

repository.ub.ac.id

**STUDI EFEKTIFITAS PENURUNAN KADAR BOD, COD DAN NH<sub>3</sub>  
PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT MENGGUNAKAN  
*ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR***

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**YOHANA VIVIT**  
**NIM. 0610640079-64**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2011**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

## LEMBAR PERSETUJUAN

STUDI EFEKTIFITAS PENURUNAN KADAR BOD, COD DAN  $\text{NH}_3$  PADA  
LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT MENGGUNAKAN *ROTATING BIOLOGICAL*  
*CONTACTOR*

### SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

**YOHANA VIVIT**  
**NIM. 0610640079**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS.**  
**NIP. 19600907 198603 2 002**

**Dr. Eng. Donny Harisuseno, ST, MT**  
**NIP.19750227 199903 1 001**

## LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI EFEKTIFITAS PENURUNAN KADAR BOD, COD DAN NH<sub>3</sub> PADA  
LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT MENGGUNAKAN *ROTATING BIOLOGICAL  
CONTACTOR***

### SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

**YOHANA VIVIT**  
**NIM. 0610640079-64**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
tanggal 19 Januari 2011

**Dosen Pembimbing dan Penguji**

**Dosen Pembimbing dan Penguji**

**Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS.**  
**NIP. 19600907 198603 2 002**

**Dr. Eng. Donny Harisuseno, ST, MT**  
**NIP.19750227 199903 1 001**

**Dosen Penguji**

**Dosen Penguji**

**Yatnanta Padma Devia, ST, MT.**  
**NIP. 19740813 199903 2 002**

**Ir. Ussy Andawayanti, MS**  
**NIP. 19610131 198609 2 001**

**Mengetahui**  
**Ketua Jurusan Teknik Pengairan**

**Ir. Dwi Priyantoro, MS.**  
**NIP. 19580502 198503 1 001**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini.

Skripsi yang berjudul “**STUDI EFEKTIFITAS PENURUNAN KADAR BOD, COD DAN NH<sub>3</sub> PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT MENGGUNAKAN *ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR***” ini merupakan suatu persyaratan wajib bagi setiap mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Dwi Priyantoro, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Ibu Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS selaku dosen pembimbing.
3. Bapak Dr. Eng Donny Harisuseno, ST, MT selaku dosen pembimbing.
4. Ibu Yatnanta Padma Devia, ST, MT selaku dosen penguji.
5. Ibu Ir. Ussy Andawayanti, MS selaku dosen penguji.
6. Direktur RSUD Kepanjen yang telah memberi ijin kegiatan penelitian, Kepala IPS-SL RSUD Kepanjen beserta staff yang telah membantu dalam penelitian di lapangan.
7. Bapak dan Ibu serta seluruh keluarga besar yang selalu mendoakan dan memberi motivasi selama studi dan penyusunan skripsi.
8. Teman-teman Mahasiswa Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penulis sadar bahwa laporan ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca. Akhirnya, penulis ucapkan terima kasih dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat. Amin.

Malang, Januari 2011

Penyusun

Yohana Vivit

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>ABSTRAK</b> .....	xii
<b>SUMARRY</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Permasalahan.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Rumusan Masalah.....	3
1.5. Tujuan Penelitian.....	3
1.6. Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1. Air Limbah.....	4
2.1.1. Pengertian Air Limbah.....	4
2.2. Sifat – sifat Air Limbah.....	4
2.2.1. Sifat Fisik.....	4
2.2.2. Sifat Kimia.....	6
2.2.3. Sifat Biologis.....	9
2.3. Pengolahan Air Limbah.....	10
2.3.1. Pengolahan Menurut Tingkatannya.....	11
2.3.1.1.Pengolahan Pendahuluan.....	11
2.3.1.2.Pengolahan Tahap Pertama.....	11
2.3.1.3.Pengolahan Tahap Kedua.....	11
2.3.1.4.Pengolahan Lanjutan.....	12
2.3.2. Pengolahan Menurut Karakteristiknya.....	12
2.3.2.1.Metode Pengolahan Secara Fisik.....	12
2.3.2.2.Metode Pengolahan Secara Kimia.....	13
2.3.2.3.Metode Pengolahan secara Biologis.....	14

