

SKRIPSI
PENENTUAN KONSENTRASI OKSIGEN OPTIMUM PADA
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN
DENGAN SISTEM *SQUENCHING BATCH BIOFILTER*
GRANULAR REACTOR



OLEH :
RIZKI. YULIANTO
12.26.001

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

2016

SECRET

UNCLASSIFIED INFORMATION REPORT
BY KENNETH L. BROWN, JR. AND
MILITARY INTELLIGENCE DIVISION

SECRET

SECRET

SECRET

CONFIDENTIAL

UNCLASSIFIED INFORMATION REPORT
BY KENNETH L. BROWN, JR. AND
MILITARY INTELLIGENCE DIVISION

SECRET

SKRIPSI
PENENTUAN KONSENTRASI OKSIGEN OPTIMUM PADA
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN
DENGAN SISTEM *SQUENCHING BATCH BIOFILTER*
GRANULAR REACTOR



OLEH :
RIZKI. YULIANTO
12.26.001

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

2016

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI

**PENENTUAN KONSENTRASI OPTIMUM PADA PENGOLAHAN
LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN DENGAN SISTEM
SQUENCHING BATCH BIOFILTER GRANULAR REACTOR**

Oleh :

Rizki Yulianto

12.26.001

Menyetujui

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Candra Dwiratna W, ST. MT

NIP. Y. 1030000349

Anis Artiyani, ST. MT

NIP.P.1030300384

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan



Candra Dwi Ratna, ST. MT

NIP. Y. 1030000349

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI

**PENENTUAN KONSENTRASI OPTIMUM PADA PENGOLAHAN
LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN DENGAN SISTEM
SQUENCHING BATCH BIOFILTER GRANULAR REACTOR**

Oleh :

Rizki Yulianto

12.26.001

Menyetujui :

Tim Penguji

Dosen Penguji I

Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, Msc
NIP. 196106201991031002

Dosen Penguji II

Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 1039900327

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan



Candra Dwi Ratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MEGISTER TEKNIK

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341)551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp.(0341)417636 Fax. (0341) 417634 Malang65145

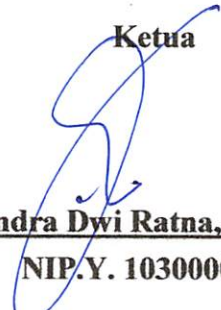
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

NAMA : RIZKI YULIANTO
NIM : 12.26.001
JURUSAN : Teknik Lingkungan
JUDUL : PENENTUAN KONSENTRASI OPTIMUM PADA PENGOLAHAN
LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN DENGAN SISTEM
SQUENCHING BATCH BIOFILTER GRANULAR REACTOR


Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1), pada :
Hari : Jum'at
Tanggal : 26 Agustus 2016
Dengan Nilai : 73,28 (B+)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua



Candra Dwi Ratna, ST., MT.
NIP.Y. 1030000349

Sekretaris

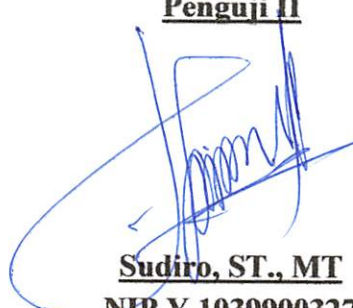

Anis Artiyani, ST., MT.
NIP.P.1030300384

ANGGOTA PENGUJI

Penguji I


Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Si
NIP.196106201991031002

Penguji II


Sudiro, ST., MT
NIP.Y.1039900327

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Penentuan Konsentrasi Oksigen Optimum Pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Hewan Dengan Sistem *Squenching Batch Biofilter Granular Reactor*”** ini tepat pada waktunya.

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

1. Ibu Candra Dwiratna, ST. MT. selaku Dosen Pembimbing dan Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
2. Ibu Anis Artiyani, ST. MT. selaku Dosen Pembimbing, Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang dan Dosen Wali Angkatan 2012.
3. Bapak Sudiro, ST. MT. selaku Dosen Penguji.
4. Bapak Dr.Ir Hery Setyobudiarso, MSi. selaku Dosen Penguji.
5. Dosen-dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
6. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2012 dan semua pihak yang telah membantu dan memberi dukungan dalam penyusunan laporan skripsi ini.

Kesadaran akan masih banyaknya kekurangan atas laporan ini, membuat penyusun berharap akan adanya masukan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi yang kami susun.

Penyusun berharap Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater, khususnya rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang dan masyarakat luas pada umumnya.

Malang, September 2016

Penyusun

Rizki, Yulianto, 2016. **Penentuan Konsentrasi Oksigen Optimum Pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Hewan Dengan Sistem *Squenching Batch Biofilter Granular Reactor***. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAK

Rumah Potong Hewan (RPH) merupakan salah satu tempat yang disediakan untuk melaksanakan kegiatan pemotongan hewan. Permasalahan yang timbul dari adanya rumah potong hewan yaitu adanya buangan yang dihasilkan dalam bentuk padatan dan cairan yang berpotensi merusak lingkungan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengolah hasil buangan Rumah Potong Hewan (RPH) yaitu *Squenching Batch Reactor* dengan variasi konsentrasi oksigen. Proses ini menggunakan reaktor biofilter dengan media ring keramik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi oksigen terhadap penurunan BOD, COD, dan Nitrogen. Variasi waktu aerasi yang digunakan 2 jam, 4 jam, dan 6 jam dengan ketinggian media 10 cm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi waktu dan konsentrasi oksigen berpengaruh dalam penyisihan bahan organik. Penyisihan bahan organik yang paling baik terhadap BOD, COD, dan Nitrogen yang ada di variasi waktu aerasi 8 jam dan konsentrasi oksigen 7 mg/l sebesar 83,61%, 85,94%, dan 83,30%.

Kata Kunci : *Squenching Batch Reactor*, Biofilter, COD, BOD, dan Nitrogen

Rizki, Yulianto, 2016. Determination of Optimum Oxygen Concentration In Liquid Waste Processing System Slaughter House With Batch Biofilter Granular Squenching Reactor. Skripsi Environmental Engineering Department National Institute of Technology Malang.

ABSTRACT

Slaughter House is one of the places reserved for conducting slaughterhouses. The problems that arise from the abattoir that is the effluent produced in the form of solids and liquids that could potentially damage the environment. One effort that can be done to treat waste products Slaughter House is Sequenching Batch Reactor with various concentrations of oxygen. This process uses a biofilter reactor with ceramic ring media. This study aims to determine the effect of oxygen concentration to decrease BOD, COD, and nitrogen. The time variation of aeration is used 2 hours, 4 hours, and 6 hours with a height of 10 cm media. The results showed that the variation of time and oxygen concentration influence in the allowance for organic materials. Allowance for organic materials that are most kind to BOD, COD, and nitrogen in the aeration time variation of the oxygen concentration of 8 hours and 7 mg / l at 83.61%, 85.94% and 83.30%.

Key Words : *Sequenching Batch Reactor*, Biofilter, COD, BOD, dan Nitrogen

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Air Limbah.....	5
2.2. Limbah Cair Rumah Potong Hewan	5
2.3. Dampak Limbah Rumah Potong Hewan.....	6
2.4. Pengolahan Air Limbah Secara Biologi.....	7
2.5. Lumpur Aktif (<i>Activated Sludge</i>).....	8
2.6. <i>Sequencing Batch Reactor</i> (SBR)	12
2.7. <i>Sequencing Batch Biofilter Granular Reactor</i> (SBBGR).....	14
2.8. Biofilter	14
2.9. Media Filter	15
2.9.1. Ring Keramik.....	15
2.9.2. Karbon Aktif.....	16
2.9.3. Zeolite	16
2.9.4. Pasir Silika	17
2.10. Jenis – jenis Aktivasi Media.....	17
2.10.1 Aktivasi Secara Kimia	17
2.10.2. Aktivasi Secara Fisik	18
2.11. Aklimatisasi.....	18
2.12. Pertumbuhan Mikroba (<i>Seeding</i>)	19

2.13. Parameter Uji Pada Limbah Rumah Potong Hewan (RPH).....	21
2.13.1 BOD	21
2.13.2. COD.....	21
2.13.3. Nitrogen-Total	21
2.14. Metode – metode Analisis Parameter.....	22
2.14.1. Metode Titrimetri.....	22
2.14.2. Metode Kjeldahl	22
2.15. Analisis Data	23
2.15.1. Analisis Deskriptif	23
2.15.2. Analisis Korelasi.....	23
2.15.3. Analisis Penelitian	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Jenis Penelitian.....	25
3.2. Lokasi Penelitian	25
3.3. Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.3.1. Alat.....	25
3.3.2. Bahan	26
3.4. Variabel Penelitian.....	26
3.5. Pelaksanaan Penelitian.....	26
3.5.1. Proses Sampling.....	26
3.5.2. Persiapan Media Filter (Ring Keramik).....	27
3.5.3. Persiapan Alat Reaktor Biofilter.....	28
3.5.4. Pengujian Sampel Awal.....	28
3.5.5. Pembiakan Mikroba (<i>Seeding</i>).....	28
3.5.6. Aklimatisasi	29
3.5.7. <i>Permanganat Value</i>	29
3.5.8. <i>MLVSS (Mixed Liquor Volatile Solid)</i>	30
3.6. Analisis Parameter.....	31
3.6.1. COD	31
3.6.2. BOD.....	31
3.6.3. Nitrogen-Total	31

3.7. Analisis Data	31
3.8. Kerangka Penelitian	32

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH) Sebelum dilakukan Pengolahan.....	33
4.2. Pertumbuhan Mikroorganisme Pada Tahap <i>Seeding</i>	34
4.3. Penyisihan Bahan Organik Pada Tahap Aklimatisasi	35
4.4. Analisis Parameter.....	37
4.4.1. BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>).....	37
4.4.2. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	40
4.4.3. Nitrogen	43
4.5. Analisis Deskriptif.....	46
4.5.1. Pertumbuhan Mikroorganisme dan Penyisihan Pada Konsentrasi Oksigen 5 mg/l.....	46
4.5.2. Pertumbuhan Mikroorganisme dan Penyisihan Pada Konsentrasi Oksigen 7 mg/l.....	48
4.6. Hasil Uji Korelasi.....	50
4.6.1. Analisis Korelasi BOD	51
4.6.2. Analisis Korelasi COD	52
4.6.3. Analisis Korelasi Nitrogen.....	53
4.7. Analisis Anova One Way	55
4.7.1. Analisis BOD.....	55
4.7.2. Analisis COD.....	56
4.7.3. Analisis Nitrogen	57
4.8. Pembahasan	59
4.8.1. Pengaruh Jenis Media Ring Keramik dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l dan 7 mg/l Terhadap Pertumbuhan Mikroorganisme.....	59
4.8.2. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Penyisihan BOD dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l.....	60

4.8.3. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Penyisihan BOD dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l.....	61
4.8.4. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Penyisihan COD dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l.....	62
4.8.5. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Penyisihan BOD dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l.....	63
4.8.6. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Penyisihan Nitrogen dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l.....	64
4.8.7. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Penyisihan Nitrogen dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l.....	64

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya	6
Tabel 2.2 Permasalahan dalam <i>Activated Sludge Process</i>	11
Tabel 4.1 Kosentrasi Awal Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Desa Karang Ampel Kota Malang.....	33
Tabel 4.2 Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.....	34
Tabel 4.3 Jumlah MLVSS Selama Proses <i>Seeding</i> Pada Media Ring Keramik dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l	35
Tabel 4.4 Jumlah MLVSS Selama Proses <i>Seeding</i> Pada Media Ring Keramik dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l	35
Tabel 4.5 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor I	36
Tabel 4.6 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor II.....	37
Tabel 4.7 Data Presentase Penyisihan BOD dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l	37
Tabel 4.8 Data Presentase Penyisihan BOD dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l	39

Tabel 4.9 Data Presentase Penyisihan COD dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l	40
Tabel 4.10 Data Presentase Penyisihan COD dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l	42
Tabel 4.11 Data Presentase Penyisihan Nitrogen dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l	43
Tabel 4.12 Data Presentase Penyisihan Nitrogen dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l.....	45
Tabel 4.13 Analisa Anova Pengaruh Waktu Operasional dan Konsentrasi Oksigen Terhadap Presentase Penyisihan BOD	51
Tabel 4.14 Analisa Anova Pengaruh Waktu Operasional dan Konsentrasi Oksigen Terhadap Presentase Penyisihan COD	52
Tabel 4.15 Analisa Anova Pengaruh Waktu Operasional dan Konsentrasi Oksigen Terhadap Presentase Penyisihan Nitrogen	53
Tabel 4.16 Hasil Uji Korelasi Presentase Penyisihan BOD Pada Reaktor I Terhadap Waktu Operasional	54
Tabel 4.17 Hasil Uji Korelasi Presentase Penyisihan BOD Pada Reaktor II Terhadap Waktu Operasional	55
Tabel 4.18 Hasil Uji Korelasi Presentase Penyisihan COD Pada Reaktor I Terhadap Waktu Operasional	56
Tabel 4.19 Hasil Uji Korelasi Presentase Penyisihan COD Pada Reaktor II Terhadap Waktu Operasional	56
Tabel 4.20 Hasil Uji Korelasi Presentase Penyisihan Nitrogen Pada Reaktor I Terhadap Waktu Operasional	57
Tabel 4.21 Hasil Uji Korelasi Presentase Penyisihan Nitrogen Pada Reaktor II Terhadap Waktu Operasional	58
Tabel 4.22 Jumlah MLVSS Selama Proses <i>Seeding</i> Pada Media Ring Keramik dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l dan 7 mg/l.....	59

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Presentase Penyisihan BOD dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l	38
Grafik 4.2 Presentasi Penyisihan BOD dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l.....	39

Grafik 4.3 Presentasi Penyisihan COD dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l.....	41
Grafik 4.4 Presentase Penyisihan COD dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l	42
Grafik 4.5 Presentase Penyisihan Nitrogen dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l.....	44
Grafik 4.6 Presentase Penyisihan Nitrogen dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l.....	45
Grafik 4.7 Hasil Analisis <i>Mixed Liquor Volatil Suspended Solid</i> Pada Konsentrasi Oksigen 5 mg/l.....	47
Grafik 4.8 Hasil Analisis <i>Permanganate Value</i> (PV) Pada Konsentrasi Oksigen 5 mg/l.....	48
Grafik 4.9 Hasil Analisis <i>Mixed Liquor Volatil Suspended Solid</i> Pada Konsentrasi Oksigen 7 mg/l.....	49
Grafik 4.10 Hasil Analisis <i>Permanganate Value</i> (PV) Pada Konsentrasi Oksigen 7 mg/l.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pengolahan Menggunakan <i>Sequencing Batch Biofilter</i>	13
Gambar 2.2 Ring Keramik	15
Gambar 2.3 Karbon Aktif.....	16
Gambar 2.4 Batu Zeolite	17
Gambar 2.5 Pasir Silika.....	17

DAFTAR PUSTAKA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Meningkatnya pertumbuhan penduduk maka kebutuhan akan daging sebagai salah satu bahan makanan akan terus meningkat. Hal tersebut tentunya akan mendorong meningkatnya aktifitas dalam produksi daging. Salah satu usaha yang mendukung proses penyediaan daging di masyarakat adalah Rumah Potong Hewan (RPH) yang merupakan salah satu tempat yang disediakan untuk melaksanakan kegiatan pemotongan hewan sesuai dengan prosedur yang berlaku. Permasalahan yang timbul dari adanya rumah potong hewan yaitu adanya buangan yang dihasilkan dalam bentuk padatan dan juga cairan yang berpotensi merusak lingkungan baik dari segi biologis maupun dari segi estetika untuk lingkungan disekitarnya.

Penelitian yang dilakukan oleh *Suardana, 2007*, komposisi yang terdapat dalam limbah cair rumah potong hewan yaitu sisa pakan, kotoran sapi, darah, isi rumen, isi entestinal dan inter-tinalmucus. Dengan kriteria limbah cair seperti itu maka pengolahan yang ideal yaitu secara biologis. Salah satu metode pengolahan air limbah secara biologis yaitu dengan menggunakan SBR (*Sequencing Batch Reactor*). Sequencing Batch Reactor (SBR) merupakan sistem pengolahan lumpur aktif dengan operasi isi dan tuang. Sistem pengolahan ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan sistem lumpur aktif (Activated sludge) konvensional lainnya karena proses equalisasi, pengolahan biologi, pengendapan tahap dua terjadi dalam satu tangki dengan sistem waktu yang berurutan.

Penelitian yang dilakukan oleh *Helard, 2007* menunjukkan bahwa dengan sistem *Sequencing Batch Reactor* dalam variasi waktu perlakuan atas pereaksi dan pengendapan terhadap penyisihan senyawa organik dengan rasio waktu 4:4, 6:4, 4:6, dan 6:6 jam/jam cukup baik. Dikarenakan pada rasio waktu pereaksi 4jam dan pengendapan 4 jam menghasilkan penyisihan senyawa organik sebesar 60,58

%, rasio waktu pereaksi 6 jam dan pengendapan 4 jam menghasilkan penyisihan senyawa organik sebesar 88,68 %, rasio waktu pereaksi 4 jm dan pengendapan 6 jam menghasilkan penyisihan senyawa organik sebesar 66,35 %, dan rasio waktu pereaksi 6 jm dan pengendapan 6 jm menghasilkan penyisihan senyawa organik sebesar 71,94 %.

Penelitian yang dilakukan oleh Anwari, dkk, 2011, menunjukkan lamanya aerasi dapat menurunkan jumlah kadar BOD, COD, dan TSS, dengan kadar awal BOD sebesar 3468 mg/l, COD sebesar 9064 mg/l, dan TSS sebesar 1014 mg/l. Dalam waktu aerasi 120 menit atau 2 jam didapatkan penurunan BOD sebesar 5,8264 mg/l, COD sebesar 93,5567 mg/l, dan TSS sebesar 323 mg/l.

Penelitian Nurroisah, 2014 dengan menggunakan aerasi sistem tray dan filtrasi mampu mengurangi kadar COD dan TSS yang cukup baik. Dengan kadar awal COD 9848 mg/l dan TSS 4920 mg/l, setelah melewati sistem tersebut kadar COD dan TSS berkurang menjadi 4540 mg/l dan 2535 mg/l.

Penelitian yang dilakukan oleh Darmayanti, 2010, menunjukkan dengan waktu reaksi selama 4 jam, 6 jam, dan 8 jam pada metode SBR (*Sequencing Batch Reactor*) didapatkan penurunan kadar nitrogen pada 4 jam sebesar 39,29 %, 6 jam sebesar 49,32 %, dan 8 jam sebesar 23,27 %.

Penelitian Idaman Said, 2006 pada proses biofilter yang digunakan untuk limbah rumah potong hewan dengan hasil pemeriksaan sebelum melewati pengolahan dan setelah melewati pengolahan, didapatkan hasil konsentrasi COD sebelum diolah sebesar 558 mg/l dan setelah diolah menghasilkan konsentrasi COD 75,24 mg/l dengan efisiensi penurunan sebesar 86, 52 %. Konsentrasi angka permanganat di dalam air limbah yang masuk 304 mg/l setelah pengolahan turun menjadi 51,13 mg/l, dengan efisiensi penurunan 82, 85 %. Konsentrasi BOD di dalam air limbah yang masuk 261 mg/l dan sesudah pengolahan turun menjadi 29, 26 mg/l dengan efisiensi penurunan sebesar 88,79 %. Untuk total padatan tersuspensi (TSS), konsentrasi di dalam air limbah yang masuk 373 mg/l dan sesudah pengolahan turun menjadi 22,0 mg/l dengan efisiensi penurunan sebesar 94,10 %. Sedangkan pH air limbah yang masuk 6,98, sesudah pengolahan naik menjadi 7,31.

Berdasarkan penelitian tentang Rumah Potong Hewan (RPH) menggunakan *Sequencing Batch Reactor* (SBR), maka muncul ide studi untuk dapat mengetahui pengaruh konsentrasi oksigen yang digunakan pada *Squencing Batch Biofilter Granular Reactor* (SBBGR).

