyer.
- Pipet ukur/pipet gondok.
- Labu ukur.
- Magnetik strirrer.
- Stop watch.

3. Reagensia:

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. Brium klorida kristal 20 sampai 30 mash.

c. Larutan sulfat standar (1 ml = 0,1 mg = 100 ppm SO₄)

Larutkan 147,9 mg Na₂SO₄ 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 5 ml kondisioning reagen, kocok.
- Tambah 1 sendok penuh kristal BaCl₂ dan mulai segera diukur waktunya.
- Dikocok dengan kecepatan yang ditetapkan selama tepat 1 menit.
- Setelah waktu pengadukan selesai larutan segera dituang kedalam kuvet dan diukur kekeruhan pada selang waktu 30 detik, selama 4 menit.
- Kebenaran kurva kalibrasi standar di cek untuk setiap 3 sampai 4 sampel yang tidak diketahui.

b. Perlakuan sampel

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

- Tambah 5 ml reagen kondisioning, kocok.
- Tambah 1 sendok penuh kristal $BaCl_2$ 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:

$$mg/l SO_4 = \frac{mgSO_4 \times 1000}{mlSampel}$$

PROSEDUR ANALISA NITRAT (NO_3)

1. Peralatan

1. Spektrofotometer
2. Gelas ukur
3. pipet
4. Erlenmeyer
5. Labu takar
6. Buret
7. Corong besar dan kecil
8. Timbangan
9. Cawan
10. Kompor pemanas air

2 Reagen

a. Larutan Brusin – Sulfanilat

Mengambil 1 gram brusin sulfanilat dan 0,1 gram asam sulfanilat lalu larutkan dalam 70 ml air panas. Kemudian tambahkan 3 ml HCL pekat. Setelah dingin encerkan dengan aquades sampai volume 100 ml. Simpan dalam botol tertutup.

b Larutan H_2SO_4 .

Melarutkan 500 ml H_2SO_4 pekat ke dalam 125 ml aquades. Simpan dalam botol tertutup

c. Larutan NaCL.

Melarutkan 300 gram NaCL ke dalam 1 liter aquades.

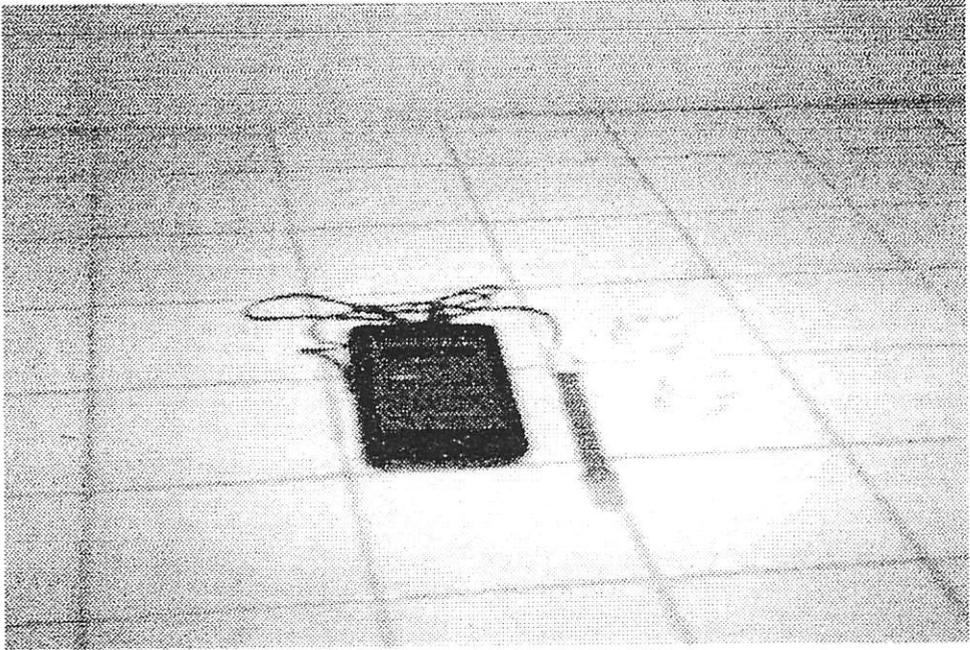
d Larutan baku nitrat (100 ppm)

Larutan 1,631 g KNO_3 dalam 20 ml air suling dan encerkan dalam labu ukur 1 liter sampai batas.