2.4. Air Limbah Rumah Sakit .....	17
2.4.1. Sumber-sumber Air Limbah Rumah Sakit .....	17
2.4.1.1. Limbah Klinik .....	17
2.4.1.2. Limbah Bukan Klinik .....	18
2.4.1.3. Air Limbah Dari Dapur ( <i>Kitchen</i> ) .....	18
2.4.1.4. Air Limbah Dari Ruang Cuci ( <i>Laundry</i> ) .....	18
2.4.1.5. Air Limbah dari Ruang Isotop (Radiologi dan Laboratorium) .....	19
2.4.1.6. Air Limbah Dari Ruang Operasi .....	19
2.5. Baku Mutu Limbah Rumah Sakit .....	19
2.6. Parameter-parameter Kualitas Air Yang Dikaji .....	21
2.6.1. BOD ( <i>Biochemical Oxygen Demand</i> ) .....	21
2.6.2. COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> ) .....	22
2.6.3. NH <sub>3</sub> .....	23
2.7. Evaluasi Efektifitas Penurunan Parameter Limbah .....	23
2.8. <i>Rotating Biological Contactor</i> (RBC) .....	24
2.8.1. Prinsip Pengolahan .....	24
2.8.2. Pertumbuhan Mikroorganisme di Dalam <i>Rotating                     Biological Contactor</i> .....	25
2.8.3. Proses Pengolahan .....	26
2.8.4. Parameter Desain <i>Rotating Biological Contactor</i> (RBC) .....	28
2.8.5. Modul Media <i>Rotating Biological Contactor</i> (RBC) ...	32
2.8.6. Keunggulan dan Kelemahan .....	33
2.8.7. Masalah yang Terjadi Pada Proses <i>Rotating Biological                     Contactor</i> (RBC) .....	33

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Lokasi Penelitian .....	35
3.2. Bahan dan Alat .....	35
3.2.1. Bahan .....	35
3.2.2. Alat .....	36
3.3. Rancangan Percobaan .....	38
3.4. Pelaksanaan Percobaan .....	39
3.4.1. Persiapan Bahan Baku Limbah Cair Rumah Sakit .....	39

3.4.2. Pengaturan Laju Aliran .....	40
3.4.3. Proses Pengolahan RBC ( <i>Rotating Biological Contactor</i> ) .....	40
3.4.4. Analisa Parameter .....	41
3.4.4.1. Prosedur Analisa BOD ( <i>Biochemical Oxygen Demand</i> ).....	41
3.4.4.2. Prosedur Analisa COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> ).....	44
3.4.4.3. Prosedur Analisa NH <sub>3</sub> .....	45

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Umum .....	49
4.2. Perancangan <i>Rotating Biological Contactor</i> .....	49
4.2.1. Perhitungan Beban Limbah .....	49
4.2.2. Perencanaan Desain RBC .....	50
4.3. Kondisi Lingkungan Selama Penelitian.....	53
4.3.1. Parameter pH .....	53
4.3.2. Parameter Suhu .....	62
4.4. Penurunan Kadar BOD, COD dan NH <sub>3</sub> .....	71
4.4.1. Penurunan Kadar BOD ( <i>Biochemical Oxygen Demand</i> ).....	71
4.4.2. Penurunan Kadar COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> ) .....	80
4.4.3. Penurunan Kadar NH <sub>3</sub> .....	85
4.5. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kemampuan Menurunkan Kadar Parameter .....	94
4.5.1. Pengaruh Kecepatan Putaran .....	94
4.5.2. Pengaruh Luas Area Terendam.....	97
4.6. Efektifitas Penurunan Kadar BOD, COD dan NH <sub>3</sub> .....	101

**BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan .....	104
5.2. Saran .....	105

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Kandungan Senyawa Organik dalam Air Buangan .....	8
Tabel 2.2.	Baku Mutu Limbah Cair berdasarkan Kep.Gub. No. 61 Tahun 1999 bagi Kegiatan Rumah Sakit .....	20
Tabel 2.3.	Hubungan antara konsentrasi BOD inlet dan beban BOD untuk mendapatkan efisiensi penghilangan BOD 90% .....	29
Tabel 2.4.	Hubungan antara beban BOD dengan efisiensi penghilangan BOD untuk air limbah domestik .....	29
Tabel 3.1.	Variasi percobaan yang dilakukan .....	39
Tabel 4.1.	Nilai Parameter yang Direncanakan .....	49
Tabel 4.2.	Tipikal Desain RBC .....	50
Tabel 4.3.	Tabel Pengamatan pH Reaktor RBC .....	53
Tabel 4.4.	Tabel Perhitungan Selisih pH pada Hari Kedua .....	56
Tabel 4.5.	Tabel Perhitungan Selisih pH pada Hari Pertama dan Kedua .....	59
Tabel 4.6.	Tabel Pengamatan Suhu Reaktor RBC .....	62
Tabel 4.7.	Tabel Perhitungan Selisih Penurunan Suhu pada Hari Kedua .....	65
Tabel 4.8.	Tabel Perhitungan Selisih Penurunan Suhu pada Hari Pertama dan Kedua .....	68
Tabel 4.9.	Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter BOD pada Variasi Perlakuan I (Disc Terendam 70% dan Kecepatan Putaran 2 rpm) .....	72
Tabel 4.10.	Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter BOD pada Variasi Perlakuan II (Disc Terendam 70% dan Kecepatan Putaran 5 rpm) .....	73
Tabel 4.11.	Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter BOD pada Variasi Perlakuan III (Disc Terendam 40% dan Kecepatan Putaran 2 rpm) .....	74
Tabel 4.12.	Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter BOD pada Variasi Perlakuan IV (Disc Terendam 40% dan Kecepatan Putaran 5 rpm) .....	74
Tabel 4.13.	Hubungan antara beban BOD dengan efisiensi penghilangan BOD untuk air limbah domestik .....	77
Tabel 4.14.	Perhitungan Penurunan BOD Teoritis .....	79



Tabel 4.15.	Perhitungan Selisih Penurunan BOD Teoritis dan Aktual.....	79
Tabel 4.16.	Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter COD pada Variasi Perlakuan I ( <i>Disc</i> Terendam 70% dan Kecepatan Putaran 2 rpm) .....	81
Tabel 4.17.	Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter COD pada Variasi Perlakuan II ( <i>Disc</i> Terendam 70% dan Kecepatan Putaran 5 rpm) .....	81
Tabel 4.18.	Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter COD pada Variasi Perlakuan III ( <i>Disc</i> Terendam 40% dan Kecepatan Putaran 2 rpm) .....	82
Tabel 4.19.	Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter COD pada Variasi Perlakuan IV ( <i>Disc</i> Terendam 40% dan Kecepatan Putaran 5 rpm) .....	83
Tabel 4.20.	Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter NH <sub>3</sub> pada Variasi Perlakuan I ( <i>Disc</i> Terendam 70% dan Kecepatan Putaran 2 rpm) .....	86
Tabel 4.21.	Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter NH <sub>3</sub> pada Variasi Perlakuan II ( <i>Disc</i> Terendam 70% dan Kecepatan Putaran 5 rpm) .....	87
Tabel 4.22.	Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter NH <sub>3</sub> pada Variasi Perlakuan III ( <i>Disc</i> Terendam 40% dan Kecepatan Putaran 2 rpm) .....	88
Tabel 4.23.	Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter NH <sub>3</sub> pada Variasi Perlakuan IV ( <i>Disc</i> Terendam 40% dan Kecepatan Putaran 5 rpm) .....	88
Tabel 4.24.	Perhitungan Penurunan NH <sub>3</sub> Teoritis .....	93
Tabel 4.25.	Perhitungan Selisih Penurunan NH <sub>3</sub> Teoritis dan Aktual .....	93
Tabel 4.26.	Pengaruh Putaran terhadap BOD .....	95
Tabel 4.27.	Pengaruh Putaran terhadap COD .....	95
Tabel 4.28.	Pengaruh Putaran terhadap NH <sub>3</sub> .....	96
Tabel 4.29.	Perbandingan Penurunan Teori dan Penurunan Aktual Akibat Pengaruh Putaran .....	97
Tabel 4.30.	Pengaruh Luas Area Terendam terhadap BOD .....	98
Tabel 4.31.	Pengaruh Luas Area Terendam terhadap COD .....	99