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Bagaimana pengaruh konsentrasi oksigen untuk menurunkan COD, BOD, dan N pada sistem *Sequencing Batch Reactor* dengan menggunakan ring keramik?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Mengetahui pengaruh konsentrasi oksigen untuk menurunkan COD, BOD, dan N pada sistem *Sequencing Batch Reactor* dengan menggunakan ring keramik.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi oksigen dalam menurunkan kadar konsentrasi COD, BOD, dan N pada sistem *Squencing Batch Biofilter Granular Reactor* (SBBGR).

1.5. Ruang Lingkup

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Air limbah yang digunakan berasal dari Rumah Potong Hewan (RPH) Desa Karang Ampel Kota Malang.
3. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi oksigen terhadap efisiensi COD, BOD, dan N dilakukan analisis MLVSS kemudian disesuaikan dengan *Standart Methodsfor Examination Water and Wastewater* (APHA) dan konsentrasi bahan organik.

4. Pengolahan secara biologis dengan sistem *Squenching Batch Biofilter Granular Reactor* (SBBGR).
5. Media biofilter yang digunakan yaitu media ring keramik.
6. Pengambilan sampel uji pada outlet reaktor biofilter yang dilakukan bervariasi berdasarkan waktu penelitian.
7. Variasi yang dilakukan :
 - Konsentrasi Oksigen: 5 mg/l dan 7 mg/l
 - KetinggianMedia : 10 cm
 - Waktu Aerasi : 4 jam, 6 jam, dan 8 jam
 - Waktu Pengisian : 2 jam
 - Waktu Pengendapan : 1 jam

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Air Limbah

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, limbah adalah sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya atau beracun yang karena sifat atau konsentrasinya dan jumlahnya baik secara langsung atau tidak langsung akan dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk lain.

Pengertian air limbah menurut Metcalf dan Eddy (2003) air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah-sampah cair yang berasal dari daerah pemukiman, perdagangan, perkantoran dan industri bersama-sama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada. Sedangkan menurut Permen Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair.

2.2. Limbah Cair Rumah Potong Hewan

Berdasarkan Permen LH No. 02 Tahun 2006, Rumah Potong Hewan (RPH) adalah suatu bangunan atau kompleks bangunan dengan desain dan konstruksi khusus yang memenuhi persyaratan teknis dan higienis tertentu serta digunakan sebagai tempat pemotongan hewan. Kegiatan yang berada pada Rumah Potong Hewan meliputi : pemotongan, pembersihan lantai tempat pemotongan, pembersihan kandang penampungan, pembersihan kandang isolasi, dan/atau pembersihan isi perut dan air sisa perendaman.

Pengertian dan kegiatan yang berada pada Rumah Potong Hewan dapat disimpulkan bahwa air limbah RPH adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan yang berwujud cair dan padat.

Sumber limbah yang berwujud cair berupa feses dan urine, darah, lemak, dan pencucian perkakas. Sedangkan sumber limbah yang berwujud padat berupa tulang, rambut, kuku, dan bagian pada yang disaring dari limbah cair. Limbah

pada kurang menyebabkan pencemaran karena umumnya dapat digunakan dan dimanfaatkan kembali (Faruq, 2014).

Tabel 2.1 Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya

BAKU MUTU AIR LIMBAH UNTUK INDUSTRI PENGOLAHAN DAGING	
Volume Limbah Cair Maximum per satuan produk 6 M ³ /ton produk	
Parameter	Kadar Maximum (mg/L)
BOD ₅	125
COD	250
TSS	100
Amonia (NH ₃ -N)	10
Minyak dan Lemak	5
pH	6-9

2.3. Dampak Limbah Rumah Potong Hewan

Beberapa akibat buruk yang ditimbulkan terhadap pengelolaan air limbah RPH yang buruk :

1) Akibat terhadap lingkungan

Air limbah memiliki sifat fisik, kimiawi dan biologi yang menjadi sumber pengotoran, sehingga bila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan pencemaran terhadap air permukaan, tanah atau habitat. Disamping itu air limbah sering menimbulkan bau yang tidak enak serta pemandangan yang tidak elok.

2) Akibat terhadap kesehatan masyarakat

Lingkungan yang tidak sehat akibat tercemar air limbah dapat menyebabkan gangguan terhadap kesehatan masyarakat. Air limbah dapat menjadi media tempat berkembang biaknya mikroorganisme patogen, larva nyamuk ataupun serangga lainnya yang dapat menjadi media transmisi penyakit, terutama penyakit-penyakit yang penularannya

melalui air yang tercemar seperti kholera, typhus abdominalis, dysentri baciler, dan sebagainya.

3) Akibat terhadap sosial-ekonomi

Keadaan lingkungan yang tercemar oleh air limbah menyebabkan perasaan yang tidak aman dan nyaman. Sebagai akibatnya, kesehatan manusia terganggu dan menjadi kurang produktif. Sedangkan perkembangan sosial ekonomi masyarakat tergantung dari tenaga kerja yang sehat dan produktif. (Alfi Roniadi, dkk, 2013)

2.4. Pengolahan Air Limbah Secara Biologi

Proses pengolahan air limbah secara biologi adalah proses yang dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), kondisi anaerobik (tanpa udara) atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Proses biologis aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan proses biologis anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi.

Pengolahan air limbah biologis secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga yakni proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*) dan proses pengolahan dengan sistem lagoon atau kolam. (Nusa Idaman Said, 2000)

- a) Proses biologis dengan biakan tersuspensi adalah sistem pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikroorganisme yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reaktor. Beberapa contoh proses pengolahan dengan sistem ini antara lain : proses lumpur aktif standar/konvensional (*standard activated sludge*), *step aeration*, *contact stabilization*, *extended aeration*, dan *oxidation ditch* (kolam oksidasi sistem parit)
- b) Proses biologis dengan biakan melekat yakni proses pengolahan limbah dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media.

Beberapa contoh teknologi pengolahan air limbah dengan cara ini antara lain : *trickling filter* atau biofilter, *rotating biological contactor* (RBC), dan *contact aeration/oxidation* (aerasi kontak).

- c) Proses pengolahan air limbah secara biologis dengan lagoon atau kolam adalah dengan menampung air limbah pada suatu kolam yang luas dengan waktu tinggal yang cukup lama sehingga dengan aktifitas mikroorganisme yang tumbuh secara alami, senyawa polutan yang ada dalam air akan terurai. Untuk mempercepat proses penguraian senyawa polutan atau memperpendek waktu tinggal dapat juga dilakukam proses aerasi. Salah satu contoh proses pengolahan air limbah dengan cara ini adalah kolam aerasi atau kolam stabilisasi (*stabilization pond*). Proses dengan sistem lagoon tersebut kadang-kadang dikategorikan sebagai proses biologis dengan biakan tersuspensi.

2.5. Lumpur Aktif (*Activated Sludge*)

Lumpur aktif (*activated sludge*) adalah proses pertumbuhan mikroba tersuspensi. Proses ini pada dasarnya merupakan pengolahan aerobik yang mengoksidasi material organik menjadi CO_2 , H_2O , NH_4 , dan sel biomassa baru. Proses ini menggunakan udara yang disalurkan melalui pompa blower (*diffused*) atau melalui aerasi mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang akan mengendap di tangki penjernihan. Kemampuan bakteri dalam membentuk flok menentukan keberhasilan pengolahan limbah secara biologi, karena akan memudahkan pemisahan partikel dan air limbah. Lumpur aktif dicirikan oleh beberapa parameter, antara lain, Indeks Volume Lumpur dan *Stirred Sludge Volume Index*. Beberapa variabel operasional yang diperhatikan pada proses lumpur aktif diantaranya sebagai berikut :

a. Beban BOD (*BOD Loading Rate* atau *Volumetric Loading Rate*)

Beban BOD adalah jumlah massa BOD di dalam air limbah yang masuk (*influent*) dibagi dengan volume reaktor Beban BOD dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Beban BOD} = \frac{Q \times S_0}{V} \text{ kg/m}^3 \times \text{hari}$$

Dengan :

Q = debit air limbah yang masuk (m³/hari)

S₀ = konsentrasi BOD dalam air limbah yang masuk (kg/m³)

V = volume reaktor (m³)

b. *Mixed-Liquor Suspended Solid (MLSS)*

Campuran antara air limbah, biomassa, dan padatan tersuspensi lainnya yang berada di bak aerasi pada proses pengolahan air limbah sering disebut *mixed liquor*. Sedangkan MLSS merupakan jumlah total dari padatan tersuspensi yang berupa material organik, mineral, serta mikroorganisme. MLSS dapat diketahui kadarnya dengan gravimetri, yaitu dengan cara menyaring lumpur dengan cara filtrasi, dikeringkan pada temperatur 105 °C, dan ditimbang agar diketahui massanya.

c. *Mixed-Liquor Volatile Suspended Solids (MLVSS)*

MVLSS merupakan material organik yang terkandung dalam MLSS, tanpa mikroba hidup, mikroba mati, serta hancuran sel. MVLSS diukur dengan memanaskan sampel filter yang telah kering pada temperatur 600-650 °C. Nilai dari MVLSS biasanya mendekati 65-75% dari MLSS.

d. *Food to Microorganism Ratio atau Food to Mass Ratio (F/M Ratio)*

Parameter ini menunjukkan jumlah zat organik (BOD) yang hilang dibagi dengan jumlah mikroorganisme di dalam bak aerasi. Besarnya nilai *F/M ratio* umumnya ditunjukkan dalam kg BOD per kg MLSS per hari. Nilai *F/M ratio* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$F/M = \frac{Q (S_0 - S)}{MLSS \times V}$$

Dengan :

Q = debit air limbah yang masuk (m³/hari)

S₀ = konsentrasi BOD dalam air limbah yang masuk (kg/m³)

V = volume reaktor (m³)

S = konsentrasi BOD dalam *effluent* (kg/m³)

MLSS = *Mixed liquor suspended solid* (kg/m³)

e. *Hydraulic Retention Time (HRT)*

Waktu tinggal hidraulik (HRT) merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh *influent* pada tangki aerasi untuk menjalani proses lumpur aktif. Nilai HRT berbanding terbalik terhadap laju pengenceran.

$$\text{HRT} = \frac{1}{D} = \frac{V}{Q}$$

Dengan:

V = volume reaktor atau bak aerasi (m³)

Q = debit air limbah yang masuk bak aerasi (m³/jam)

D = laju pengenceran (jam⁻¹)

f. *Hydraulic Recycle Ratio / Rasio Sirkulasi Lumpur (HRT)*

Rasio sirkulasi lumpur adalah perbandingan antara jumlah lumpur yang disirkulasikan ke dalam bak aerasi dengan jumlah air limbah yang masuk ke dalam bak aerasi.

g. *Sludge Age (Umur Lumpur)*

Umur lumpur biasa dikenal juga dengan waktu tinggal rata-rata sel (*mean cell residence time*). Parameter ini menunjukkan waktu tinggal rata-rata mikroorganisme dalam sistem lumpur aktif. Jika HRT memerlukan waktu dalam jam, maka waktu tinggal sel mikroba dalam bak aerasi dapat mencapai hitungan hari. Parameter ini berbanding terbalik dengan laju pertumbuhan mikroba. Umur lumpur dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Umur Lumpur(hari)} = \frac{\text{MLSS} \times V}{\text{SS}_e \times Q_e + \text{SS}_w \times Q_w}$$

Dengan :

MLSS = *Mixed Liquor Suspended Solid* (mg/L)

V = volume reaktor atau bak aerasi (m³)

Q_w = laju *influent* air limbah (m³/hari)

Q_e = laju *effluent* air limbah (m³/hari)

SS_e = padatan tersuspensi dalam *effluent* (mg/L)

SS_w = padatan tersuspensi dalam *influent* (mg/L)

h. Kebutuhan Oksigen

Dalam kondisi aerob, oksigen dibutuhkan dalam metabolisme untuk menguraikan sumberkarbon dan sumber nitrogen. Pada peristiwa denitrifikasi, oksigen dapat disimpan dalam tubuh mikroba.

i. Pengaruh Temperatur

Temperatur cukup berpengaruh terhadap aktivitas biologis pada lumpur aktif. Temperatur operasi harus sesuai dengan mikroorganisme yang berada di lumpur aktif, namun jika dibandingkan dengan sistem lain, proses lumpur aktif tidak terlalu sensitif terhadap perubahan temperatur. Jika kondisi operasi optimum mikoba tidak sesuai dengan kondisi operasi sistem, maka dapat dilakukan aklimatisasi terhadap mikroba. Aklimatisasi merupakan proses adaptasi mikroba hingga dapat tumbuh pada kondisi operasi yang diinginkan secara bertahap.

j. Pengaruh Aliran

Besarnya aliran *influent* yang masuk harus dikontrol agar sesuai dengan kemampuan mikroba dalam mengonsumsi komponen organik dalam limbah dan selanjutnya mengendap. Tingginya aliran dapat mempersingkat waktu pengolahan, namun jika aliran terlalu tinggi dapat menyebabkan mikroorganisme keluar hingga *clarifier*.

Permasalahan yang sering timbul pada proses lumpur aktif dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Permasalahan dalam *Activated Sludge Process*

No.	Masalah	Penyebab Masalah	Pengaruh terhadap Sistem
1	Pertumbuhan terdispersi (<i>Dispersed Growth</i>)	Mikroorganisme dalam <i>sludge</i> tidak membentuk flok, namun terdispersi menjadi flok kecil sehingga sulit mengendap.	<i>Effluent</i> menjadi tidak keruh, <i>sludge</i> yang mengendap pada bak pengendapan akhir sedikit sehingga jumlah sirkulasi lumpur berkurang
2	<i>Nonfilamentous bulking</i>	Mikroorganisme berada dalam jumlah yang besar dan membentuk eksopolisakarida dalam jumlah besar (biofilm)	Kecepatan pengendapan lumpur berkurang. Pada kondisi buruk dapat mengakibatkan lumpur terlepas dari bak pengendapan akhir.
3	<i>Pinpoint Floc</i>	Terbentuk flok berbentuk bola kasar dengan ukuran yang	SVI rendah, efluen keruh

		sangat kecil dan kompak. Ukuran flok yang lebih besar mempunyai kecepatan pengendapan yang lebih besar, sedangkan agregat yang lebih kecil akan lebih lama mengendap.	
4	<i>Rising Sludge</i>	Ekses dari proses denitrifikasi sehingga partikel lumpur menempel pada gelembung gas nitrogen yang terbentuk dan naik ke permukaan.	Efluen yang keruh, menurunkan efisiensi penghilangan BOD
5	<i>Foaming or Scum Formation</i>	Terdapat senyawa surfaktan yang tidak dapat terurai, serta akibat berkembang biaknya <i>Nocardia</i> dan <i>Miclothrix parvicella</i>	Terjadi buih pada permukaan bak aerasi dalam jumlah yang besar dan dapat meluap menuju bak pengendapan akhir.
6	<i>Filamentous Bulking</i>	Terjadi ekses pertumbuhan mikroorganisme berfilamen dengan jumlah besar	Mengurangi efektivitas kompaksi lumpur

Sumber : Artikel, Rahayu Ningtyas

2.6. Sequencing Batch Reactor (SBR)

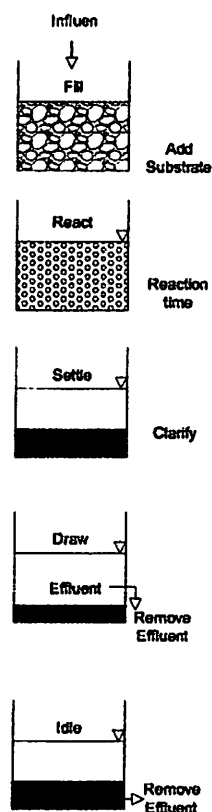
Sistem sequencing batch reactor (SBR) aerob bukanlah sistem baru. Sistem ini telah mendahului pemakaian bioreaktor lumpur aktif aliran kontinu. Sistem tersebut mempunyai proses pengolahan yang terdiri dari isi (fill), reaksi (react), endap (settle), buang (draw), dan siaga (idle).

Pada saat fill, influen air limbah dimasukkan ke dalam biomassa sehingga volume air di dalam tangki bertambah hingga taraf maksimum. Ada tiga cara fill yaitu static fill (tanpa pengadukan atau aerasi), mixed fill (pengadukan tanpa aerasi), dan aerated fill. Tahap fill dihentikan jika tangki sudah penuh. Reaksi biokimia yang dimulai pada saat fill akan selesai selama tahap react. Reaksi dibedakan menjadi dua, bergantung pada konsentrasi oksigen terlarut: mixed react (konsentrasi oksigennya rendah atau kondisi anoxic /anaerobic), dan aerated react

(konsentrasi oksigennya tinggi). Pembuangan lumpur atau sludge selama react adalah cara yang sederhana untuk mengendalikan umur lumpur. Akhir dari fase reaksi ditentukan oleh waktu atau taraf air di dalam tangki.

Fase endap (settle). Selama fase ini terjadi pemisahan lumpur di dalam tangki dengan volume lebih dari 10 kali daripada klarifir konvensional yang digunakan di dalam activated sludge konvensional. Perlakuan ini menjamin lapisan lumpur (sludge blanket) tetap tertinggal di dalam tangki pada saat fase buang (draw) dan tidak ikut meluap sebelum proses draw selesai.

Setelah proses draw selesai, tangki siap menerima masukkan air limbah yang baru. Pada beberapa modifikasi SBR, setelah tuntas tahap draw, tangki harus menunggu air limbah terlebih dahulu. Dengan proses pengolahan air limbah menggunakan tahapan atau fase tersebut maka disebut siaga (idle) dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses Pengolahan menggunakan *Sequencing Batch Biofilter*

2.7. Sequencing Batch Biofilter Granular Reactor (SBBGR)

Sequencing Batch Biofilter Granular Reactor (SBBGR) adalah sistem baru yang dikembangkan untuk mengolah polutan air limbah yang digambarkan oleh efisiensi maksimum, produksi lumpur minimum dan biaya keseluruhan yang rendah. Hal ini didasarkan pada sebuah biofilter tercelup dengan biomassa granular aerobik yang bekerja mengisi dan menarik.

Keuntungan dari teknologi SBBGR (Sequencing Batch Biofilter Granular Reaktor) tersebut adalah:

- Kapasitas konversi yang tinggi dengan penurunan konsentrasi biomassa dalam reaktor karena karakteristik dari biomassa yang tumbuh tinggi (Di Iaconi et al, 2005b.)
- Tingkat kekompakan tinggi, karena semua langkah-langkah pengolahan biologis (penghapusan karbon, nitrogen removal, sedimentasi sekunder) dapat untuk dilakukan di unit operasi tunggal (Ramadori et al, 2005.)
- Pemilihan biomassa yang sangat efektif untuk menurunkan senyawa beracun dan juga dapat digunakan dalam mengolah limbah cair industri (Ellis et al, 1996 dan Irvine et al, 1997.)
- Fleksibilitas yang besar, yang memungkinkan pengolahan air limbah, seperti lindi, dengan laju alir volumetrik variabel dan komposisi.
- Penurunan produksi sludge (Ramadori et al., 2005).

2.8. Biofilter

Biofilter adalah teknologi pengolahan air limbah dengan memanfaatkan pertumbuhan mikroorganisme melekat pada suatu media membentuk suatu lapisan biofilm. Proses pengolahan limbah ini terdiri dari paking reaktor, media penyangga, biofilm, dan aliran air limbah. Media berfungsi sebagai tempat tumbuh mikroorganisme membentuk film biologis yang terdiri dari bakteri, jamur, ganggang, dan protozoa. Pengaliran air limbah dalam media penyangga membawa substrat yang berfungsi sebagai bahan makanan mikroorganisme sehingga air limbah terdegradasi menghasilkan biomassa, karbondioksida, dan air. Jenis media yang sering digunakan adalah material yang memiliki permukaan kasar seperti kerikil atau batu kali.