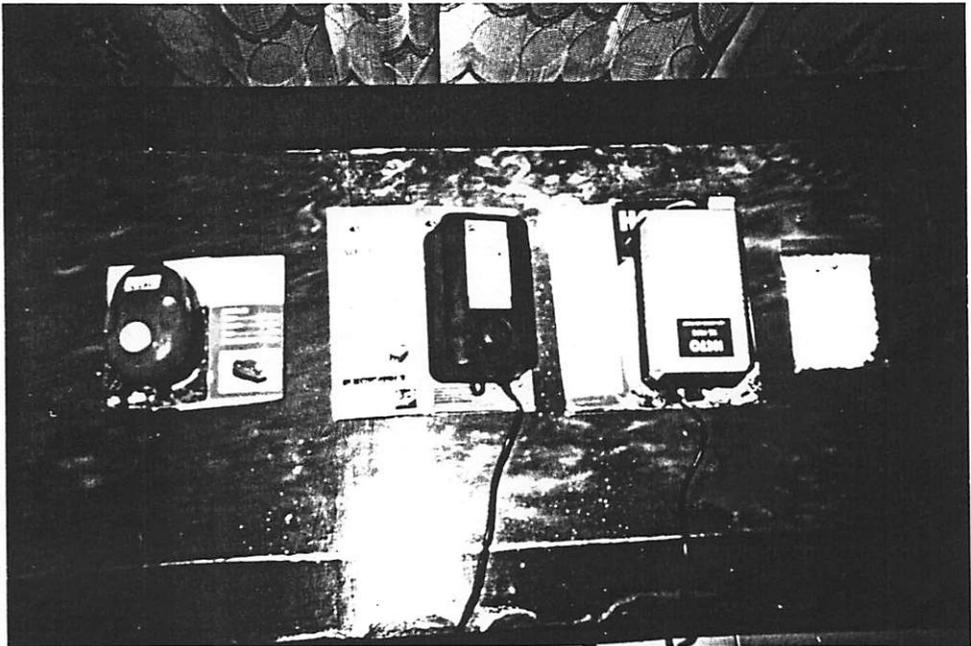
1 Cara Kerja

- a. Mengambil 10 ml sampel air yang jernih (bila keruh harus disaring), lalu tambahkan 2 ml larutan NaCl, 10 ml larutan H₂SO₄ dan 0,5 ml larutan Brusin-Sulfanilat. Setiap penambahan pereaksi harus dikocok. Kemudian dipanaskan di atas pemanas air (95 °C) selama 20 menit. Tambahkan aquades hingga volumenya 20 ml. Setelah dingin ukur intensitasnya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm.
- b. Lakukan larutan standart dengan pengenceran 50 ppm, 25 ppm, 10 ppm, 1 ppm. Lakukan prosedur yang sama dengan sampel air pada 10 ml tiap larutan standar. buat kurva kalibrasi antara absorbansi vs konsentrasi (ppm). Tentukan slope (ppm/unit absorben).
- c. Perhitungan :
Konsentrasi Nitrat = $A \times S = \dots\dots\dots$ ppm.
A = Absorbansi sampel
S = Kemiringan kurva kalibrasi (ppm/unit absorben).