Tabel 4.32. Pengaruh Luas Area Terendam terhadap $NH_3$ .....	100
Tabel 4.33. Perbandingan Penurunan Teoritis dan Penurunan Aktual Akibat Pengaruh Luas Area Terendam.....	100
Tabel 4.34. Rekapitulasi Penurunan Parameter dengan Berbagai Variasi Perlakuan .....	101



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Kelompok bakteri metabolik yang terlibat dalam penguraian air limbah dalam sistem anaerob .....	15
Gambar 2.2.	Mekanisme proses penguraian senyawa organik oleh mikroorganisme di dalam RBC .....	26
Gambar 2.3.	Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC .....	28
Gambar 2.4.	Hubungan antara harga G dan beban hidrolis terhadap efisiensi penghilangan BOD .....	30
Gambar 2.5.	Aliran air limbah dan arah putaran pada reaktor RBC .....	32
Gambar 3.1.	Lokasi Pengambilan Sampel Air Limbah .....	35
Gambar 3.2.	Sketsa Peralatan Utama RBC ( <i>Rotating Biological Contactor</i> ) .....	37
Gambar 3.3.	Detail Reaktor RBC ( <i>Rotating Biological Contactor</i> ) .....	38
Gambar 3.4.	Sketsa IPAL RSUD Kepanjen .....	40
Gambar 3.5.	Diagram Proses Pengolahan Limbah Cair Pada IPAL RSUD Kepanjen .....	47
Gambar 3.6.	Diagram Alir Penelitian .....	48
Gambar 4.1.	Sketsa Peralatan Utama RBC ( <i>Rotating Biological Contactor</i> ) .....	52
Gambar 4.2.	Pengamatan pH reaktor RBC dengan variasi <i>disc</i> terendam 70% dan putaran 2 rpm .....	54
Gambar 4.3.	Pengamatan pH reaktor RBC dengan variasi <i>disc</i> terendam 70% dan putaran 5 rpm .....	54
Gambar 4.4.	Pengamatan pH reaktor RBC dengan variasi <i>disc</i> terendam 40% dan putaran 2 rpm .....	55
Gambar 4.5.	Pengamatan pH reaktor RBC dengan variasi <i>disc</i> terendam 40% dan putaran 5 rpm .....	55
Gambar 4.6.	Selisih pH (variasi <i>disc</i> terendam 70 % dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 2 .....	57
Gambar 4.7.	Selisih pH (variasi <i>disc</i> terendam 70 % dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 2 .....	57
Gambar 4.8.	Selisih pH (variasi <i>disc</i> terendam 40 % dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 2 .....	58

Gambar 4.9.	Selisih pH (variasi <i>disc</i> terendam 40 % dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 2 .....	58
Gambar 4.10.	Selisih pH (variasi <i>disc</i> terendam 70 % dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2 .....	60
Gambar 4.11.	Selisih pH (variasi <i>disc</i> terendam 70 % dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2 .....	60
Gambar 4.12.	Selisih pH (variasi <i>disc</i> terendam 40 % dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2 .....	61
Gambar 4.13.	Selisih pH (variasi <i>disc</i> terendam 40 % dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2 .....	61
Gambar 4.14.	Pengamatan suhu reaktor RBC dengan variasi <i>disc</i> terendam 70% dan putaran 2 rpm.....	63
Gambar 4.15.	Pengamatan suhu reaktor RBC dengan variasi <i>disc</i> terendam 70% dan putaran 5 rpm.....	63
Gambar 4.16.	Pengamatan suhu reaktor RBC dengan variasi <i>disc</i> terendam 40% dan putaran 2 rpm.....	64
Gambar 4.17.	Pengamatan suhu reaktor RBC dengan variasi <i>disc</i> terendam 40% dan putaran 5 rpm.....	64
Gambar 4.18.	Selisih suhu (variasi <i>disc</i> terendam 70 % dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 2 .....	66
Gambar 4.19.	Selisih suhu (variasi <i>disc</i> terendam 70 % dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 2 .....	66
Gambar 4.20.	Selisih suhu (variasi <i>disc</i> terendam 40 % dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 2 .....	67
Gambar 4.21.	Selisih suhu (variasi <i>disc</i> terendam 40 % dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 2 .....	67
Gambar 4.22.	Selisih suhu (variasi <i>disc</i> terendam 70 % dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2 .....	69
Gambar 4.23.	Selisih suhu (variasi <i>disc</i> terendam 70 % dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2 .....	69
Gambar 4.24.	Selisih suhu (variasi <i>disc</i> terendam 40 % dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2 .....	70
Gambar 4.25.	Selisih suhu (variasi <i>disc</i> terendam 40 % dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2 .....	70