Kelebihan dari biofilter dibandingkan dengan reaktor dengan sistem pertumbuhan mikroba tersuspensi antara lain:

- 1) Memberikan resiko yang kecil dari efek penurunan biomassa dalam reaktor akibat gangguan proses, karena biomassa akan tetap melekat pada media meskipun ada kejutan pada karakteristik air limbah.
- 2) Mudah dalam pengoperasian dan perawatannya.
- 3) Lebih cepat dalam proses restart-up setelah pemberhentian proses.
- 4) Memiliki waktu tinggal biomassa yang lebih lama.
- 5) Mudah mengontrol beban hidrolis pada biofilm dari pada dengan sistem trickling filter.

2.9. Media Filter

Media filter air merupakan bahan yang mempunyai fungsi penting untuk filter air atau alat penjernih air atau penyaring air. Bahan media filter air sangat bermacam – macam sesuai dengan permasalahan. Contoh jenis media filter air antara lain: ring keramik, karbon aktif, zeolite, pasir silika dan lain – lain.

2.9.1. Ring Keramik

Ring Keramik berbentuk seperti cincin dan bagian tengahnya berupa silinder dengan lubang dibagian tengah. Keramik ring ini area permukaannya luas dan berpori maksimum dengan ukuran sempurna yang berfungsi menghasilkan pertumbuhan bakteri didalam dan luarnya dan mampu mengurangi ammonia yang berbahaya serta dapat dimaksimalkan untuk fungsi filter. Mempunyai diameter rongga luar 1 cm, diameter rongga dalam 0,5 cm, dan panjang 2 cm dapat dilihat pada gambar 2.2 ring keramik.

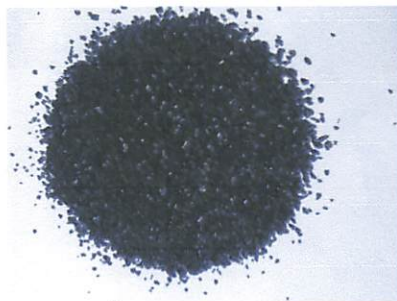


Gambar 2.2 Ring Keramik

2.9.2. Karbon Aktif

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsi dengan melakukan proses karbonisasi dan aktivasi. Pada proses tersebut terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaan.

Karbon aktif terdiri dari 87 - 97 % karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain yang terbentuk dari proses pembuatan. Volume pori-pori karbon aktif biasanya lebih besar dari 0,2 cm³/gram. Sedangkan luas permukaan internal karbon aktif yang telah diteliti umumnya lebih besar dari 400 m²/gr dan bahkan bisa mencapai di atas 1000 m²/gr.



Gambar 2.3 Karbon Aktif

2.9.3. Zeolite

Zeolit adalah senyawa zat kimia alumino-silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium dan barium. Secara umum, Zeolit memiliki molekular struktur yang unik, dimana atom silikon dikelilingi oleh 4 atom oksigen sehingga membentuk semacam jaringan dengan pola yang teratur.

Zeolit juga memiliki batas kemampuan dalam mengikat amonia dari kolam, karena itu zeolite perlu dilakukan "recharge" kembali agar bisa berfungsi kembali sebagai pengikat amonia. Recharge zeolit dilakukan dengan merendam amonia dengan air garam. Zeolit diambil dari filter dan direndam pada air garam selama satu malam. Konsentrasi garam kurang lebih 100 gram garam pada 4 liter air. Pada saat zeolite direndam air garam, amonia yang diikat zeolit akan dibebaskan.



Gambar 2.4 Batu Zeolite

2.9.4. Pasir Silika

Pasir Silika Adalah Jenis Pasir yang memiliki banyak manfaat untuk kehidupan manusia. Sebagai contoh pasir silika bisa digunakan untuk bahan baku kaca, keramik bahkan untuk saringan filter air.



Gambar 2.5 Pasir Silika

2.10. Jenis – jenis Aktivasi Media

2.10.1. Aktivasi Secara Kimia

Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Aktivasi secara kimia biasanya menggunakan bahan-bahan pengaktif seperti garam kalsium klorida (CaCl_2), magnesium klorida (MgCl_2), seng klorida (ZnCl_2), natrium hidroksida (NaOH), natrium karbonat (Na_2CO_3) dan natrium klorida (NaCl).

Kerugian penggunaan bahan-bahan mineral sebagai pengaktif terletak pada proses pencucian bahan-bahan mineral tersebut kadang-kadang sulit dihilangkan lagi dengan pencucian sedangkan keuntungan penggunaan bahan-bahan mineral sebagai pengaktif adalah waktu aktivasi yang relatif pendek, karbon aktif yang dihasilkan lebih banyak dan daya adsorpsi terhadap suatu adsorbat akan lebih baik.

Bahan-bahan pengaktif tersebut berfungsi untuk mendegradasi atau penghidrasi molekul organik selama proses karbonisasi, membantu dekomposisi senyawa organik pada aktivasi berikutnya, dehidrasi air yang terjebak dalam rongga-rongga karbon, membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses karbonisasi dan melindungi permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi.

2.10.2. Aktivasi Secara Fisik

Aktivasi fisik merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO₂. Metode aktivasi secara fisik antara lain dengan menggunakan uap air, gas karbon dioksida, oksigen, dan nitrogen. Gas-gas tersebut berfungsi untuk mengembangkan struktur rongga yang ada pada media sehingga memperluas permukaannya, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan membuang hidrokarbon pengotor pada media.

Aktivasi fisik dapat mengubah material yang telah dikarbonisasi dalam sebuah produk yang memiliki luas permukaan yang luar biasa dan struktur pori. Tujuan dari proses ini adalah mempertinggi volume, memperluas diameter pori yang terbentuk selama karbonisasi dan dapat menimbulkan beberapa pori yang baru. Fluidized bed reactor dapat digunakan untuk proses aktivasi fisika.

2.11. Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian diri oleh mikroorganisme terhadap lingkungan barunya dan berakhir ketika proses adaptasi sejumlah bakteri aktif dengan air limbah telah menunjukkan kestabilan.

Analisa terhadap bahan organik dilakukan untuk mengetahui perkembangan penguraian bahan organik. Kegiatan ini dilakukan melalui pengukuran permanganat value (PV) selama aklimatisasi sampai kondisi *steady state* dicapai. Kondisi *steady state* merupakan suatu kondisi dimana penyisihan zat organik yang dikonsumsi oleh mikroorganismenya mendekati harga yang stabil atau konstan. Apabila penyisihan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil

dengan perbedaan tidak lebih dari 10% angka *permanganat value* nya, maka dapat dikatakan bahwa kondisi telah *steady state*.

Untuk mengetahui bahan organik digunakan persamaan :

$$\text{Penyisihan Bahan Organik} = \frac{\text{konsentrasi Awal-Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100 \%$$

Keterangan :

- Nilai penyisihan (-) terjadi peningkatan bahan organik, berarti tidak terjadi penyisihan bahan organik.
- Nilai penyisihan (+) terjadi penurunan bahan organik.

2.12. Pertumbuhan Mikroba (*Seeding*)

Pertumbuhan pada mikroorganisme diartikan sebagai penambahan jumlah atau total massa sel yang melebihi inokulum asalnya. Pertumbuhan merupakan suatu proses kehidupan yang irreversible artinya tidak dapat dibalik kejadiannya. Pertumbuhan didefinisikan sebagai pertambahan kuantitas konstituen seluler dan struktur organisme yang dapat dinyatakan dengan ukuran, diikuti pertambahan jumlah, pertambahan ukuran sel, pertambahan berat atau massa dan parameter lain. Pertumbuhan mikroba dalam suatu medium mengalami fase-fase yang berbeda, yang berturut-turut disebut dengan fase lag, fase eksponensial, fase stasioner dan fase kematian.

Faktor – faktor yang mempengaruhi Pertumbuhan Mikroba :

1. Tingkat keasaman (pH)

Kebanyakan mikroba tumbuh baik pada pH sekitar netral dan pH 4,6 – 7,0 merupakan kondisi optimum untuk pertumbuhan bakteri.

2. Suhu

Merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroba. Setiap mikroba mempunyai kisaran suhu dan suhu optimum tertentu untuk pertumbuhannya. Berdasarkan kisaran suhu pertumbuhan, mikroba dibedakan atas tiga kelompok sebagai berikut:

- Psikrofil, yaitu mikroba yang mempunyai kisaran suhu pertumbuhan pada suhu 0-20 °C.

- Mesofil, yaitu mikroba yang mempunyai kisaran suhu pertumbuhan 20 - 45 °C.

- Termofil, yaitu mikroba yang suhu pertumbuhannya diatas 45 °C.

Kebanyakan mikroba perusak pangan merupakan mikroba mesofil, yaitu tumbuh baik pada suhu ruangan atau suhu kamar. Bakteri pathogen umumnya mempunyai suhu optimum pertumbuhan sekitar 37 °C, yang juga adalah suhu tubuh manusia. Oleh karena itu suhu tubuh manusia merupakan suhu yang baik untuk pertumbuhan beberapa bakteri pathogen. Mikroba perusak dan pathogen umumnya dapat tumbuh pada kisaran suhu 4 - 66°C.

3. Nutrient

Mikroba sama dengan makhluk hidup lainnya, memerlukan suplai nutrisi sebagai sumber energi dan pertumbuhan selnya. Unsur-unsur dasar tersebut adalah : karbon, nitrogen, hidrogen, oksigen, sulfur, fosfor, zat besi dan sejumlah kecil logam lainnya. Ketiadaan atau kekurangan sumber-sumber nutrisi ini dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba hingga pada akhirnya dapat menyebabkan kematian. Kondisi tidak bersih dan higienis pada lingkungan adalah kondisi yang menyediakan sumber nutrisi bagi pertumbuhan mikroba sehingga mikroba dapat tumbuh berkembang di lingkungan seperti ini. Oleh karena itu, prinsip daripada menciptakan lingkungan bersih dan higienis adalah untuk mengeliminir dan meminimalisir sumber nutrisi bagi mikroba agar pertumbuhannya terkendali.

4. Oksigen

Mikroba mempunyai kebutuhan oksigen yang berbeda-beda untuk pertumbuhannya. Berdasarkan kebutuhannya akan oksigen, mikroba dibedakan atas 4 kelompok sebagai berikut:

- Aerob, yaitu mikroba yang membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya.

- Anaerob, yaitu mikroba yang tumbuh tanpa membutuhkan oksigen.

- Anaerob fakultatif, yaitu mikroba yang dapat tumbuh dengan atau tanpa adanya oksigen.

- Mikroaerofil, yaitu mikroba yang membutuhkan oksigen pada konsentrasi yang lebih rendah daripada konsentrasi oksigen yang normal di udara. Mikroba perusak pangan sebagian besar tergolong aerob, yaitu membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya, kecuali bakteri yang dapat tumbuh pada saluran pencernaan manusia yang tergolong anaerob fakultatif.

2.13. Parameter Uji Pada Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)

2.13.1. BOD

Biochemical Oxygen Demand (BOD), merupakan parameter untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktivitas mikroba dalam menguraikan zat organik secara biologis di dalam limbah cair. Limbah cair industri rumah potong hewan mengandung bahan-bahan organik terlarut yang tinggi.

2.13.2. COD

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator (misal kalium dikromat) untuk mengoksidasi seluruh material baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam air. Jika kandungan senyawa organik dan anorganik cukup besar, maka oksigen terlarut di dalam air dapat mencapai nol sehingga tumbuhan air, ikan-ikan dan hewan air lainnya yang membutuhkan oksigen tidak memungkinkan hidup.

2.13.3. Nitrogen-Total

Nitrogen-Total (N-Total) yaitu fraksi bahan-bahan organik campuran senyawa kompleks antara lain asam-asam amino, gula amino, dan protein (polimer asam amino). Dalam analisis limbah cair, N-Total terdiri dari campuran N-organik, N-amonia, nitrat dan nitrit. Nitrogen organik dan nitrogen amonia dapat ditentukan secara analitik menggunakan metode Kjeldahl, sehingga lebih lanjut konsentrasi total keduanya dapat dinyatakan sebagai Total Kjeldahl Nitrogen (TKN). Senyawa-senyawa N-

Total adalah senyawa-senyawa yang mudah terkonversi menjadi amonium (NH_4^+) melalui aksi mikroorganisme dalam lingkungan air atau tanah.

2.14. Metode – Metode Analisis Parameter

2.14.1. Metode Titrimetri

Titrimetri merupakan suatu metode analisa kuantitatif, didasarkan pada pengukuran volume titran yang bereaksi sempurna dengan analit. Dalam percobaan di laboratorium sering ditemukan dengan yang disebut dengan titrasi. titrasi sendiri merupakan suatu metoda untuk menentukan kadar suatu zat dengan menggunakan zat lain yang sudah diketahui konsentrasinya. Titrasi biasanya dibedakan berdasarkan jenis reaksi yang terlibat di dalam proses titrasi, sebagai contoh bila melibatkan reaksi asam basa maka disebut sebagai titrasi asam basa, titrasi redoks untuk titrasi yang melibatkan reaksi reduksi oksidasi, titrasi kompleksometri untuk titrasi yang melibatkan pembentukan reaksi kompleks dan lain sebagainya. (*arifah Nurfitriyah, 2014*)

2.14.2. Metode Kjeldahl

Metode Kjeldahl merupakan metode yang sederhana untuk penetapan nitrogen total pada asam amino, protein, dan senyawa yang mengandung nitrogen. Sampel didestruksi dengan asam sulfat dan dikatalisis dengan katalisator yang sesuai sehingga akan menghasilkan amonium sulfat. Setelah pembebasan dengan alkali kuat, amonia yang terbentuk disuling uap secara kuantitatif ke dalam larutan penyerap dan ditetapkan secara titrasi. metode ini cocok digunakan secara semimikro, sebab hanya memerlukan jumlah sampel dan pereaksi yang sedikit dan waktu analisa yang pendek.

Cara Kjeldahl digunakan untuk menganalisis kadar protein kasar dalam bahan makanan secara tidak langsung, karena yang dianalisis dengan cara ini adalah kadar nitrogennya. (*ardyan sukma, 2011*)

2.15. Analisis Data

2.15.1. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif memiliki tujuan untuk memberikan gambaran (deskripsi) yang mengenai suatu data agar yang tersaji menjadi mudah dipahami dan informatif bagi orang yang membaca. Analisis deskriptif menjelaskan berbagai karakteristik data seperti rata – rata (*mean*), jumlah (*sum*), simpangan baku (*standard deviation*), varians (*variance*), rentang (*range*), nilai minimum dan maximum.

Analisis deskriptif ini terdiri dari frequencies, descriptive, explore, crosstabs, dan ratio. Analisis – analisis tersebut sudah ada pada option menu – menu dalam software pengolahan data statistik yang sering digunakan. Salah satu program olah data yang sering digunakan adalah SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*). SPSS merupakan program aplikasi computer untuk menganalisis data yang digunakan pada berbagai disiplin ilmu, terutama untuk analisis statistika. SPSS untuk menganalisis serta menampilkan angka – angka hasil perhitungan statistik, grafik, tabel dengan berbagai model, baik variabel tunggal atau hubungan antara satu variabel dengan variabel lain.

2.15.2. Analisis Korelasi

Korelasi merupakan teknik analisis yang termasuk dalam salah satu teknik pengukuran asosiasi / hubungan (*measures of association*). Korelasi juga bermanfaat untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel dengan skala-skala tertentu, misalnya Pearson data harus berskala interval atau rasio, Spearman dan Kendal menggunakan skala ordinal, Chi Square menggunakan data nominal. Kuat lemah hubungan diukur diantara jarak 0 sampai dengan 1. Korelasi mempunyai kemungkinan pengujian hipotesis dua arah (*two tailed*). Korelasi searah jika nilai koefisien korelasi ditemukan positif, sebaliknya jika nilai koefisien korelasi negatif korelasi disebut tidak searah.

2.15.3. Analisis Penelitian

Analisis Penelitian merupakan analisis tentang penyelidikan mendalam dengan memaparkan data atau fakta yang ada untuk kemudian dicari keterkaitan antara data – data tersebut. Pengertian analitis ini memiliki karakter sebagai penelitian untuk lebih memahami keadaan yang sebenarnya dan biasanya analisi ini menggunakan program yaitu minitab dengan menentukan *anova one way* atau *anova two way*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sistem *Squenching Batch Biofilter Granular Reactor* (SBBGR) dalam skala laboratorium.

3.2. Lokasi Penelitian

Adapun lokasi-lokasi yang digunakan sebagai tempat penelitian adalah sebagai berikut :

1. Rumah Potong Hewan (RPH) Desa Karang Ampel Kota Malang, sebagai titik pengambilan sampel limbah cair.
2. Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang merupakan tempat penelitian, yaitu unit *Squenching Batch Biofilter Granular Reactor* (SBBGR).
3. Laboratorium Mikrobiologi ITN Malang. Merupakan tempat penelitian untuk menganalisa jumlah dan bentuk mikroorganisme.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1. Alat

a. Reaktor Biofilter

Reaktor biofilter yang digunakan berbentuk persegi panjang dengan tinggi 70 cm berbahan kaca. Digunakannya reaktor ini sebagai tempat limbah cair rumah potong hewan untuk di analisis pembentukan lapisan biofilm.

b. Reservoir

Reservoir yang digunakan untuk menampung air proses limbah sebanyak 1 buah yang memiliki volume minimal 70 liter. Reservoir yang bervolume 70 liter diletakkan diatas menara bertujuan untuk mengalirkan air limbah secara gravitasi.

3.3.2. Bahan

- a. Limbah cair didapatkan dari bak penampung yang ada di Rumah Potong Hewan (RPH) Desa Karang Ampel Kota Malang.
- b. Media Ring Keramik sebagai media biofilter.

3.4. Variabel Penelitian

1. Variabel terikat (*Dependent Variable*)
 - COD
 - BOD
 - Nitrogen
2. Variabel bebas (*Independent Variable*)
 - Variasi konsentrasi oksigen : 5 mg/l dan 7 mg/l
 - Waktu Aerasi : 4 jam, 6 jam, dan 8 jam
3. Variabel tetap (*Fixed Variable*)
 - Waktu Pengisian Reaktor : 2 jam
 - Waktu Pengendapan : 1 jam

3.5. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut :

3.5.1. Proses Sampling

Pengambilan sampel dilakukan pada 03.00-07.00, karena pada waktu tersebut aktifitas pemotong hewan telah selesai dilakukan, sehingga air limbah yang dihasilkan memiliki volume yang besar dan mencukupi kebutuhan pengambilan sampel.

1. Persiapan pengambilan sampel

Yang harus dipersiapkan dalam pengambilan sampel adalah wadah untuk mengambil sampel. Wadah yang akan digunakan untuk mengambil sampel harus bersih dan tidak boleh mengandung sisa-sisa dari bekas sampel terdahulu, terutama tumbuhnya lumut dan jamur

harus dicegah sekaligus kontaminasi dari logam. Wadah pengambil sampel setelah dibersihkan dibilas terlebih dahulu dengan aquadest.

2. Pengambilan sampel

Titik sampling dilakukan pada bak penampung air limbah rumah potong hewan, karena sampel air buangan yang diambil harus homogen maka sebelum melakukan pengambilan sampel air pada bak tersebut diaduk terlebih dahulu agar homogen.

3.5.2. Persiapan Media Filter

Sebelum penelitian dilakukan, persiapan dan perlakuan terhadap alat dan media yang akan digunakan haruslah menjadi suatu perhatian yang penting agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan perencanaan. Media-media yang akan digunakan harus diperhatikan dan diperlakukan sesuai dengan kriteria yang telah direncanakan. Sebelum media digunakan, seperti ring keramik harus dicuci sebelum dimasukkan ke dalam filter. Hal ini bertujuan untuk agar media yang digunakan dalam keadaan bersih dan steril dari bakteri dan kotoran lainnya.