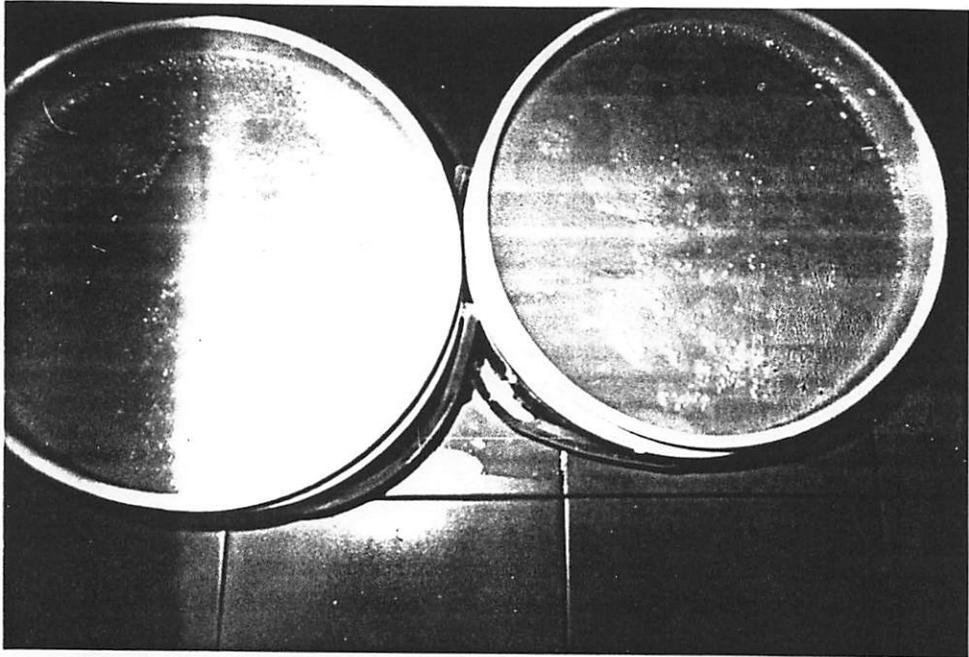
Sumber: METODE PENELITIAN AIR Disusun: Dr.Ir.G.Alaerts ; Ir. Sri Sumestri Santika, MSc. Penerbit : "Usaha Nasional" Surabaya.



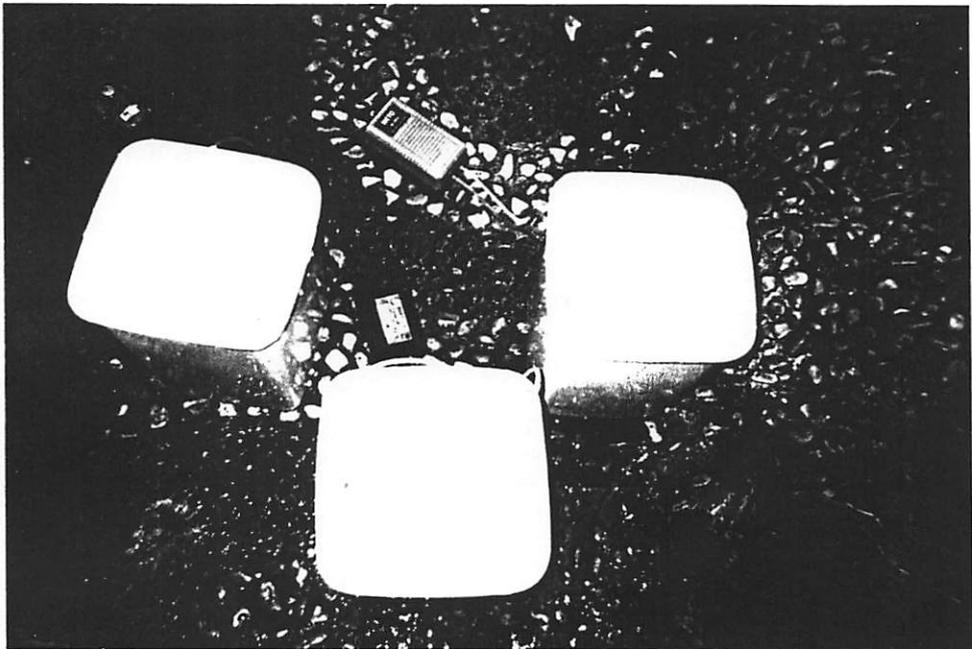
pH Meter



Air Pump 1,2 L/menit, 3,5 L/menit, 5 L/menit



Sampel Air Limbah Tahu



Tahap Reaksi (Aerasi) pada proses SBR