Gambar 4.26.	Kadar BOD pada variasi perlakuan I.....	73
Gambar 4.27.	Kadar BOD pada variasi perlakuan II.....	73
Gambar 4.28.	Kadar BOD pada variasi perlakuan III.....	74
Gambar 4.29.	Kadar BOD pada variasi perlakuan IV.....	75
Gambar 4.30.	Prosentase penurunan BOD pada setiap variasi perlakuan.....	75
Gambar 4.31.	Prosentase penurunan BOD pada setiap variasi perlakuan.....	76
Gambar 4.32.	Prosentase penurunan BOD pada setiap variasi perlakuan.....	76
Gambar 4.33.	Kadar COD pada variasi perlakuan I.....	81
Gambar 4.34.	Kadar COD pada variasi perlakuan II.....	82
Gambar 4.35.	Kadar COD pada variasi perlakuan III.....	82
Gambar 4.36.	Kadar COD pada variasi perlakuan IV.....	83
Gambar 4.37.	Prosentase penurunan COD pada setiap variasi perlakuan.....	84
Gambar 4.38.	Prosentase penurunan COD pada setiap variasi perlakuan.....	84
Gambar 4.39.	Prosentase penurunan COD pada setiap variasi perlakuan.....	85
Gambar 4.40.	Kadar NH <sub>3</sub> pada variasi perlakuan I.....	87
Gambar 4.41.	Kadar NH <sub>3</sub> pada variasi perlakuan II.....	87
Gambar 4.42.	Kadar NH <sub>3</sub> pada variasi perlakuan III.....	88
Gambar 4.43.	Kadar NH <sub>3</sub> pada variasi perlakuan IV.....	89
Gambar 4.44.	Prosentase penurunan NH <sub>3</sub> pada setiap variasi perlakuan.....	89
Gambar 4.45.	Prosentase penurunan NH <sub>3</sub> pada setiap variasi perlakuan.....	90
Gambar 4.46.	Prosentase penurunan NH <sub>3</sub> pada setiap variasi perlakuan.....	90
Gambar 4.47.	Pengaruh kecepatan putaran dalam kinerja <i>Rotating Biological Contactor</i> .....	94
Gambar 4.48.	Prosentase penurunan BOD terhadap pengaruh putaran.....	95
Gambar 4.49.	Prosentase penurunan COD terhadap pengaruh putaran.....	96
Gambar 4.50.	Prosentase penurunan NH <sub>3</sub> terhadap pengaruh putaran.....	96
Gambar 4.51.	Pengaruh luas area terendam dalam kinerja <i>Rotating Biological Contactor</i> .....	98
Gambar 4.52.	Prosentase penurunan BOD terhadap pengaruh luas area terendam.....	99
Gambar 4.53.	Prosentase penurunan COD terhadap pengaruh luas area terendam.....	99
Gambar 4.54.	Prosentase penurunan NH <sub>3</sub> terhadap pengaruh luas area terendam.....	100

Gambar 4.55	Penurunan BOD terhadap Variasi Perlakuan.....	102
Gambar 4.56	Penurunan COD terhadap Variasi Perlakuan.....	102
Gambar 4.57	Penurunan NH <sub>3</sub> terhadap Variasi Perlakuan.....	103