3.5.2.1. Ring Keramik

Tahap pengeringan untuk media ring keramik dilakukan , proses Aktivasi dengan bahan-bahan kimia yang sesuai dengan prosedur di bawah ini:

1. Media dicuci dengan air bersih sampai kotoran yang menempel pada media hilang.
2. Dikeringkan dibawah sinar matahari 1 jam.
3. Mengeringkan media dengan cara memanaskan dalam oven pada suhu 105 °C selama 2 jam, tujuan penggunaan oven ini dilakukan agar media yang masih basah dapat kering secara cepat dan homogen serta bersih dari bakteri – bakteri yang mungkin terbawa dari proses pencucian.

3.5.3. Persiapan Alat Reaktor BioFilter

Mengatur ketinggian media pada masing- masing reaktor. Setelah itu debit air yang masuk diatur dengan cara, siapkan bak penampung influen lalu hubungkan dengan bak pengatur debit. Lalu atur ketinggian muka air pada bak pengatur debit agar debit yang disalurkan ke reaktor tetap tidak berubah-ubah. Kemudian buka valve secara perlahan dan tampung air yang keluar dari valve selama 1 menit.

3.5.4. Sequencing Batch Reactor (SBR)

Sequencing Batch Reactor (SBR) terdiri dari 3 tahapan yaitu pengisian, aerasi, dan pengendapan. Setiap reaktor dalam sistem SBR diisi selama 2 jam kemudian diolah secara batch. Kemudian diaerasi dengan waktu 4 jam, 6 jam, dan 8 jam bertujuan untuk menstabilisasi mikroba yang ada di limbah RPH. Setelah pengolahan air limbah tersebut dibiarkan mengendap selama 1 jam kemudian gelembung – gelembung udara dari hasil aerasi dikeluarkan.

3.5.5. Pengujian Sampel Awal

Air limbah yang digunakan sebagai objek penelitian ini diambil dari air sisa proses pemotongan hewan di rumah potong hewan (RPH). Sebelum memulai penelitian ini, dilakukan pengujian sampel awal konsentrasi MLVSS dan konsentrasi bahan organik, dimana uji awal tersebut digunakan sebagai acuan penelitian sampel berikutnya.

3.5.6. Pemiakan Mikroba (*Seeding*)

Proses pembiakan mikroba dilakukan secara alami. Dimana air limbah akan dialirkan ke bak *aerobik biofilter* sebagai tempat perkembangbiakan mikroba yang akan melekat pada media biofilter yang digunakan yaitu pada media.

3.5.7. Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian diri oleh mikroorganisme terhadap lingkungan barunya dan berakhir ketika proses adaptasi sejumlah bakteri aktif dengan air limbah telah menunjukkan kestabilan.

Analisa terhadap bahan organik dilakukan untuk mengetahui perkembangan penguraian bahan organik. Kegiatan ini dilakukan melalui pengukuran permanganat value (PV) selama aklimatisasi sampai kondisi *steady state* dicapai. Kondisi *steady state* merupakan suatu kondisi dimana penyisihan zat organik yang dikonsumsi oleh mikroorganismenya mendekati harga yang stabil atau konstan. Apabila penyisihan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10% angka *permanganat value* nya, maka dapat dikatakan bahwa kondisi telah *steady state*.

Untuk mengetahui bahan organik digunakan persamaan :

$$\text{Penyisihan Bahan Organik} = \frac{\text{konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100 \%$$

Keterangan :

- Nilai penyisihan (-) terjadi peningkatan bahan organik, berarti tidak terjadi penyisihan bahan organik.
- Nilai penyisihan (+) terjadi penurunan bahan organik.

3.5.8. *Permanganat Value*

Pemeriksaan PV atau *Permanganat Value* merupakan salah satu cara untuk menentukan kadar zat organik dalam sampel. Selama proses aklimatisasi metode ini yang dipakai untuk mengukur konsentrasi zat organik. Tahapan uji permanganat secara titrimetri :

- a) Pipet 100 mL contoh uji masukkan ke dalam erlenmeyer 300 mL dan tambahkan 3 butir batu didih.
- b) Tambahkan KMnO_4 0,01 N beberapa tetes ke dalam contoh uji hingga terjadi warna merah muda.
- c) Tambahkan 5 ml asam sulfat 8 N bebas zat organik.
- d) Panaskan di atas pemanas listrik pada suhu 105°C , bila terdapat bau H_2S , pendidihan diteruskan beberapa menit.
- e) Pipet 10 mL larutan baku KMnO_4 0,01 N.
- f) Panaskan hingga mendidih selama 10 menit.
- g) Pipet 10 mL larutan baku asam oksalat 0,01 N.

- h) Titrasi dengan kalium permanganat 0,01 N hingga warna merah muda.
- i) Catat volume pemakaian KMnO_4 .
- j) Apabila pemakaian larutan baku kalium permanganat 0,01 N lebih dari 7 mL, ulangi pengujian dengan cara mengencerkan contoh uji.

3.5.9. MLVSS (*Mixed Liquor Volatile Solid*)

Analisa MLVSS dilakukan untuk mengetahui kuantitas mikroba yang mendekomposisi bahan organik. Pada proses pendekomposisian oleh mikroba ini yang diperhatikan adalah adanya oksigen (aerasi) sebagai sumber oksigen bagi mikroba untuk menghasilkan energi untuk mendekomposisi bahan organik. (Puspitasari, 2013)

Penentuan MLVSS sebelum proses mendekomposisi oleh mikroba :

- a) Pemanasan cawan porselin selama 1 jam dalam furnace 600 °C dan kertas saring pada oven 105 °C
- b) Penimbangan kertas saring dan cawan porselin hingga konstan
- c) Penyaringan 40 mL air limbah dengan kertas saring yang diketahui beratnya
- d) Pemindahan kertas saring kedalam cawan porselin dan pemanasan pada oven 105 °C 1 jam
- e) Penimbangan cawan porselin yang berisi kertas saring dan endapan hingga konstan
- f) Pemindahan cawan porselin yang berisi kertas saring dan endapan kedalam furnace dengan pemanasan 600 °C 2 jam
- g) Penimbangan cawan porselin yang berisi kertas saring dan endapan hingga konstan

3.6. Analisis Parameter

3.6.1. COD

COD merupakan analisis penentuan besarnya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. Hasil analisis COD

menunjukkan kandungan senyawa organik yang terdapat dalam limbah. Analisis dilakukan dengan metode bikromat.

3.6.2. BOD

BOD merupakan analisis yang menentukan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba aerobik untuk mengoksidasi bahan organik karbon dalam contoh uji air limbah, effluen atau air yang tercemar yang tidak mengandung atau yang telah dihilangkan zat-zat toksik dan zat-zat pengganggu lainnya. Pengujian dilakukan pada suhu 20 °C selama 5 hari ± 6 jam.

3.6.3. Nitrogen-Total

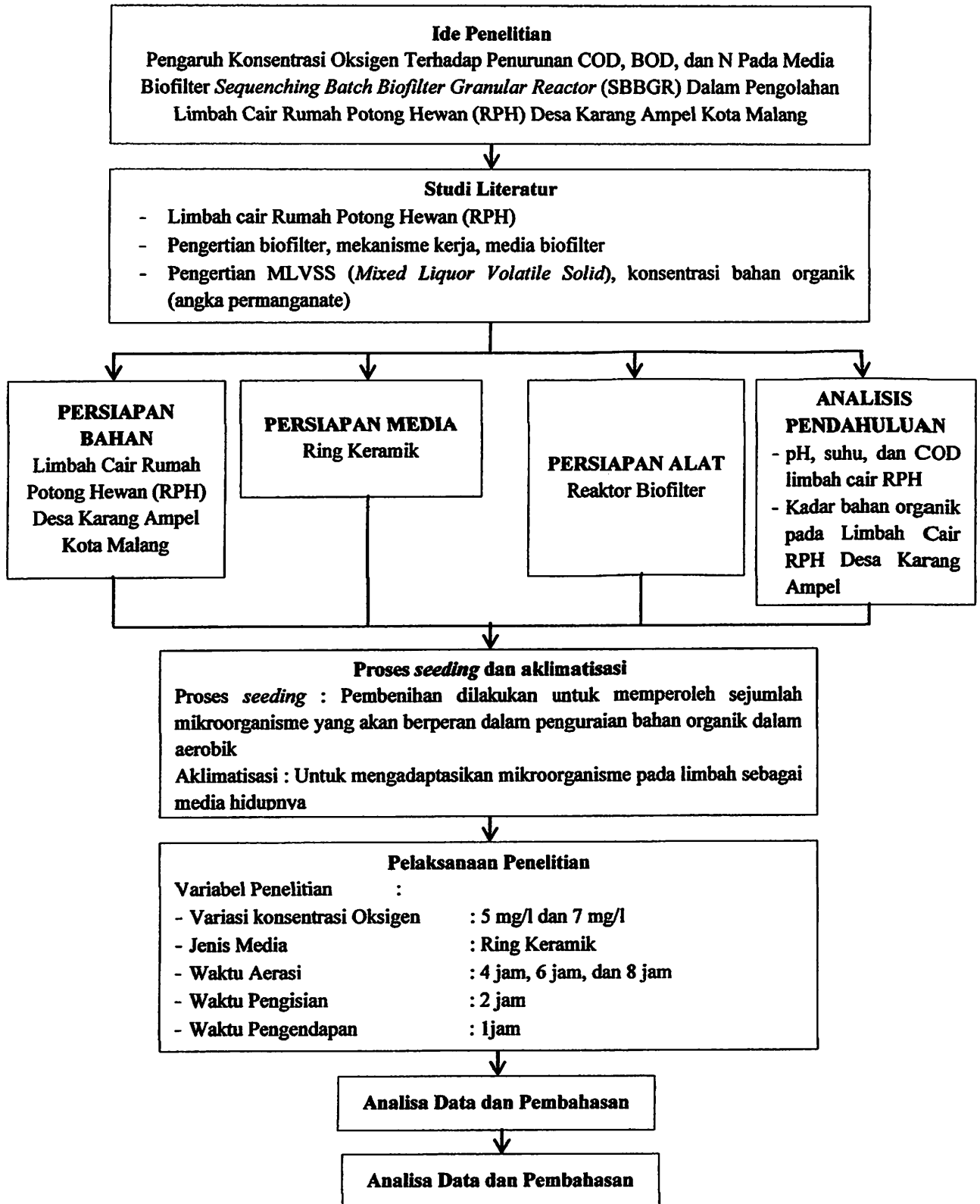
Nitrogen-Total merupakan analisis yang menentukan fraksi bahan-bahan organik campuran senyawa kompleks. Analisis ini ditentukan secara analitik menggunakan metode Kjeldahl.

3.7. Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengetahui bahwa data yang didapat pada penelitian yang dilakukan tersebut layak atau tidak untuk digunakan.

Analisa data statistik hasil penelitian dilakukan dengan dua metode yaitu analisis data dengan metode deskriptif dan analisis data dengan metode Analysis Of Variances (*ANOVA*) kategori *Two-Way*. Analisis deskriptif dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan gambaran dari sampel hasil penelitian yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik sedangkan analisa dengan *ANOVA* digunakan untuk mengetahui perbedaan nyata atau tidak secara statistik mengenai pengaruh media terhadap pertumbuhan mikroorganisme didalam media biofilter.

3.8. Kerangka Penelitian



BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH) Sebelum dilakukan Pengolahan

Penelitian ini menggunakan limbah cair dari Rumah Potong Hewan, dimana hasil dari aktifitas Rumah Potong Hewan (RPH) terdiri dari darah, kotoran (feses), dan rumen. Karakteristik fisik (secara kasat mata) terlihat bahwa limbah cair ini memiliki karakteristik dengan bau yang menyengat yang berasal dari kotoran atau feses dan darah yang kental. Kondisi fisik limbah cair ini memberikan dampak negatif terhadap lingkungan sehingga perlu dilakukan pengolahan untuk menurunkan konsentrasi yang berada pada limbah cair RPH terhadap lingkungan. Berdasarkan analisa laboratorium yang telah dilakukan yaitu COD, BOD, dan Nitrogen dapat diperoleh data awal limbah sebelum masuk ke proses pengolahan yang terdapat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Konsentrasi Awal Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)
Desa Karang Ampel Kota Malang**

No	BOD		COD		Nitrogen	
	Konsentrasi Oksigen		Konsentrasi Oksigen		Konsentrasi Oksigen	
	5 mg	7 mg	5 mg	7 mg	5 mg	7 mg
1	12310	13638	12821	15073	12401	14288

Sumber : Hasil Analisa Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang Tahun 2016

Berdasarkan Surat Keputusan (SK) Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013, tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya menunjukkan karakteristik awal limbah cair Rumah Potong Hewan (RPH) Kota Malang untuk parameter COD, BOD, dan NH₃-N belum memenuhi standar yang dapat dilihat di tabel 4.2.

Tabel 4.2 Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya

BAKU MUTU AIR LIMBAH UNTUK INDUSTRI PENGOLAHAN DAGING	
Volume Limbah Cair Maximum per satuan produk 6 M ³ /ton produk	
Parameter	Kadar Maximum (mg/L)
BOD ₅	125
COD	250
TSS	100
Amonia (NH ₃ -N)	10
Minyak dan Lemak	5
pH	6-9

4.2. Pertumbuhan Mikroorganisme Pada Tahap *Seeding*

Proses *seeding* yaitu proses yang dilakukan untuk mengembangbiakan mikroorganisme hingga didapatkan jumlah biomassa yang mencukupi guna mengolah air limbah. Proses pembiakan mikroba dilakukan secara alami dengan cara air limbah sebagai *influen* dialirkan secara perlahan dari bak penampung menuju 2 reaktor biofilter yang masing – masing telah diisi media filter yang sama yaitu ring keramik dan mempunyai konsentrasi yang berbeda yaitu reaktor satu mempunyai konsentrasi oksigen 5 mg/l dan reaktor dua mempunyai konsentrasi oksigen 7 mg/l.

Untuk mengetahui jumlah biomassa mikroorganisme pada konsentrasi oksigen yang digunakan maka dilakukan analisis MLVSS (*Mixer Liquor Volatile Solid*). Data Analisa MLVSS yang dilakukan pada masing – masing reaktor dapat dilihat pada tabel 4.3 dan 4.4 dibawah ini :

Tabel 4.3 Jumlah MLVSS Selama Proses *Seeding* Pada Media Ring Keramik dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l

Pengamatan Ke - n	pH	DO	MLSS mg/l	MLVSS mg/l
1	7,9	5	10400	16400
2	7,9	5	16400	19200
3	7,9	5	19200	21600
4	7,9	5	25600	28400
5	7,9	5	40400	44800

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Tabel 4.4 Jumlah MLVSS Selama Proses *Seeding* Pada Media Ring Keramik dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l

Pengamatan Ke - n	pH	DO	MLSS mg/l	MLVSS mg/l
1	8,2	7	17600	22000
2	8,2	7	22000	26400
3	8,2	7	24800	27600
4	8,2	7	36400	32800
5	8,2	7	51600	53600

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Berdasarkan data yang terlampir pada tabel 4.2 dan 4.3 secara keseluruhan proses *seeding* berlangsung lambat. Dalam suatu pengolahan secara biologis, proses *seeding* sangat perlu untuk dilakukan karena jumlah mikroorganisme memiliki peran penting dalam proses selanjutnya yaitu aklimatisasi. Berdasarkan hasil laboratorium, proses *seeding* berlangsung selama 5 hari, hingga jumlah MLVSS mencapai 15.000 mg/l. (Moh. Sholichin, 2012)

4.3. Penyisihan Bahan Organik Pada Tahap Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian diri oleh mikroorganisme terhadap lingkungan barunya dan berakhir ketika proses adaptasi sejumlah bakteri aktif dengan air limbah telah menunjukkan kestabilan.

Analisa terhadap bahan organik dilakukan untuk mengetahui perkembangan penguraian bahan organik. Kegiatan ini dilakukan melalui pengukuran Permanganate value (PV) selama aklimatisasi sampai kondisi *steady state* dicapai. Kondisi *steady state* merupakan suatu kondisi dimana penyisihan zat organik yang

dikonsumsi oleh mikroorganismenya mendekati harga yang stabil atau konstan. Apabila selisih penurunan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10 % maka dapat dikatakan bahwa kondisi telah *steady state*.

Untuk mengetahui penyisihan bahan organik digunakan rumus :

$$\text{Penyisihan bahan organik} : \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Berdasarkan hasil yang telah dilakukan, maka data konsentrasi akhir bahan organik pada proses aklimatisasi masing – masing reaktor I (media ring keramik mempunyai konsentrasi oksigen 5 mg/l) dan reaktor II (media ring keramik mempunyai konsentrasi oksigen 7 mg/l) dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.5 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor I

No	Tanggal	Bahan Organik Awal (mg/l)	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	27-Mei-2016	1687440	799480	887960	52,62
2	28-Mei-2016	1532600	711000	821600	53,61
3	29-Mei-2016	1466240	678100	788140	53,75
4	30-Mei-2016	1422000	666760	755240	53,11
5	31-Mei-2016	1377760	644640	733120	53,21
6	01-Juni-2016	1422000	666760	755240	53,11
7	02-Juni-2016	1510480	688880	821600	54,39
8	03-Juni-2016	1444120	644640	799480	55,36
9	04-Juni-2016	1289280	600400	688880	55,43
10	05-Juni-2016	1156560	534040	622520	55,83

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Tabel 4.6 Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor II

No	Tanggal	Bahan Organik Awal (mg/l)	Bahan Organik (mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	27-Mei-2016	1731680	821600	910080	52,55
2	28-Mei-2016	1554720	727360	827360	53,22
3	29-Mei-2016	1399880	688880	711000	50,79
4	30-Mei-2016	1355640	666760	688880	50,82
5	31-Mei-2016	1311400	644640	666760	50,84
6	01-Juni-2016	1333520	626740	706780	53,00
7	02-Juni-2016	1355640	644640	711000	52,45
8	03-Juni-2016	1422000	686000	736000	51,76
9	04-Juni-2016	1311400	622520	688880	55,53
10	05-Juni-2016	1134440	534040	600400	55,92

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

4.4. Analisis Parameter

4.4.1. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

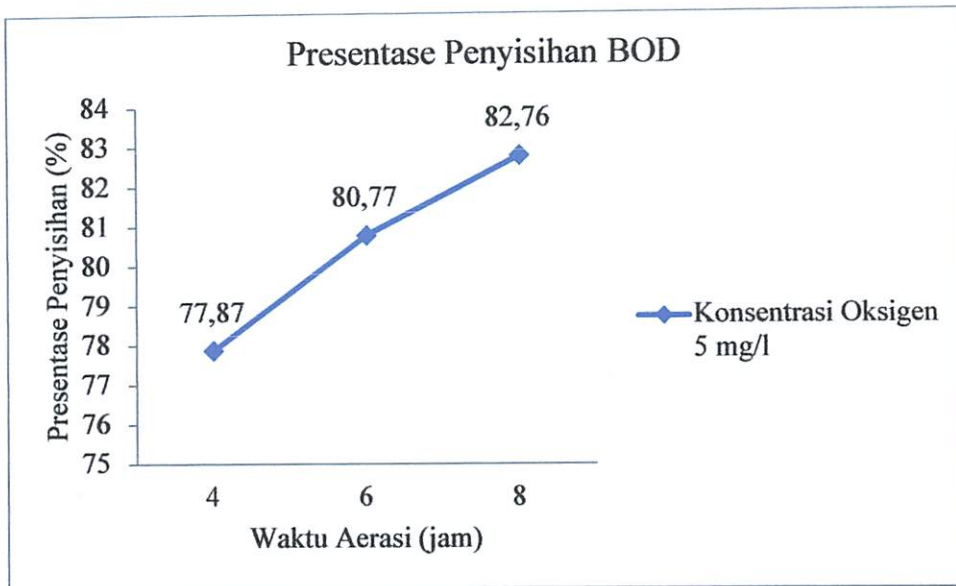
BOD (*Biological Oxygen Demand*) merupakan parameter pengukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk mengurangi hampir semua zat organik yang terlarut dan tersuspensi dalam air buangan, dinyatakan dengan BOD₅ hari pada suhu 20 °C dalam mg/liter atau ppm.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dengan metode titrimetri pada masing-masing reaktor yang mempunyai waktu berbeda dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 4.7 Data Presentase Penyisihan BOD dengan Konsentrasi Oksigen 5mg/l

No	Waktu	Awal	Hasil Pengolahan	Presentase Penyisihan %
1	2-4-1	12310	5053	77,87
2	2-6-1	12310	4331	80,77
3	2-8-1	12310	3407	82,76

Sumber : Hasil Penelitian, 2016



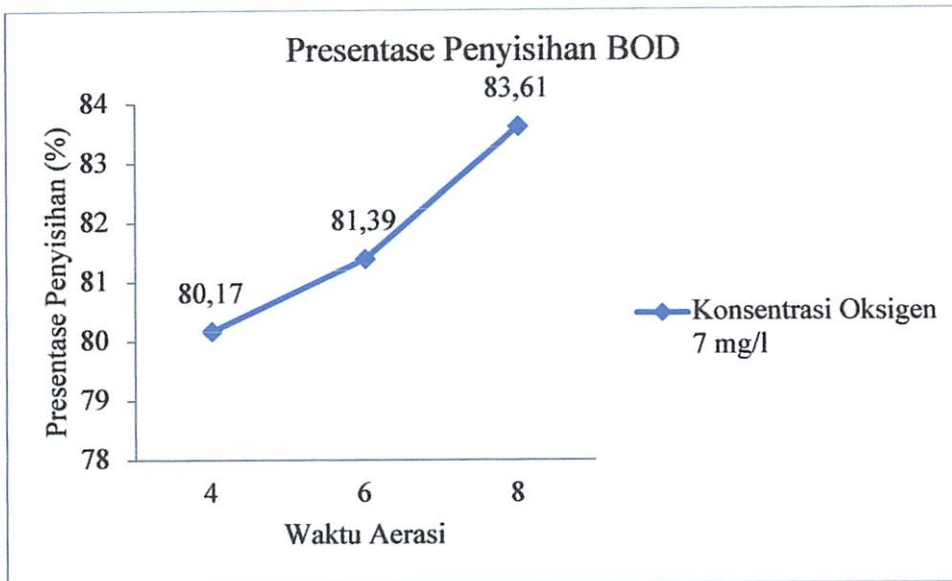
Grafik 4.1 Presentase Penyisihan BOD dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l

Berdasarkan tabel 4.6 terlihat bahwa konsentrasi awal limbah Rumah Potong Hewan (RPH) sebesar 12.310 mg/l. Dalam waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 4 jam aerasi, dan 1 jam pengendapan konsentrasi BOD mengalami penurunan menjadi 5.053 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 77,87 %. Untuk waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 6 jam aerasi, dan 1 jam pengendapan didapatkan hasil sebesar 4.331 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 80,77 %. Pada waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 8 jam aerasi, dan 1 jam, didapatkan hasil konsentrasi BOD mengalami penurunan menjadi 3.407 mg/l dengan efisiensi penyisihan 82,76 %.

Tabel 4.8 Data Presentase Penyisihan BOD dengan Konsentrasi Oksigen 7mg/l

No	Waktu	Awal	Hasil Pengolahan	Presentase Penyisihan %
1	2-4-1	13638	6642	80,17
2	2-6-1	13638	6131	81,39
3	2-8-1	13638	3624	83,61

Sumber : Hasil Penelitian, 2016



Grafik 4.2 Presentase Penyisihan BOD dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l

Berdasarkan tabel 4.7 terlihat bahwa konsentrasi awal limbah Rumah Potong Hewan (RPH) sebesar 13.638 mg/l. Dalam waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 4 jam aerasi, dan 1 jam pengendapan dengan konsentrasi oksigen 7 mg/l dapat menurunkan konsentrasi BOD sebesar 6.642 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 80,17 %. Pada waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 6 jam aerasi, dan 1 jam pengendapan dengan konsentrasi 7 mg/l didapatkan konsentrasi BOD mengalami penurunan menjadi 6.131 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 81,39 %. Untuk waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 8

jam aerasi, dan 1 jam pengendapan didapatkan hasil konsentrasi BOD mengalami penurunan menjadi 3.624 mg/l dengan efisiensi penyisihan 83,61 %.

4.4.2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat – zat organik yang terdapat dalam limbah cair dengan memanfaatkan oksidator kalium dikromat sebagai sumber oksigen. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses biologis dan dapat menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air.

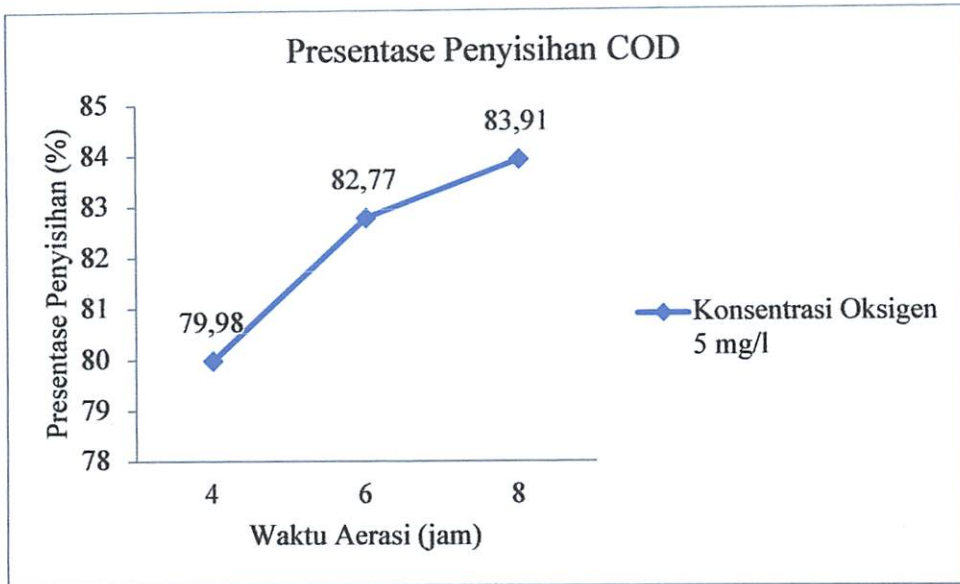
Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada masing – masing reaktor yang mempunyai variasi waktu berbeda dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 4.9 Data Presentase Penyisihan COD dengan Konsentrasi Oksigen

5mg/l

No	Waktu	Awal	Hasil Pengolahan	Presentase Penyisihan %
1	2-4-1	12821	5207	79,98
2	2-6-1	12821	5101	82,77
3	2-8-1	12821	3490	83,91

Sumber : Hasil Penelitian, 2016



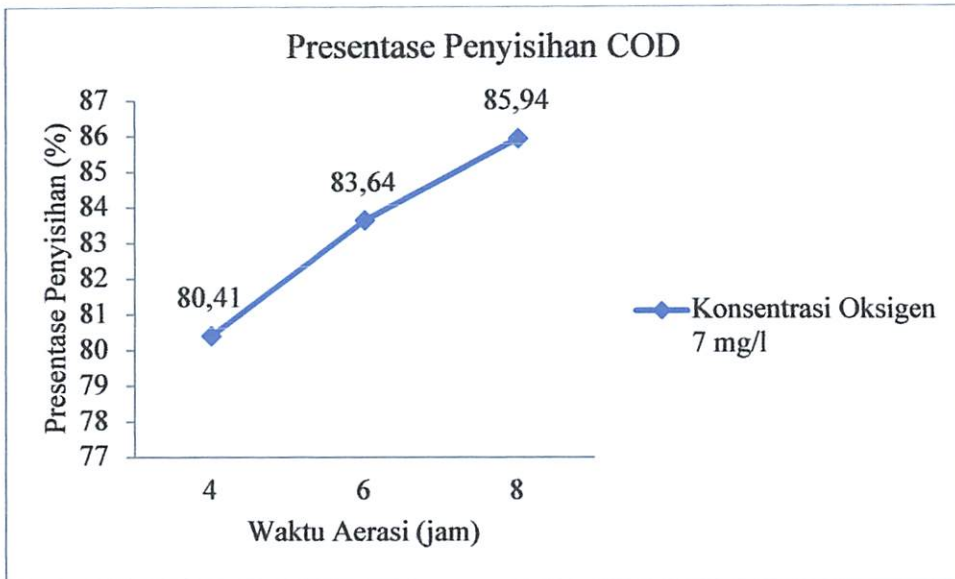
Grafik 4.3 Presentase Penyisihan COD dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l

Berdasarkan tabel 4.8 terlihat bahwa konsentrasi awal limbah Rumah Potong Hewan (RPH) sebesar 12.821 mg/l. Pada waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 4 jam aerasi, dan 1 jam pengendapan konsentrasi COD mengalami penurunan menjadi 5.207 mg/l dengan efisiensi penyisihan 79,98 %. Dalam waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 6 jam aerasi, dan 1 jam pengendapan, terjadinya penurunan konsentrasi COD sebesar 5.101 mg/l dengan efisiensi penyisihan 82,77 %. Untuk waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 8 jam aerasi, dan 1 jam pengendapan mengalami penurunan konsentrasi COD menjadi 3.490 mg/l dengan efisiensi penyisihan 83,91 %.

Tabel 4.10 Data Presentase Penyisihan COD dengan Konsentrasi Oksigen 7mg/l

No	Waktu	Awal	Hasil Pengolahan	Presentase Penyisihan %
1	2-4-1	15073	7675	80,41
2	2-6-1	15073	7445	83,64
3	2-8-1	15073	5102	85,94

Sumber : Hasil Penelitian, 2016



Grafik 4.4 Presentase Penyisihan COD dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l

Berdasarkan tabel 4.9 terlihat bahwa konsentrasi awal limbah Rumah Potong Hewan (RPH) sebesar 15.073 mg/l. Pada waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 4 jam aerasi, dan 1 jam pengendapan konsentrasi COD mengalami penurunan menjadi 7.675 mg/l dengan efisiensi penyisihan 80,41 %. Dalam waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 6 jam aerasi, dan 1 jam pengendapan, terjadinya penurunan konsentrasi COD sebesar 7.445 mg/l dengan efisiensi penyisihan 83,64 %. Untuk waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 8 jam aerasi, dan 1 jam, mengalami penurunan konsentrasi COD menjadi 5.102 mg/l dengan efisiensi penyisihan 85.94 %.

4.4.3. Nitrogen

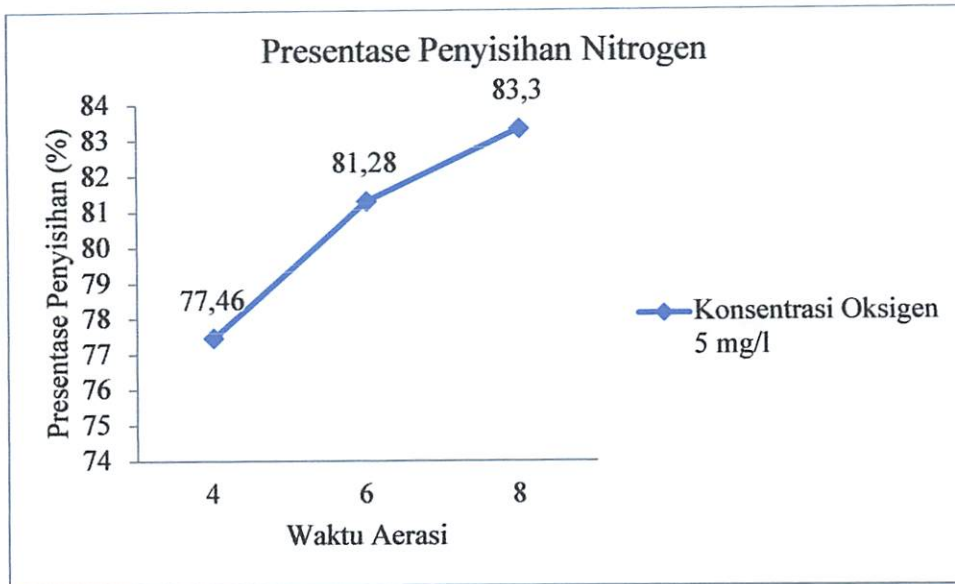
Nitrogen adalah salah satu unsur yang menentukan fraksi bahan-bahan organik campuran senyawa kompleks. Nitrogen yang berasal dari udara merupakan komponen utama dalam pembuatan pupuk dan telah banyak membantu intensifikasi produksi bahan makanan di seluruh dunia. Sebelum adanya proses fiksasi nitrogen secara sintetik, sumber utama nitrogen untuk keperluan pertanian hanyalah bahan limbah dan kotoran hewan, serta amonium sulfat yang didapatkan dari hasil sampingan pembuatan kokas dari batu bara.

Berdasarkan hasil analisis dengan metode Kjeldahl yang dilakukan pada masing – masing reaktor yang mempunyai variasi waktu berbeda dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 4.11 Data Presentase Penyisihan Nitrogen dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l

No	Waktu	Awal	Hasil Pengolahan	Presentase Penyisihan %
1	2-4-1	12401	4989	77,46
2	2-6-1	12401	4601	81,28
3	2-8-1	12401	3409	83,30

Sumber : *Hasil Penelitian, 2016*



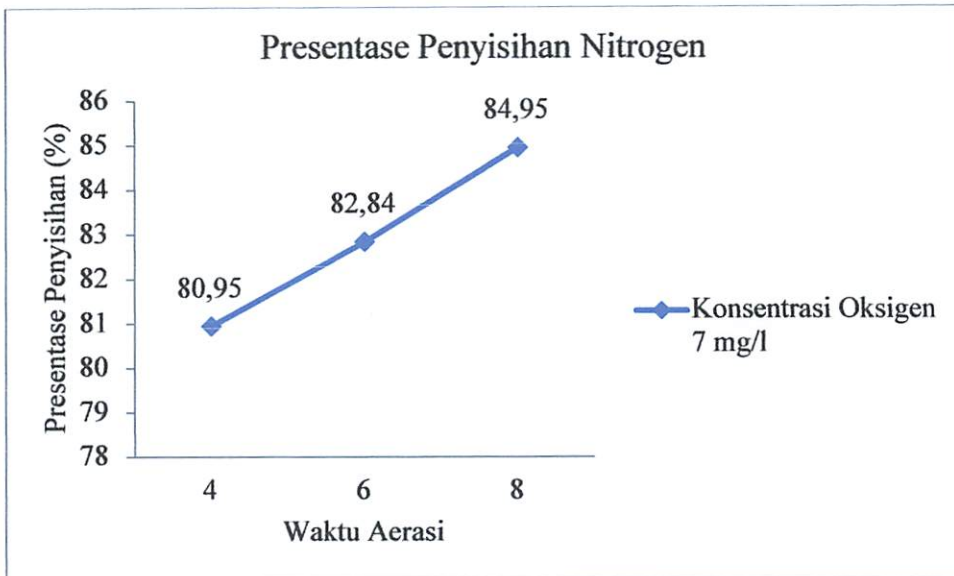
Grafik 4.5 Presentase Penyisihan Nitrogen dengan Konsentrasi Oksigen 5mg/l Pada Pengulangan I

Berdasarkan tabel 4.10 terlihat bahwa konsentrasi awal limbah Rumah Potong Hewan (RPH) sebesar 12.401 mg/l. Dalam waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 4 jam aerasi, dan 1 jam pengendapan dengan konsentrasi oksigen 5 mg/l dapat menurunkan konsentrasi Nitrogen sebesar 4.989 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 77,46 %. Pada waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 6 jam aerasi, dan 1 jam pengendapan dengan konsentrasi 5 mg/l didapatkan hasil penurunan konsentrasi Nitrogen menjadi 4.601 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 81,28 %. Untuk waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 8 jam aerasi, dan 1 jam pengendapan didapatkan hasil konsentrasi Nitrogen mengalami penurunan menjadi 3.409 mg/l dengan efisiensi penyisihan 83,30 %

**Tabel 4.12 Data Presentase Penyisihan Nitrogen dengan Konsentrasi Oksigen
7 mg/l**

No	Waktu	Awal	Hasil Pengolahan	Presentase Penyisihan %
1	2-4-1	14288	6637	80,95
2	2-6-1	14288	6104	82,84
3	2-8-1	14288	5248	84,95

Sumber : Hasil Penelitian, 2016



**Grafik 4.6 Presentase Penyisihan Nitrogen dengan Konsentrasi Oksigen
7mg/l**

Berdasarkan tabel 4.11 terlihat bahwa konsentrasi awal limbah Rumah Potong Hewan (RPH) sebesar 14.288 mg/l. Dalam waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 4 jam aerasi, dan 1 jam pengendapan konsentrasi Nitrogen mengalami penurunan menjadi 6.637 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 80.95 %. Untuk waktu proses pengolahan 2 jam pengisian, 6 jam aerasi, dan 1 jam pengendapan didapatkan hasil penurunan konsentrasi Nitrogen menjadi 6.104 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 82,84 %. Pada waktu proses pengolahan

2 jam pengisian, 8 jam aerasi, dan 1 jam pengendapan, terjadi penurunan konsentrasi Nitrogen menjadi 5.248 mg/l dengan efisiensi penyisihan 84,95 %.

4.5. Analisis Deskriptif

4.5.1. Pertumbuhan Mikroorganisme dan Penyisihan Organik Pada Konsentrasi Oksigen 5 mg/l

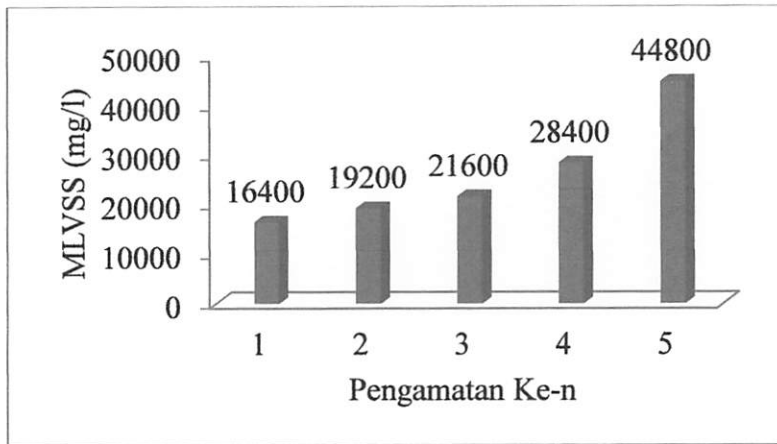
Pada penelitian telah dilakukan didapatkan hasil bahwa media ring keramik dengan konsentrasi oksigen 5 mg/l mampu berfungsi tempat melekatnya mikroorganisme dan memiliki kemampuan dalam melakukan pengolahan air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) dengan tingkat penyisihan bahan organik yang bervariasi.

Proses *seeding* bertujuan untuk mengembangbiakan mikroorganisme pada media ring keramik dengan konsentrasi oksigen 5 mg/l. Bentuk kontrol yang dilakukan dalam proses *seeding* adalah dengan melakukan analisis MLVSS (*Mixed Liquor Volatil Suspended Solid*). Pengembangbiakan mikroorganisme dilakukan hingga didapatkan angka MLVSS mencapai ≥ 15.000 mg/l. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada pengamatan pertama jumlah MLVSS adalah 16400 mg/l, pada pengamatan kedua dan ketiga jumlah MLVSS mengalami peningkatan yang secara perlahan menjadi 19200 mg/l dan 21600 mg/l, pada pengamatan keempat dan kelima mengalami peningkatan signifikan menjadi 28400 mg/l dan 44800 mg/l dari kelima pengamatan yang telah dilakukan jumlah MLVSS telah melewati standart yang ditetapkan. Sampai pada titik tersebut maka dilanjutkan proses selanjutnya yaitu proses aklimatisasi dengan kontrol *Permanganate Value (PV)*.