## ABSTRAK

**Yohana Vivit**, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2010, *Studi Efektifitas Penurunan Kadar BOD, COD Dan NH<sub>3</sub> Pada Limbah Cair Rumah Sakit Menggunakan Rotating Biological Contactor*, Dosen Pembimbing: Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS dan Dr.Eng Donny Harisuseno, ST, MT

*Rotating Biological Contactor* (RBC) adalah suatu proses pengolahan air limbah secara biologis yang terdiri atas *disc* melingkar yang diputar oleh poros dengan kecepatan tertentu. RBC mempunyai beberapa keuntungan, antara lain mudah dioperasikan, mudah dalam perawatan, tidak membutuhkan banyak lahan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas kemampuan reaktor RBC dalam mengolah limbah cair rumah sakit dengan berbagai variasi. Variasi yang digunakan adalah kecepatan putaran *disc*, yaitu 2 rpm dan 5 rpm serta luas area terendam *disc*, yaitu 40% dan 70%. Sedangkan sampel yang digunakan adalah air limbah Rumah Sakit Umum Daerah Kepanjen Malang. Parameter yang diteliti adalah BOD, COD, dan NH<sub>3</sub>.

Dari penelitian yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa variasi yang paling efektif dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan NH<sub>3</sub> adalah dengan kecepatan putaran *disc* 2 rpm dan luas area terendam *disc* 70% dengan input sampel limbah berbeda untuk setiap variasi percobaan. Prosentase penurunan tertinggi adalah 96,681% untuk BOD, 97,373% untuk COD, dan 96,124% untuk NH<sub>3</sub>. Kadar BOD, COD dan NH<sub>3</sub> *effluent* memenuhi baku mutu untuk limbah cair rumah sakit sesuai dengan Kep.Gub. No. 61 Tahun 1999 kurang dari 30 mg/l untuk BOD, kurang dari 80 mg/l untuk COD, dan kurang dari 0,1 mg/l untuk NH<sub>3</sub>.

Kata kunci : *Rotating Biological Contactor*, Penurunan Kadar, BOD, COD, NH<sub>3</sub>

## SUMMARY

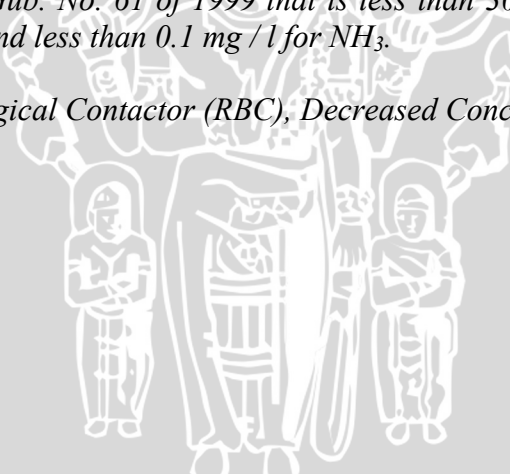
**Yohana Vivit**, Department of Water Resources, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, December 2010. *Decrease Effectiveness Studies Concentration of BOD, COD Dan NH<sub>3</sub> at Hospital Wastewater Using Rotating Biological Contactor*, Academic Supervisor: Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS. and Dr. Eng Donny Harisuseno, ST, MT.

*Rotating Biological Contactor is biological wastewater treatment by using rotated discs which are turned around by axis with the certain speed. RBC have some advantage, for example easy to operated, easy to treatment, and not require a lot of area.*

*The aim of this research is to determine the effectiveness of the ability of Rotating Biological Contactor (RBC) reactor in treating wastewater from hospital with different variations. The variations used are rotating disc, which is 2 rpm and 5 rpm and disc submerged, which is 40% and 70%. While the sample used was the wastewater Kepanjen District General Hospital Malang. Parameter studied are BOD, COD, and NH<sub>3</sub>.*