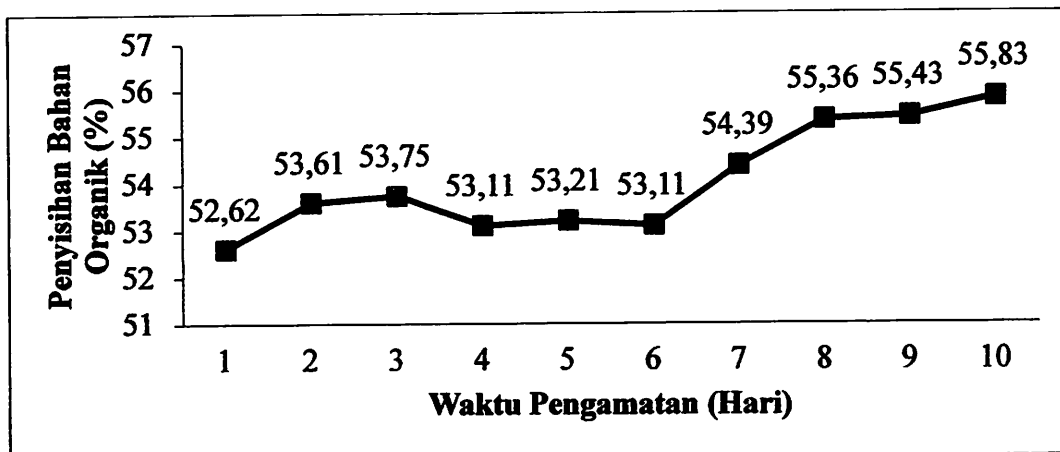
Proses selanjutnya adalah proses aklimatisasi, proses ini dilakukan agar mikroorganisme dapat menyesuaikan diri terhadap lingkungan barunya. Bentuk kontrol yang dilakukan dalam proses aklimatisasi adalah dengan melakukan analisis *Permanganate Value (PV)*. Proses aklimatisasi berlangsung hingga angka persen penyisihan organik mengalami *steady state (stabil)*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada pengamatan pertama penyisihan bahan organik sebesar 52,62%, pada pengamatan kedua total penyisihan bahan organik naik menjadi

53,61%, pada pengamatan ke tiga total penyisihan bahan organik naik perlahan menjadi 53,75% lalu pada pengamatan ke empat nilai total penyisihan bahan organik mengalami penurunan dikarenakan adanya fase kematian terhadap mikroorganisme maka didapatkan hasil sebesar 53,11%, pada pengamatan ke lima nilai total bahan organik naik perlahan menjadi 53,21% dan pengamatan ke enam nilai total bahan organik mengalami penurunan kembali menjadi 53,11% lalu pada pengamatan ke tujuh mengalami kenaikan secara signifikan menjadi 54,39% pada pengamatan ke delapan jumlah penyisihan bahan organik naik menjadi 55,36%, selanjutnya pada pengamatan ke sembilan jumlah penyisihan bahan organik terus naik menjadi 55,43%, pada pengamatan ke sepuluh jumlah penyisihan bahan organik naik secara perlahan menjadi 55,83%.

Data mengenai analisis MLVSS (*Mixed Liquor Volatil Suspended Solid*) dan analisis *Permanganate Value (PV)* pada media ring keramik dengan konsentrasi oksigen 5 mg/l dapat lihat pada grafik dibawah ini :



Grafik 4.7 Hasil Analisis *Mixed Liquor Volatil Suspended Solid* Pada Konsentrasi Oksigen 5 mg/l



Grafik 4.8 Hasil Analisis *Permanganate Value (PV)* Pada Konsentrasi Oksigen 5 mg/l

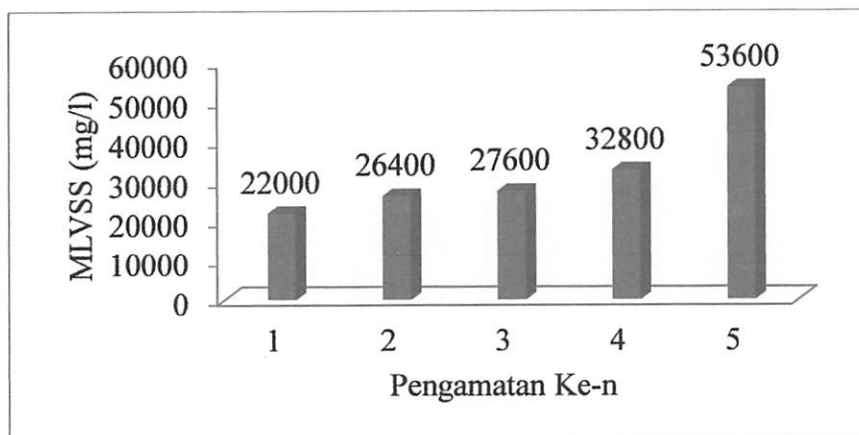
4.5.2. Pertumbuhan Mikroorganisme dan Penyisihan Organik Pada Konsentrasi Oksigen 7 mg/l

Pada penelitian telah dilakukan didapatkan hasil bahwa media ring keramik dengan konsentrasi oksigen 7 mg/l mampu berfungsi tempat melekatnya mikroorganisme dan memiliki kemampuan dalam melakukan pengolahan air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) dengan tingkat penyisihan bahan organik yang bervariasi.

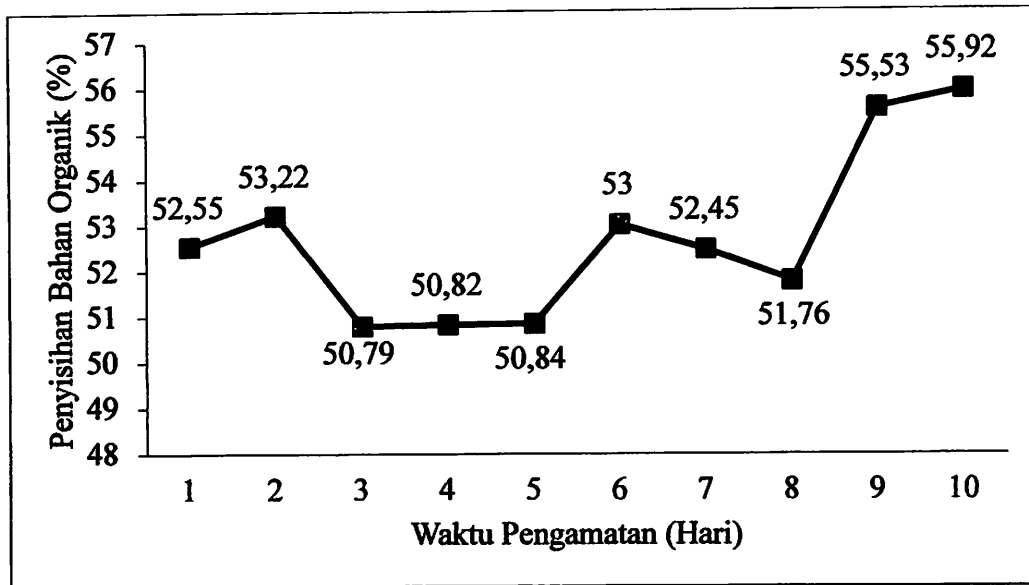
Proses *seeding* bertujuan untuk mengembangbiakan mikroorganisme pada media ring keramik dengan konsentrasi oksigen 7 mg/l. Bentuk kontrol yang dilakukan dalam proses *seeding* adalah dengan melakukan analisis MLVSS (*Mixed Liquor Volatil Suspended Solid*). Pengembangbiakan mikroorganisme dilakukan hingga didapatkan angka MLVSS mencapai ≥ 15.000 mg/l. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada pengamatan pertama jumlah MLVSS adalah 22000 mg/l, pada pengamatan kedua dan ketiga jumlah MLVSS mengalami peningkatan yang secara perlahan menjadi 26400 mg/l dan 27600 mg/l, pada pengamatan keempat dan kelima terjadi peningkatan signifikan menjadi 32800 mg/l dan 53600 mg/l dari lima kali pengamatan yang telah dilakukan jumlah MLVSS telah melewati standart yang ditetapkan. Sampai pada titik tersebut maka dilanjutkan proses selanjutnya yaitu proses aklimatisasi dengan kontrol *Permanganate Value (PV)*.

Proses selanjutnya adalah proses aklimatisasi, proses ini dilakukan agar mikroorganisme dapat menyesuaikan diri terhadap lingkungan barunya. Bentuk kontrol yang dilakukan dalam proses aklimatisasi adalah dengan melakukan analisis *Permanganate Value (PV)*. Proses aklimatisasi berlangsung hingga angka persen penyisihan organik mengalami *steady state (stabil)*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada pengamatan pertama penyisihan bahan organik sebesar 52,55%, pada pengamatan kedua total penyisihan bahan organik naik menjadi 53,22%, pada pengamatan ke tiga total penyisihan bahan organik menurun menjadi 50,79% disebabkan pada proses tersebut mikroorganisme mengalami fase kematian dimana sebagian besar mikroba yang ada dalam limbah berkurang, lalu pada pengamatan ke empat nilai total penyisihan bahan organik naik menjadi 50,82%, pada pengamatan ke lima nilai total bahan organik naik perlahan menjadi 50,84% kemudian pengamatan ke enam nilai total bahan organik mengalami kenaikan secara signifikan menjadi 53,00%, pada pengamatan ke tujuh dan delapan mengalami penurunan kembali menjadi 52,45% dan 51,76 %, selanjutnya pada pengamatan ke sembilan jumlah penyisihan bahan organik terus naik secara signifikan menjadi 55,53%, pada pengamatan ke sepuluh jumlah penyisihan bahan organik naik secara perlahan menjadi 55,92%.

Data mengenai analisis MLVSS (*Mixed Liquor Volatil Suspended Solid*) dan analisis *Permanganate Value (PV)* pada media ring keramik dengan konsentrasi oksigen 5 mg/l dapat lihat pada grafik dibawah ini :



Grafik 4.9 Hasil Analisis *Mixed Liquor Volatil Suspended Solid* Pada Konsentrasi Oksigen 7 mg/l



Grafik 4.10 Hasil Analisis *Permanganate Value (PV)* Pada Konsentrasi Oksigen 7 mg/l

4.6. Hasil Uji Anova

Analisis ANOVA ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh waktu operasional dan konsentrasi oksigen terhadap persentase penyisihan BOD, COD dan Nitrogen.

A. Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu :

- $H_0 = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6$ (identik)
- $H_1 = 1 \neq 2 \neq 3 \neq 4 \neq 5 \neq 6$ (tidak identik)

Sementara dalam pengambilan keputusan akan didasarkan pada nilai probabilitas dan nilai F hitung, yaitu :

B. Nilai probabilitas,

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

C. Nilai F hitung,

- F hitung output $> F$ Tabel, H_0 ditolak
- F hitung output $< F$ Tabel, H_0 diterima

4.6.1. Analisis Anova BOD

➤ Presentase Penyisihan BOD

- Hasil uji anova two way presentasi penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.13

Tabel 4.13 Analisa Anova Pengaruh Waktu Operasional dan Konsentrasi Oksigen Terhadap Presentasi Penyisihan BOD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4760524,333 ^a	3	1586841,444	,960	,457
Intercept	283960323,000	1	283960323,000	171,711	,000
waktu	395307,000	2	395307,000	,239	,638
oksigen	4334412,000	2	4334412,000	2,621	,144
waktu * oksigen	30805,333	1	30805,333	,019	,895
Error	13229690,667	8	1653711,333		
Total	301950538,000	12			
Corrected Total	17990215,000	11			

Hasil Tabel 4.13 diatas memuat keterangan sebagai berikut :

DF = Derajat Bebas

SS = Variasi Residual

MS = Mean Square

F =Nilai statistik uji (membandingkan dengan nilai Tabel F pada lampiran)

Sig = signifikan

Keputusan :

1. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.13 F hitung variasi perbandingan waktu dan konsentrasi oksigen adalah 0,019. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah sebesar 7,71 (Tabel distribusi F). Jika nilai F *output* variasi waktu operasional dan konsentrasi oksigen dibandingkan dengan nilai F tabel maka nilai F *output* < nilai F tabel maka kesimpulannya bahwa H0 diterima atau tidak ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu operasional dan konsentrasi terhadap penyisihan BOD.

4.6.2. Analisis Anova COD

➤ Presentase Penyisihan COD

- Hasil uji analisis anova two way presentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.14

Tabel 4.14 Analisa Anova Pengaruh Waktu Operasional dan Konsentrasi Oksigen Terhadap Presentasi Penyisihan COD

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	13917463,000 ^a	3	4639154,333	3,056	,092
Intercept	385764120,333	1	385764120,333	254,081	,000
waktu	150976,333	2	150976,333	,099	,761
oksigen	13755925,333	2	13755925,333	9,060	,017
waktu * oksigen	10561,333	1	10561,333	,007	,936
Error	12146174,667	8	1518271,833		
Total	411827758,000	12			
Corrected Total	26063637,667	11			

Hasil Tabel 4.14 diatas memuat keterangan sebagai berikut :

DF = Derajat Bebas

SS = Variasi Residual

MS = Mean Square

F =Nilai statistik uji (membandingkan dengan nilai Tabel F pada lampiran)

Sig = signifikan

Keputusan :

1. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.14 F hitung variasi perbandingan waktu operasional dan konsentrasi oksigen adalah 0,007. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah sebesar 7,71 (Tabel distribusi F). Jikai nilai F *output* variasi waktu operasional dan konsentrasi oksigen dibandingkan dengan nilai F tabel maka nilai F *output* < nilai F tabel maka kesimpulannya bahwa H0 diterima atau tidak ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu operasional dan konsentrasi terhadap penyisihan COD.

4.6.3. Analisis Anova Nitrogen

➤ **Presentase Penyisihan Nitrogen**

➤ Hasil uji analisis anova one way presentase penyisihan Nitrogen dapat dilihat pada Tabel 4.15

Tabel 4.15 Analisa Anova Pengaruh Waktu Operasional dan Konsentrasi Oksigen Terhadap Presentasi Penyisihan Nitrogen

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8372415,000 ^a	3	2790805,000	4,716	,035
Intercept	320064723,000	1	320064723,000	540,907	,000
waktu	71765,333	2	71765,333	,121	,737
oksigen	8300033,333	2	8300033,333	14,027	,006
waktu * oksigen	616,333	1	616,333	,001	,975
Error	4733748,000	8	591718,500		
Total	333170886,000	12			
Corrected Total	13106163,000	11			

Hasil Tabel 4.15 diatas memuat keterangan sebagai berikut :

DF = Derajat Bebas

SS = Variasi Residual

MS = Mean Square

F =Nilai statistik uji (membandingkan dengan nilai Tabel F pada lampiran)

Keputusan :

1. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.15 F hitung variasi perbandingan waktu operasional dan konsentrasi oksigen adalah 0,001. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah sebesar 7,71 (Tabel distribusi F). Jikai nilai F *output* variasi waktu operasional dan konsentrasi oksigen dibandingkan dengan nilai F tabel maka nilai F *output* < nilai F tabel maka kesimpulannya bahwa H0 diterima atau tidak ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu operasional dan konsentrasi terhadap penyisihan Nitrogen.

4.7. Hasil Uji Korelasi

Mengetahui ada atau tidaknya dan kuat atau lemahnya hubungan antara variabel yang di amati, maka digunakan analisis korelasi. Dalam analisa korelasi terdapat :

- Ho : Tidak ada korelasi antara dua variable
- H1 : Ada korelasi antara dua variable

Pengambilan keputusan

- Jika p-value $> \alpha$, Ho diterima
- Jika p-value $< \alpha$, Ho ditolak

(Iriawan dan Astuti, 2006)

4.7.1. Analisis Korelasi BOD

- Pada Reaktor I (Konsentrasi Oksigen 5 mg/l)
 - Hasil uji korelasi presentase penyisihan BOD dapat dilihat pada Tabel 4.16

Tabel 4.16 Hasil Uji Korelasi Presentase Penyisihan BOD Pada Reaktor I Terhadap Waktu Operasional

Correlations: Presentase Penyisihan BOD; Waktu Operasional

Pearson correlation of R1 and Waktu = 0,994

P-Value = 0,068

Keterangan :

Pearson Correlation : Nilai korelasi Pearson (korelasi yang digunakan untuk variabel kuantitatif adalah Korelasi Pearson)

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

Keputusan :

Berdasarkan Tabel 4.16 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara presentase penyisihan BOD di konsentrasi oksigen 5 mg/l dengan waktu operasional 2 jam, 4 jam, dan 8 jam aerasi didapatkan hasil 0,994. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1.

➤ **Pada Reaktor II (Konsentrasi Oksigen 7 mg/l)**

- Hasil uji korelasi presentase penyisihan BOD dapat dilihat pada Tabel 4.17

Tabel 4.17 Hasil Uji Korelasi Presentase Penyisihan BOD Pada Reaktor II Terhadap Waktu Operasional

Correlations: Presentase Penyisihan BOD; Waktu Operasional

Pearson correlation of R2 and Waktu = 0,986
P-Value = 0,106

Keterangan :

Pearson Correlation : Nilai korelasi Pearson (korelasi yang digunakan untuk variabel kuantitatif adalah Korelasi Pearson)

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

Keputusan :

Berdasarkan Tabel 4.17 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara presentase penyisihan BOD di konsentrasi oksigen 7 mg/l dengan waktu operasional 2 jam, 4 jam, dan 8 jam aerasi didapatkan hasil 0,986. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1.

4.7.2. Analisis Korelasi COD

➤ **Pada Reaktor I (Konsentrasi Oksigen 5 mg/l)**

- Hasil uji korelasi presentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.18

Tabel 4.18 Hasil Uji Korelasi Presentase Penyisihan COD Pada Reaktor I Terhadap Waktu Operasional

Correlations: Presentase Penyisihan COD; Waktu Operasional

Pearson correlation of R1 and Waktu = 0,972
P-Value = 0,151

Keterangan :

Pearson Correlation : Nilai korelasi Pearson (korelasi yang digunakan untuk variabel kuantitatif adalah Korelasi Pearson)

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

Keputusan :

Berdasarkan Tabel 4.18 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara presentase penyisihan COD di konsentrasi oksigen 5 mg/l dengan waktu operasional 2 jam, 4 jam, dan 8 jam aerasi didapatkan hasil 0,972. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1.

➤ **Pada Reaktor II (Konsentrasi Oksigen 7 mg/l)**

- Hasi uji korelasi presentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.19

Tabel 4.19 Hasil Uji Korelasi Presentase Penyisihan COD Pada Reaktor II Terhadap Waktu Operasional

Correlations: Presentase Penyisihan COD; Waktu Operasional

Pearson correlation of R2 and Waktu = 0,995

P-Value = 0,062

Keterangan :

Pearson Correlation : Nilai korelasi Pearson (korelasi yang digunakan untuk variabel kuantitatif adalah Korelasi Pearson)

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

Keputusan :

Berdasarkan Tabel 4.19 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara presentase penyisihan COD di konsentrasi oksigen 7 mg/l dengan waktu operasional 2 jam, 4 jam, dan 8 jam aerasi didapatkan hasil 0,995. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1.

4.7.3. Analisis Korelasi Nitrogen

➤ **Pada Reaktor I (Konsentrasi Oksigen 5 mg/l)**

- Hasil uji korelasi presentase penyisihan Nitrogen dapat dilihat pada Tabel 4.20

Tabel 4.20 Hasil Uji Korelasi Presentase Penyisihan Nitrogen Pada Reaktor I Terhadap Waktu Operasional

Correlations: Presentase Penyisihan Nitrogen; Waktu Operasional

Pearson correlation of R1 and Waktu = 0,985
P-Value = 0,112

Keterangan :

Pearson Correlation : Nilai korelasi Pearson (korelasi yang digunakan untuk variabel kuantitatif adalah Korelasi Pearson)

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

Keputusan :

Berdasarkan Tabel 4.20 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara presentase penyisihan Nitrogen di konsentrasi oksigen 5 mg/l dengan waktu operasional 2 jam, 4 jam, dan 8 jam aerasi didapatkan hasil 0,985. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1.

➤ **Pada Reaktor II (Konsentrasi Oksigen 7 mg/l)**

- Hasil uji korelasi presentase penyisihan Nitrogen dapat dilihat pada Tabel 4.21

Tabel 4.21 Hasil Uji Korelasi Presentase Penyisihan Nitrogen Pada Reaktor II Terhadap Waktu Operasional

Correlations: Presentase Penyisihan Nitrogen; Waktu Operasional

Pearson correlation of R2 and Waktu = 0,999
P-Value = 0,020

Keterangan :

Pearson Correlation : Nilai korelasi Pearson (korelasi yang digunakan untuk variabel kuantitatif adalah Korelasi Pearson)

P-value : Nilai probabilitas (nilai signifikan)

Keputusan :

Berdasarkan Tabel 4.21 menunjukkan bahwa :

Koefisien korelasi antara presentase penyisihan Nitrogen di konsentrasi oksigen 7 mg/l dengan waktu operasional 2 jam, 4 jam, dan 8 jam aerasi didapatkan hasil 0,999. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat, karena mendekati 1.

4.8. Pembahasan

4.8.1. Pengaruh Jenis Media Ring Keramik dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l dan 7 mg/l Terhadap Pertumbuhan Mikroorganisme

Dalam penelitian yang telah dilakukan menggunakan media ring keramik dengan konsentrasi oksigen 7 mg/l memiliki proses *seeding* sangat baik dibandingkan dengan 5 mg/l, dikarenakan semakin besar konsentrasi oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme maka pertumbuhan mikroorganisme yang ada pada air limbah semakin banyak yang dapat dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4.22 Jumlah MLVSS Selama Proses *Seeding* Pada Media Ring Keramik dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l dan 7 mg/l

Pengamatan Ke - n	pH	DO	5 mg/l		7 mg/l	
			MLSS mg/l	MLVSS mg/l	MLSS mg/l	MLVSS mg/l
1	8,2	7	10400	16400	17600	22000
2	8,2	7	16400	19200	22000	26400
3	8,2	7	15200	21600	24800	27600
4	8,2	7	25600	28400	36400	32800
5	8,2	7	40400	44800	51600	53600

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Menurut Agus Krisno 2011, pertumbuhan mikroba mempunyai kebutuhan oksigen yang berbeda – beda untuk di fase pertumbuhan. Berdasarkan kebutuhannya akan oksigen, mikroba dibedakan atas 4 kelompok sebagai berikut :

- Aerob, yaitu mikroba yang membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya.
- Anaerob, yaitu mikroba yang tumbuh tanpa membutuhkan oksigen.
- Anaerob fakultatif, yaitu mikroba yang dapat tumbuh dengan atau tanpa adanya oksigen.
- Mikroaerofil, yaitu mikroba yang membutuhkan oksigen pada konsentrasi yang lebih rendah daripada konsentrasi oksigen yang normal di udara. Mikroba perusak pangan sebagian besar tergolong aerob, yaitu membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya, kecuali bakteri yang dapat tumbuh pada saluran pencernaan manusia yang tergolong anaerob fakultatif.

4.8.2. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Penyisihan BOD dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada air limbah dengan variasi waktu aerasi yang ada yaitu 4 jam, 6 jam, dan 8 jam, didapatkan hasil penyisihan tertinggi yaitu waktu aerasi 8 jam sebesar 3.407 mg/l dengan efisiensi penyisihan 82,76 %, disebabkan semakin lama waktu aerasi atau waktu kontak maka semakin besar penyisihan terhadap mikroba yang berada pada air limbah.

Menurut *wahyu amy ishartanto 2009*, pada penelitian yang dilakukan dengan menggunakan sistem *Sequencing Bacth Reactor (SBR)* dimana dalam wadah pengolahan air limbah akan diberikan perlakuan aerasi dan penambahan bakteri *Bacillus* sp. serta perlakuan yang lain dimana air limbah diolah tanpa pemberian aerasi dan tanpa penambahan bakteri *Bacillus* sp.. Dalam hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian aerasi dan penambahan bakteri *Bacillus* sp. sangat efektif dan optimal dibandingkan pengolahan tanpa aerasi dan tanpa penambahan bakteri *Bacillus* sp. dalam mengolah air limbah domestik, dikarenakan dengan perlakuan pemberian aerasi dan penambahan bakteri *Bacillus* sp. telah mempercepat dan mengoptimalkan proses dekomposisi bahan organik.

Pada penelitian yang dilakukan oleh *wibowo dkk 2006*, dijelaskan bahwa Perubahan BOD (BOD turun) terjadi karena adanya proses dekomposisi bahan organik (substrat) yang terkandung dalam air limbah domestik yang berlangsung secara terus menerus baik proses aerobik maupun anaerobik. Adanya kolam aerasi

turut berperan dalam memenuhi oksigen terlarut pada IPAL sehingga dapat mengurangi BOD.

Proses dekomposisi secara aerobik terus berlangsung sepanjang kandungan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) masih ada dalam air limbah hingga mencapai nol yang mengakibatkan mikroorganisme aerobik mati. Selanjutnya proses dekomposisi diambil alih tugasnya dengan proses anaerobik. Proses dekomposisi anaerobik berlangsung sebagai kelanjutan proses aerobik untuk mendekomposisikan bahan organik yang masih ada dalam air limbah domestik dengan bantuan mikroorganisme anaerobik.

4.8.3. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Penyisihan BOD dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l

Pada analisis yang telah dilakukan laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang dengan metode *Sequencing Batch Reactor* untuk menyisihkan konsentrasi BOD dengan variasi waktu aerasi 4 jam, 6 jam, dan 8 jam didapatkan hasil penyisihan tertinggi di waktu aerasi 8 jam sebesar 3.624 mg/l dengan efisiensi 83,61 %, dikarenakan pada saat analisis waktu aerasi 8 jam memiliki variasi waktu tertinggi dibandingkan yang lain maka dapat disimpulkan bahwa lamanya waktu aerasi dapat mempengaruhi hasil saat di analisis.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Deni Helard 2007, menunjukkan bahwa menggunakan reaktor *Sequencing Batch Reaktor* aerob untuk menyisihkan senyawa organik dari air buangan Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PMKS) yang dioperasikan sebanyak tiga kali dengan masing-masing tiga kali siklus. Setiap siklus memiliki tahapan proses yaitu pengisian, reaksi, pengendapan, pengurasan dan stabilisasi dengan memvariasikan waktu reaksi terhadap waktu stabilisasi, yaitu 4:4 jam/jam, 6:4 jam/jam, 4:6 jam/jam dan 6:6 jam/jam. Pengolahan air buangan PMKS dengan *Sequencing Batch Reaktor* aerob dalam waktu reaksi dari 4 jam menjadi 6 jam dapat meningkatkan efisiensi penyisihan senyawa organik dari air buangan PMKS. Hal ini disebabkan karena lebih panjangnya waktu kontak antara mikroorganisme dengan air buangan pada kondisi substrat yang berlebih sehingga proses degradasi senyawa organik dapat berjalan optimal.

Pada penelitian yang dilakukan *winda dan suharto 2015*, dijelaskan bahwa hubungan laju alir air limbah tempe dari tangki umpan menuju tangki *sequencing batch* dengan nilai BOD yang dihasilkan dari setiap laju alir cukup baik, dikarenakan secara keseluruhan terjadi penurunan nilai BOD dari tangki umpan ke aerasi 1 dan semakin menurun pada aerasi ke 2. Kadar BOD dari tangki umpan setiap pengukuran dapat dikatakan serupa yaitu berada pada kisaran BOD ± 2000 . Hal ini dapat dikarenakan industri tempe tersebut hampir menggunakan biji kacang kedelai sebanyak ± 50 kg secara konstan setiap pembuatannya.

Setelah air limbah tempe mengalami pengolahan dengan aerasi berdasarkan laju alir dari air limbah tempe tersebut, terjadi penurunan nilai BOD yang berbeda-beda karena lamanya aerasi mengikuti variasi laju alir yang digunakan. Semakin besar laju alir air limbah tempe yang digunakan, maka semakin singkat waktu aerasi yang dibutuhkan. Hal ini juga dikarenakan air limbah yang digunakan untuk penelitian ini konstan sebesar ± 10 liter setiap percobaan.

4.8.4. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Penyisihan COD dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l

Dari hasil analisis yang telah dilakukan pada air limbah dengan variasi waktu aerasi yang ada yaitu 4 jam, 6 jam, dan 8 jam, didapatkan hasil penyisihan tertinggi di waktu aerasi 8 jam sebesar 3.490 mg/l dengan efisiensi 83,91 %, dengan demikian bahwa semakin lama waktu aerasi yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar konsentrasi maka semakin baik.

Menurut *Mochtar Hadiwidodo 2007*, penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa waktu reaksi dan waktu tinggal stabilisasi dalam sistem *Sequencing Batch Reaktor (SBR)* sangat efisien, dikarenakan pada waktu reaksi 1 jam telah terjadi penyisihan COD yang cukup tinggi, dapat dikatakan waktu reaksi 1 jam menunjukkan biosorpsi yang optimum. Pada waktu reaksi lebih dari 1,5 jam biosorpsi mengalami penurunan sedangkan mekanisme oksidasi (penyisihan materi organik) terus berlanjut. Dan dari hasil penjelasan tersebut terlihat bahwa semakin lama waktu stabilisasi, penyisihan COD yang terjadi semakin besar.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan *luluk edahwati 2009*, dijelaskan bahwa dengan proses aerasi, adsorpsi, dan filtrasi dengan menggunakan batu apung dapat menurunkan kadar COD pada air limbah perikanan dan Semakin besar laju alir air limbah yang dilakukan dengan variasi tinggi batu apung maka semakin sedikit penurunan kadar COD yang didapat.

4.8.5. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Penyisihan COD dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada air limbah dengan variasi waktu aerasi 4 jam, 6 jam, dan 8 jam, didapatkan hasil penyisihan tertinggi yaitu waktu aerasi 8 jam sebesar 5.102 mg/l dengan efisiensi 85,94 %, maka disimpulkan bahwa semakin lama waktu aerasi dapat menurunkan konsentrasi yang ada pada air limbah.

Menurut *Fajrin Anwari dkk 2011*, pada penelitian yang dilakukan untuk menurunkan kandungan limbah pabrik tahu dengan menggunakan metode aerasi bertingkat yang menunjukkan bahwa nilai COD juga menurun seiring dengan banyaknya jumlah kompartemen dan lamanya waktu aerasi. Hal ini juga disebabkan jumlah kebutuhan oksigen telah terpenuhi untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam air limbah pabrik tahu. Hal ini dikarenakan bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi. Hasil pengujian COD ini juga menunjukkan penurunan yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan nilai pengujian awalnya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan *dian wijaya dkk 2012*, menunjukkan bahwa operasional moving bed media serabut kelapa dalam sistem *Sequencing Batch Reaktor* (SBR) untuk mengolah air limbah rumah sakit dapat beroperasi lebih baik dimana sedikit endapan yang terbentuk maupun media yang melayang pada saat proses aerasi berlangsung terjadi pada ukuran media serabut kelapa tersuspensi 10 mm, sistem pengisian static fill dan siklus aerasi 8 jam.

4.8.6. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Penyisihan Nitrogen dengan Konsentrasi Oksigen 5 mg/l

Pada analisis yang telah dilakukan dengan metode *Sequencing Batch Reactor* untuk menyisihkan konsentrasi Nitrogen dengan variasi waktu aerasi 4 jam, 6 jam, dan 8 jam didapatkan hasil penyisihan tertinggi di waktu aerasi 8 jam sebesar 3.409 mg/l dengan efisiensi 83,30 %, dikarenakan pada saat analisis waktu aerasi 8 jam memiliki variasi waktu tertinggi dibandingkan yang lain maka dapat disimpulkan bahwa lamanya waktu aerasi dapat mempengaruhi hasil saat di analisis.

Menurut *Lita Darmayanti 2010*, penelitian yang telah dilakukan menunjukkan konsentrasi bahan organik yang tinggi pada influen menyebabkan depleksi O₂ oleh bakteri heterotroph sehingga oksigen yang disuplai lebih banyak digunakan untuk penyisihan bahan organik. Selain itu karena kultur yang digunakan adalah kultur tercampur yang terdapat fraksi bakteri nitrifier sangat kecil sehingga kalah bersaing dengan bakteri heterotroph. Atau bisa adanya bakteri autotroph yang terdapat dalam kultur bukanlah yang obligat autotroph sehingga dalam jumlah bahan organik yang cukup besar lebih menggunakan bahan karbon organik dibandingkan nitrogen anorganik sebagai donor elektron sehingga penyisihan amonium tidak optimum.

4.8.7. Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Penyisihan Nitrogen dengan Konsentrasi Oksigen 7 mg/l

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada air limbah dengan variasi waktu aerasi yang ada yaitu 4 jam, 6 jam, dan 8 jam, didapatkan hasil penyisihan tertinggi yaitu waktu aerasi 8 jam sebesar 5.248 mg/l dengan efisiensi 84,95 %, disebabkan semakin lama waktu aerasi atau waktu kontak maka semakin besar penyisihan terhadap mikroba yang berada pada air limbah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan *neni damajanti 2010*, menunjukkan bahwa adanya kenaikan dan penurunan penyusutan *Total Kjeldahl Nitrogen* (TKN) dipengaruhi oleh dua siklus yaitu, siklus biasa dan siklus pendek yang dimana siklus pendek memberikan hasil penyusutan yang lebih baik dibandingkan siklus biasa terhadap penyusutan *Total Kjeldahl Nitrogen*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini dengan menggunakan sistem *Sequencing Batch Reaktor* (SBR) pada limbah Rumah Potong Hewan dalam penambahan konsentrasi oksigen 5 mg/l dan 7 mg/l dan diaerasi selama 4, 6, dan 8 jam sangat berpengaruh terhadap penurunan parameter BOD, COD, dan Nitrogen. Dari variasi yang ada, ternyata perlakuan dengan variasi oksigen 7 mg/l dan lama aerasi 8 jam didapatkan hasil penurunan tertinggi, dengan kadar awal BOD (11.985 mg/l), COD (13.695 mg/l), dan Nitrogen (13.743 mg/l), dapat menurunkan bahan pencemar BOD (3.624 mg/l), COD (5.102 mg/l), dan Nitrogen (5.248 mg/l) dengan efisiensi BOD (83,61 %), COD (85,94 %), dan Nitrogen (84,95 %).

5.2. Saran

- Penelitian ini perlu dilakukan lebih lanjut dengan menambahkan variabel - variabel injeksi oksigen dan mengubah variasi waktu aerasi sehingga dapat mengetahui efektifitas pertumbuhan mikroorganisme dan memperoleh hasil yang lebih baik dalam penyisihan bahan organik.
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengubah variasi media untuk mengetahui efisiensi penyisihan bahan organik

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2013. Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Anonim. 2006. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 2006 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kegiatan Rumah Potong Hewan.
- Amy, Ishartanto Wahyu. 2009. *Pengaruh Aerasi dan Penambahan Bakteri Bacillus sp dalam Mereduksi Bahan Pencemar Organik Air Limbah Domestik*. Skripsi, Institut Pertanian Bogor.
- Anwari, Fajrin dkk. 2011. *Studi Penurunan Kadar BOD, COD, TSS, Dan pH Limbah Pabrik Tahu Menggunakan Metode Aerasi Bertingkat*. Jurnal Prestasi Vol 1 No 1 Desember 2011. Universitas Lambung Mangkurat.
- Damajanti, Neni dan Tjandra Setiadi. 2010. *Pengaruh Durasi Tahap Pengisian Dan Siklus Pendek Dalam Sequencing Batch Reaktor (SBR) Terhadap Pembentukan Polihidroksial Kanoat (PHA)*. Institut Teknologi Bandung.
- Darmayanti, Lita. 2011. *Kinetika Penyisihan Nitrogen Dalam Air Buangan Rumah Potong Hewan Pada Sequencing Batch Reactor Aerob*. Jurnal Teknobiologi Vol 2 No 1 Tahun 2011. Universitas Riau.
- Di Iaconi, C., Ramadori, R. and Lopez, A. (2005a) Aerobic granulation during the start up period of a periodic biofilter, In: *Aerobic Granular Sludge*. S. Bathe, M. K. De Kreuk, B. S. Mc Swain and N. Schwarzenbeck. London, UK, IWA, pp.15-24.
- Di Iaconi, C., Ramadori, R., Lopez, A. and Passino, R. (2005b) "Hydraulic shear stress calculation in a sequencing batch biofilm reactor with granular biomass", *Environmental Science & Technology*, Vol. 39, pp.889-894.
- Edahwati, Luluk dan Suprihatin. 2009. *Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, dan Filtrasi Pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan*. Jurnal Ilmiah Vol 1 No 2. Universitas UPN "Veteran" Jawa Timur.
- Eko, Wibowo Muhammad Romayanto dan Wiryanto Sajidan. 2006. *Pengolahan Limbah Domestik dengan Aerasi dan Penambahan Bakteri Pseudomonas Putida*. Universitas Sebelas Maret.
- Fajrin, Faruq. 2014. *Penggunaan Reaktor Subsurface Flow System Wetland (SSF) Guna Mengolah Limbah RPH*. Skripsi, Teknik Lingkungan ITN Malang.
- Hadiwidodo, Mochtar dan Junaidi. 2007. *Pengaruh Waktu Reaksi dan Waktu Tinggal Stabilisasi Pada Sequencing Batch Reaktor Aerob dengan Penambahan Karbon Aktif Terhadap Penurunan Chemical Oxygen Demand*. Jurnal Presipitasi Vol 3 No 2. Universitas Diponegoro Semarang.
- Helard, Denny. 2007. *Pengaruh Variasi Rasio Waktu Reaksi Terhadap Waktu Stabilisasi Pada Penyisihan Senyawa Organik Dari Air Buangan Pabrik Minyak Kelapa Sawit Dengan Sequencing Batch Reactor Aerob*. Universitas Andalas.
- Idaman Said, Nusa dkk. 2006. *Rancang Bangun Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Ayam Dengan Proses Biofilter*. Jurnal JAI Vol 2 No 1 Tahun 2006. Universitas Lambung Mangkurat

- Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Reuse, Revised by Geo Tchobanoglous*. Tata Mc Graw-Hil Publising Company LTD. New Delhi.
- Ningtyas, Rahayu. 2015. *Pengolahan Air Limbah dengan Proses Lumpur Aktif (Activated Sludge Process)*. Institut Teknologi Bandung.
- Nurfitriyah, Arifah dkk. 2014. *Metode Titrimetri Untuk Analisis*. Universitas Negeri Malang.
- Nurroisah, Estydyah dkk. 2014. *Keefektifan Aerasi Sistem Tray Dan Filtrasi Sebagai Penurunan Chemical Oxygen Demand Dan Padatan Tersuspensi Pada Limbah Cair Batik*. Jurnal UJPH Vol 3 No 4 Tahun 2014 Universitas Negeri Semarang.
- Roniadi, Alfi dkk. 2013. *Evaluasi Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan Di Kelurahan Mabar Hilir Kecamatan Medan Deli*. Universitas Sumatera Utara.
- Sukma, Ardyan dkk. 2010. *Analisa Protein dengan Metode Kjeldahl*. Universitas Brawijaya Malang.
- Sholichin. Moh. 2012. *Proses Pengolahan Air Limbah dengan Biakan Tersuspensi*. Universitas Brawijaya Malang.
- Winda, dan Ign Suharto. 2015. *Pengolahan Air Limbah Tempe dengan Metode Sequencing Batch Reactor Skala Laboratorium Dan Industri Kecil Tempe*. Universitas Katolik Parahyangan Bandung.
- Wijaya, Dian dkk. 2012. *Peningkatan Pengadukan Dan Stabilitas Pendapan dengan Penambahan Serabut Kelapa Pada Sequencing Batch Reaktor Pada Limbah Rumah Sakit*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol 4 No 1. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

L

A

M

P

I

R

A

N

DOKUMENTASI PENELITIAN

➤ Pengambilan Sampel Limbah Rumah Potong Hewan



➤ **Penyaring Padatan Limbah Sebelum Masuk ke Reservoir**



➤ Reaktor *Sequencing Batch Reactor*



➤ Analisis Parameter BOD, COD, dan Nitrogen



HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Two way ANOVA

Pengujian yang dilakukan menggunakan metode uji beda rata-rata yaitu uji two way anova (untuk membandingkan lebih dari 2 kelompok) yaitu membandingkan perbedaan rata-rata hasil olahan antar waktu (yaitu 2-4-1, 2-6-1, dan 2-8-1), dan perbedaan rata-rata hasil olahan antar konsentrasi oksigen (5 mg/L, dan 7 mg/L). Hipotesis analisis yang digunakan adalah sebagai berikut:

H_0 : Terdapat perbedaan rata-rata yang tidak nyata antar kelompok berdasarkan respon yang diamati;

H_1 : Terdapat perbedaan rata-rata yang nyata antar kelompok berdasarkan respon yang diamati.