*The result in this research show that variations which effective to remove BOD, COD, and NH<sub>3</sub> are in rotating disc 2 rpm and disc submerged 70% with wastewater samples is different for each experimental variation. The highest removal efficiency is 96.681% for BOD, 97.373% for COD, and 96.124% for NH<sub>3</sub>. The concentration of BOD, COD and NH<sub>3</sub> in the effluent was fill the quality standard of hospital wastewater in accordance with Kep.Gub. No. 61 of 1999 that is less than 30 mg / l for BOD, less than 80 mg / l for COD, and less than 0.1 mg / l for NH<sub>3</sub>.*

**Keyword :** *Rotating Biological Contactor (RBC), Decreased Concentration, BOD, COD, NH<sub>3</sub>.*





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Rumah sakit adalah merupakan fasilitas sosial yang tak mungkin dapat dipisahkan dengan masyarakat, dan keberadaannya sangat diharapkan oleh masyarakat, karena sebagai manusia atau masyarakat tentu menginginkan agar kesehatan tetap terjaga. Oleh karena itu rumah sakit mempunyai kaitan yang erat dengan keberadaan kumpulan manusia atau masyarakat tersebut. Sejalan dengan perkembangan penduduk yang sangat pesat, lokasi rumah sakit yang dulunya jauh dari daerah pemukiman penduduk tersebut sekarang umumnya telah berubah dan berada di tengah pemukiman penduduk yang cukup padat, sehingga masalah pencemaran akibat limbah rumah sakit baik limbah padat atau limbah cair sering menjadi pencetus konflik antara pihak rumah sakit dengan masyarakat yang ada di sekitarnya.

Air limbah yang berasal dari limbah rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemaran air yang sangat potensial. Hal ini disebabkan karena air limbah rumah sakit mengandung senyawa organik yang cukup tinggi juga kemungkinan mengandung senyawa-senyawa kimia lain serta mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit terhadap masyarakat di sekitarnya. Oleh karena potensi dampak air limbah rumah sakit terhadap kesehatan masyarakat sangat besar, maka setiap rumah sakit diharuskan mengolah air limbahnya sampai memenuhi persyaratan standar yang berlaku.

Mengingat pertimbangan alasan tersebut, maka rumah sakit telah diwajibkan menyediakan sarana pengolahan limbah. Dengan adanya peraturan yang mengharuskan bahwa setiap rumah sakit harus mengolah air limbah sampai standar yang diijinkan, maka kebutuhan akan teknologi pengolahan air limbah rumah sakit khususnya yang murah dan hasilnya baik perlu dikembangkan. Hal ini mengingat bahwa kendala yang paling banyak dijumpai yakni teknologi yang ada saat ini masih cukup mahal, sedangkan di lain pihak dana yang tersedia untuk membangun unit alat pengolah air limbah tersebut sangat terbatas sekali.

Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dikembangkan teknologi pengolahan air limbah rumah sakit yang murah, mudah operasinya serta hemat energi, khususnya untuk rumah sakit dengan kapasitas kecil sampai sedang. Untuk mencapai tujuan tersebut, terdapat kendala yang cukup besar yakni kurangnya tersedianya teknologi pengolahan yang

baik dan harganya murah. Masalah ini menjadi kendala yang cukup besar terutama untuk rumah sakit kecil, yang mana pihak rumah sakit tidak atau belum mampu untuk membangun unit alat pengolahan air limbah sendiri, sehingga sampai saat ini masih banyak sekali rumah sakit yang membuang air limbahnya ke saluran umum.

Salah satu alternatif pengolahan limbah rumah sakit murah, mudah operasinya serta hemat energi adalah RBC (*Rotating Biological Contactor*). Prinsip kerja pengolahan air limbah dengan RBC yakni air limbah yang mengandung polutan organik dikontakkan dengan lapisan mikroorganisme (*microbial film*) yang melekat pada permukaan media di dalam suatu reaktor. Media tempat melekatnya film biologis ini berupa piringan (*disc*) dari bahan polimer atau plastik yang ringan dan disusun dari berjajar-jajar dari suatu poros sehingga membentuk suatu modul atau paket, selanjutnya modul tersebut diputar secara pelan dalam keadaan tercelup sebagian ke dalam air limbah yang mengalir secara kontinyu ke dalam reaktor tersebut.