Dengan kriteria pengujian sebagai berikut:

jika nilai signifikansi < 0.05 , maka H_0 ditolak ;

jika nilai signifikansi > 0.05 , maka H_0 diterima.

Respon yang diamati yaitu BOD, COD, dan Nitrogen. Hasil pengujian sebagai berikut:

1. BOD

Tabel 1. Tabel Deskriptif parameter BOD

Kelompok	Rata-rata	Std. Deviasi	Rata-rata	
			Waktu	Konsentrasi Oksigen
W1 K1	5053.00	209.304	W1 (2-4-1) = 5847.250	K1 (5 mg/L) = 4263.500
W1 K2	6641.50	301.935		
W2 K1	4330.50	495.682	W2 (2-6-1) = 5230.750	K2 (7 mg/L) = 5465.500
W2 K2	6131.00	63.640		
W3 K1	3407.00	280.014	W3 (2-8-1) = 3515.500	
W3 K2	3624.00	189.505		

Pengujian perbedaan waktu dan konsentrasi oksigen, berdasarkan angka BOD yang diukur dilakukan dengan menggunakan two way ANOVA. Dari proses analisis, didapatkan tabel ANOVA sebagai berikut :

Tabel 2. Tabel ANOVA angka BOD

SK	F hit	Sig. F	F tab 5%	Keterangan
Waktu	23.631*	0.000	4.459	Signifikan
Oksigen	17.541*	0.003	5.318	Signifikan

Ket.: ns = tidak signifikan ; * = berbeda signifikan (α 5%).

Berdasarkan hasil pengujian ANOVA pada tabel 2, didapatkan pada sumber keragaman waktu dengan nilai F_{hitung} sebesar 23.631 lebih besar dari pada nilai F_{tabel} , dan nilai

signifikansi sebesar 0.000 lebih kecil dari nilai α (0.05), sehingga dapat dinyatakan bahwa terdapat perbedaan rata-rata yang nyata antara faktor waktu yang digunakan berdasarkan angka BOD yang diukur.

Berdasarkan hasil pengujian ANOVA pada tabel 2, didapatkan pada sumber keragaman konsentrasi oksigen dengan nilai F_{hitung} sebesar 17.541 lebih besar dari pada nilai F_{tabel} , dan nilai signifikansi sebesar 0.003 lebih kecil dari nilai α (0.05), sehingga dapat dinyatakan bahwa terdapat perbedaan rata-rata yang nyata antara konsentrasi oksigen yang digunakan berdasarkan angka BOD yang diukur.

Tabel 3. Tabel Deskriptif parameter BOD

Rata-rata hasil olahan

Waktu	Notasi	Konsentrasi Oksigen	Notasi
W1 (2-4-1) = 5847.250	b	K1 (5 .mg/L) = 4263.500	a
W2 (2-6-1) = 5230.750	b		K2 (7 mg/L) = 5465.500
W3 (2-8-1) = 3515.500	a		

Sumber keragaman waktu menunjukkan hasil berbeda nyata. Untuk melihat letak perbedaannya, dilakukan uji lanjut dengan Duncan (DMRT 5%) dengan hasil notasi pada tabel 3. Dari kolom notasi tersebut diperoleh bahwa :

- W1 (waktu 2-4-1) berbeda nyata dengan W3 (waktu 2-8-1). W1 (waktu 2-4-1) tidak berbeda nyata dengan W2 (waktu 2-6-1).
- W2 (waktu 2-6-1) berbeda nyata dengan W3 (waktu 2-8-1). W2 (waktu 2-6-1) tidak berbeda nyata dengan W1 (waktu 2-4-1).
- W3 (waktu 2-8-1) berbeda nyata dengan W1 (waktu 2-4-1), dan W2 (waktu 2-6-1).

Sumber keragaman konsentrasi oksigen menunjukkan hasil berbeda nyata yang berarti rata-rata hasil olahan konsentrasi oksigen 7 mg/L yang lebih tinggi dari rata-rata hasil olahan konsentrasi oksigen 5 mg/L berbeda jauh.

2. COD

Tabel 4. Tabel Deskriptif parameter COD

Kelompok	Rata-rata	Std. Deviasi	Rata-rata	
			Waktu	Konsentrasi Oksigen
W1 K1	5207.00	287.035	W1 (2-4-1) = 6441.000	K1 (5 mg/L) = 4599.167
W1 K2	7675.00	239.002		
W2 K1	5100.50	402.344	W2 (2-6-1) = 6272.750	K2 (7 mg/L) = 6740.500
W2 K2	7445.00	105.066		
W3 K1	3490.00	339.411	W3 (2-8-1) = 4295.750	
W3 K2	5101.50	256.680		

Pengujian perbedaan waktu dan konsentrasi oksigen, berdasarkan angka COD yang diukur dilakukan dengan menggunakan two way ANOVA. Dari proses analisis, didapatkan tabel ANOVA sebagai berikut :

Tabel 5. Tabel ANOVA angka COD

SK	F hit	Sig. F	F tab 5%	Keterangan
Waktu	49.369*	0.000	4.459	Signifikan
Oksigen	119.297*	0.000	5.318	Signifikan

Ket.: ns = tidak signifikan ; * = berbeda signifikan (α 5%).

Berdasarkan hasil pengujian ANOVA pada tabel 5, didapatkan pada sumber keragaman waktu dengan nilai F_{hitung} sebesar 49.369 lebih besar dari pada nilai F_{tabel} , dan nilai signifikansi sebesar 0.000 lebih kecil dari nilai α (0.05), sehingga dapat dinyatakan bahwa terdapat perbedaan rata-rata yang nyata antara faktor waktu yang digunakan berdasarkan angka COD yang diukur.

Berdasarkan hasil pengujian ANOVA pada tabel 5, didapatkan pada sumber keragaman konsentrasi oksigen dengan nilai F_{hitung} sebesar 119.297 lebih besar dari pada nilai F_{tabel} , dan nilai signifikansi sebesar 0.000 lebih kecil dari nilai α (0.05), sehingga dapat dinyatakan bahwa terdapat perbedaan rata-rata yang nyata antara konsentrasi oksigen yang digunakan berdasarkan angka COD yang diukur.

Tabel 6. Tabel Deskriptif parameter COD

Rata-rata hasil olahan

Waktu	Notasi	Konsentrasi Oksigen	Notasi
W1 (2-4-1) = 6441.000	b	K1 (5 mg/L) = 4599.167	a
W2 (2-6-1) = 6272.750	b		
W3 (2-8-1) = 4295.750	a	K2 (7 mg/L) = 6740.500	b

Sumber keragaman waktu menunjukkan hasil berbeda nyata. Untuk melihat letak perbedaannya, dilakukan uji lanjut dengan Duncan (DMRT 5%) dengan hasil notasi pada tabel 6. Dari kolom notasi tersebut diperoleh bahwa :

- W1 (waktu 2-4-1) berbeda nyata dengan W3 (waktu 2-8-1). W1 (waktu 2-4-1) tidak berbeda nyata dengan W2 (waktu 2-6-1).
- W2 (waktu 2-6-1) berbeda nyata dengan W3 (waktu 2-8-1). W2 (waktu 2-6-1) tidak berbeda nyata dengan W1 (waktu 2-4-1).
- W3 (waktu 2-8-1) berbeda nyata dengan W1 (waktu 2-4-1), dan W2 (waktu 2-6-1).

Sumber keragaman konsentrasi oksigen menunjukkan hasil berbeda nyata yang berarti rata-rata hasil olahan konsentrasi oksigen 7 mg/L yang lebih tinggi dari rata-rata hasil olahan konsentrasi oksigen 5 mg/L berbeda jauh.

3. Nitrogen

Tabel 7. Tabel Deskriptif parameter Nitrogen

Kelompok	Rata-rata	Std. Deviasi	Rata-rata	
			Waktu	Konsentrasi Oksigen
W1 K1	4989.00	227.688	W1 (2-4-1) = 5813.000	K1 (5 mg/L) = 4332.833
W1 K2	6637.00	9.899		
W2 K1	4600.50	24.749	W2 (2-6-1) = 5352.250	K2 (7 mg/L) = 5996.167
W2 K2	6104.00	248.902		
W3 K1	3409.00	106.066	W3 (2-8-1) = 4328.250	
W3 K2	5247.50	58.690		

Pengujian perbedaan waktu dan konsentrasi oksigen, berdasarkan angka nitrogen yang diukur dilakukan dengan menggunakan two way ANOVA. Dari proses analisis, didapatkan tabel ANOVA sebagai berikut :

Tabel 8. Tabel ANOVA angka Nitrogen

SK	F hit	Sig. F	F tab 5%	Keterangan
Waktu	99.545*	0.000	4.459	Signifikan
Oksigen	357.636*	0.000	5.318	Signifikan

Ket.: ns = tidak signifikan ; * = berbeda signifikan (α 5%).

Berdasarkan hasil pengujian ANOVA pada tabel 8, didapatkan pada sumber keragaman waktu dengan nilai F_{hitung} sebesar 99.545 lebih besar dari pada nilai F_{tabel} , dan nilai signifikansi sebesar 0.000 lebih kecil dari nilai α (0.05), sehingga dapat dinyatakan bahwa terdapat perbedaan rata-rata yang nyata antara faktor waktu yang digunakan berdasarkan angka nitrogen yang diukur.

Berdasarkan hasil pengujian ANOVA pada tabel 5, didapatkan pada sumber keragaman konsentrasi oksigen dengan nilai F_{hitung} sebesar 357.636 lebih besar dari pada nilai

F_{tabel} , dan nilai signifikansi sebesar 0.000 lebih kecil dari nilai α (0.05), sehingga dapat dinyatakan bahwa terdapat perbedaan rata-rata yang nyata antara konsentrasi oksigen yang digunakan berdasarkan angka nitrogen yang diukur.

Tabel 9. Tabel Deskriptif parameter Nitrogen

Rata-rata hasil olahan

Waktu	Notasi	Konsentrasi Oksigen	Notasi
W1 (2-4-1) = 5813.000	c	K1 (5 mg/L) = 4332.833	a
W2 (2-6-1) = 5352.250	b	K2 (7 mg/L) = 5996.167	b
W3 (2-8-1) = 4328.250	a		

Sumber keragaman waktu menunjukkan hasil berbeda nyata. Untuk melihat letak perbedaannya, dilakukan uji lanjut dengan Duncan (DMRT 5%) dengan hasil notasi pada tabel 6. Dari kolom notasi tersebut diperoleh bahwa :

- W1 (waktu 2-4-1) berbeda nyata dengan W2 (waktu 2-6-1), dan W3 (waktu 2-8-1).
- W2 (waktu 2-6-1) berbeda nyata dengan W1 (waktu 2-4-1), dan W3 (waktu 2-8-1).
- W3 (waktu 2-8-1) berbeda nyata dengan W1 (waktu 2-4-1), dan W2 (waktu 2-6-1).

Sumber keragaman konsentrasi oksigen menunjukkan hasil berbeda nyata yang berarti rata-rata hasil olahan konsentrasi oksigen 7 mg/L yang lebih tinggi dari rata-rata hasil olahan konsentrasi oksigen 5 mg/L berbeda jauh.

Lampiran 1. Output SPSS Anova BOD

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
waktu	1.00	2-4-1	4
	2.00	2-6-1	4
	3.00	2-8-1	4
konsentrasi oksigen	1.00	konsentrasi 5 mg/L	6
	2.00	konsentrasi 7 mg/L	6

Descriptive Statistics

Dependent Variable: BOD

waktu	konsentrasi oksigen	Mean	Std. Deviation	N
2-4-1	konsentrasi 5 mg/L	5053.0000	209.30361	2
	konsentrasi 7 mg/L	6641.5000	301.93460	2
	Total	5847.2500	941.32960	4
2-6-1	konsentrasi 5 mg/L	4330.5000	495.68185	2
	konsentrasi 7 mg/L	6131.0000	63.63961	2
	Total	5230.7500	1078.81891	4
2-8-1	konsentrasi 5 mg/L	3407.0000	280.01429	2
	konsentrasi 7 mg/L	3624.0000	189.50482	2
	Total	3515.5000	231.95474	4
Total	konsentrasi 5 mg/L	4263.5000	786.21874	6
	konsentrasi 7 mg/L	5465.5000	1453.62330	6
	Total	4864.5000	1278.85656	12

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: BOD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.601E7	3	5337787.500	21.601	.000
Intercept	2.840E8	1	2.840E8	1149.141	.000
waktu	1.168E7	2	5839475.250	23.331	.000
oksigen	4334412.000	1	4334412.000	17.541	.003
Error	1976852.500	8	247106.563		
Total	3.020E8	12			
Corrected Total	1.799E7	11			

a. R Squared = .890 (Adjusted R Squared = .849)

Post Hoc Tests

waktu

Multiple Comparisons

Dependent Variable: BOD

	(I) waktu	(J) waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	2-4-1	2-6-1	616.5000	351.50147	.245	-387.8959	1620.8959
		2-8-1	2331.7500*	351.50147	.000	1327.3541	3336.1459
	2-6-1	2-4-1	-616.5000	351.50147	.245	-1620.8959	387.8959
		2-8-1	1715.2500*	351.50147	.003	710.8541	2719.6459
	2-8-1	2-4-1	-2331.7500*	351.50147	.000	-3336.1459	-1327.3541
		2-8-1	-1715.2500*	351.50147	.003	-2719.6459	-710.8541

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 247106.563.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

BOD

waktu	N	Subset	
		1	2
Tukey HSD ^{a,b}	2-8-1	4	3515.5000
	2-6-1	4	5230.7500
	2-4-1	4	5847.2500
	Sig.		1.000
Duncan ^{a,b}	2-8-1	4	3515.5000
	2-6-1	4	5230.7500
	2-4-1	4	5847.2500
	Sig.		1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 247106.563.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

b. Alpha = .05.

Lampiran 2. Output SPSS Anova COD

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
waktu	1.00	2-4-1	4
	2.00	2-3-1	4
	3.00	2-8-1	4
konsentrasi oksigen	1.00	konsentrasi 5 mg/L	6
	2.00	konsentrasi 7 mg/L	6

Descriptive Statistics

Dependent Variable:COD

waktu	konsentrasi oksigen	Mean	Std. Deviation	N
2-4-1	konsentrasi 5 mg/L	5207.0000	287.08535	2
	konsentrasi 7 mg/L	7675.0000	239.00209	2
	Total	6441.0000	1441.12965	4
2-6-1	konsentrasi 5 mg/L	5100.5000	402.34376	2
	konsentrasi 7 mg/L	7445.0000	106.06602	2
	Total	6272.7500	1374.74977	4
2-8-1	konsentrasi 5 mg/L	3490.0000	339.41125	2
	konsentrasi 7 mg/L	5101.5000	256.67976	2
	Total	4295.7300	962.29184	4
Total	konsentrasi 5 mg/L	4599.1667	901.28717	6
	konsentrasi 7 mg/L	6740.5000	1284.22113	6
	Total	5669.8333	1539.29257	12

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:COD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.514E7	3	8380390.500	72.678	.000
Intercept	3.859E8	1	3.858E8	3345.503	.000
waktu	1.139E7	2	5692623.083	49.369	.000
oksigen	1.376E7	1	1.376E7	119.297	.000
Error	922466.167	8	115308.271		
Total	4.118E8	12			
Corrected Total	2.606E7	11			

a. R Squared = .965 (Adjusted R Squared = .951)

Post Hoc Tests

waktu

Multiple Comparisons

Dependent Variable:COD

	(I) waktu	(J) waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	2-4-1	2-6-1	168.2500	240.11276	.770	-517.8588	854.3588
		2-8-1	2145.2500*	240.11276	.000	1459.1412	2831.3588
	2-6-1	2-4-1	-168.2500	240.11276	.770	-854.3588	517.8588
		2-8-1	1977.0000*	240.11276	.000	1290.8912	2663.1088
	2-8-1	2-4-1	-2145.2500*	240.11276	.000	-2831.3588	-1459.1412
		2-6-1	-1977.0000*	240.11276	.000	-2663.1088	-1290.8912

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 115308.271.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

COD

	waktu	N	Subset	
			1	2
Tukey HSD ^{ab}	2-8-1	4	4295.7500	
	2-6-1	4		6272.7500
	2-4-1	4		6441.0000
	Sig.		1.000	.770
Duncan ^{ab}	2-8-1	4	4295.7500	
	2-6-1	4		6272.7500
	2-4-1	4		6441.0000
	Sig.		1.000	.503

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 115308.271.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

b. Alpha = .05.

Lampiran 3. Output SPSS Anova Nitrogen

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
waktu	1.00	2-4-1	4
	2.00	2-6-1	4
	3.00	2-8-1	4
konsentrasi oksigen	1.00	konsentrasi 5 mg/L	6
	2.00	konsentrasi 7 mg/L	6

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Nitrogen

waktu	konsentrasi oksigen	Mean	Std. Deviation	N
2-4-1	konsentrasi 5 mg/L	4989.0000	227.68838	2
	konsentrasi 7 mg/L	6637.0000	9.89949	2
	Total	5813.0000	960.52833	4
2-6-1	konsentrasi 5 mg/L	4600.5000	24.74874	2
	konsentrasi 7 mg/L	6104.0000	248.90159	2
	Total	5352.2500	879.97666	4
2-8-1	konsentrasi 5 mg/L	3409.0000	106.06602	2
	konsentrasi 7 mg/L	5247.5000	58.68986	2
	Total	4328.2500	1063.76325	4
Total	konsentrasi 5 mg/L	4332.8333	744.98870	6
	konsentrasi 7 mg/L	5996.1667	637.35215	6
	Total	5164.5000	1091.54449	12

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Nitrogen

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.292E7	3	4308832.914	185.575	.000
Intercept	3.201E8	1	3.201E8	13791.125	.000
waktu	4620465.500	2	2310232.750	99.545	.000
oksigen	8300033.333	1	8300033.333	357.636	.000
Error	185664.167	8	23208.021		
Total	3.332E8	12			
Corrected Total	1.311E7	11			

a. R Squared = .986 (Adjusted R Squared = .981)

Post Hoc Tests

waktu

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Nitrogen

	(I) waktu	(J) waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	2-4-1	2-6-1	460.7500*	107.72191	.007	152.9406	768.5594
		2-8-1	1484.7500*	107.72191	.000	1176.9406	1792.5594
	2-6-1	2-4-1	-460.7500*	107.72191	.007	-768.5594	-152.9406
		2-8-1	1024.0000*	107.72191	.000	716.1806	1331.8094
	2-8-1	2-4-1	-1484.7500*	107.72191	.000	-1792.5594	-1176.9406
		2-6-1	-1024.0000*	107.72191	.000	-1331.8094	-716.1906

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 23208.021.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

Nitrogen

	waktu	N	Subset		
			1	2	3
Tukey HSD ^{a,b}	2-8-1	4	4328.2500		
	2-6-1	4		5352.2500	
	2-4-1	4			5813.0000
	Sig.		1.000	1.000	1.000
Duncan ^{a,b}	2-8-1	4	4328.2500		
	2-6-1	4		5352.2500	
	2-4-1	4			5813.0000
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 23208.021.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

b. Alpha = .05.