### 1.2 Identifikasi Masalah

Air limbah rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan yang sangat potensial. Oleh karena itu air limbah tersebut perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran umum. Masalah yang sering muncul dalam hal pengelolaan limbah rumah sakit adalah terbatasnya dana yang ada untuk membangun fasilitas pengolahan limbah serta operasinya, khususnya untuk rumah sakit tipe kecil dan menengah. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dikembangkan teknologi pengolahan air limbah rumah sakit yang murah, mudah operasinya serta hemat energi, khususnya untuk rumah sakit dengan kapasitas kecil sampai sedang. Salah satu alternatif pengolahan limbah rumah sakit dapat menjawab permasalahan tersebut adalah RBC (*Rotating Biological Contactor*).

Untuk mengetahui efektifitas penerapan metode pengolahan biologi metode RBC (*Rotating Biological Contactor*) terhadap parameter BOD, COD, dan  $\text{NH}_3$  perlu diadakan uji coba RBC dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan  $\text{NH}_3$  pada limbah cair Rumah Sakit Umum Daerah Kepanjen.

### 1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan dapat dibahas secara mendetail serta tidak menyimpang dari permasalahan yang telah ditentukan, maka dalam penelitian ini diperlukan suatu batasan masalah.

Adapun batasan masalah tersebut antara lain :

1. Penelitian ini menggunakan limbah cair Rumah Sakit Umum Daerah Kanjuruhan Kapanen.
2. Parameter yang dikaji adalah BOD, COD, dan  $\text{NH}_3$ .
3. Laju aliran yang direncanakan adalah 6 l/jam.
4. Kondisi operasi percobaan dilakukan dengan variasi percobaan sebagai berikut:
  - a. Kecepatan putaran *disc* terdiri dari 2 rpm dan 5 rpm
  - b. Luas area terendam *disc* terdiri dari *disc* terendam 70 % dan *disc* terendam 40 %
5. Sampel limbah cair rumah sakit diambil pada pagi hari pukul 06.00 dan siang hari pukul 10.00

#### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang dibahas diatas, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana efektifitas menurunkan kadar BOD, COD, dan  $\text{NH}_3$  dengan menggunakan RBC (*Rotating Biological Contactor*) pada sampel air limbah RSUD Kapanen Kabupaten Malang?
2. Bagaimana pengaruh setiap variasi perlakuan terhadap efektifitas menurunkan kadar BOD, COD, dan  $\text{NH}_3$ ?

#### 1.5 Tujuan Penelitian :

Berdasarkan rumusan masalah yang diangkat, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui efektifitas menurunkan kadar BOD, COD, dan  $\text{NH}_3$  dengan menggunakan RBC (*Rotating Biological Contactor*) pada sampel air limbah RSUD Kapanen Kabupaten Malang.
2. Mengetahui pengaruh setiap variasi perlakuan terhadap efektifitas menurunkan kadar BOD, COD, dan  $\text{NH}_3$ .

#### 1.6 Manfaat Penelitian :

Manfaat dari penelitian ini diharapkan hasil penelitian yang diperoleh dapat dijadikan bahan pertimbangan dan masukan bagi peneliti maupun pihak rumah sakit dalam pengelolaan limbah cair rumah sakit agar memenuhi baku mutu limbah rumah sakit sesuai dengan Kep.Gub. No. 61 Tahun 1999 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan rumah sakit.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Air Limbah

##### 2.1.1. Pengertian Air Limbah

Menurut Sugiharto (1987), air limbah adalah kotoran dari masyarakat, rumah tangga, kawasan industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya. Dengan demikian air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum.

Air limbah menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 58 Tahun 1995 adalah semua bahan buangan yang berbentuk cair yang kemungkinan mengandung mikroorganisme patogen, bahan kimia beracun, dan radioaktivitas.

Dapat disimpulkan pengertian air limbah adalah semua bahan buangan dari masyarakat, kawasan industri, rumah sakit, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya yang mengandung mikroorganisme patogen, bahan kimia beracun, dan radioaktivitas.

Batasan yang banyak dikemukakan mengenai air limbah umumnya meliputi komposisi serta sumber darimana air limbah tersebut berasal. Misalnya air limbah rumah tangga, air limbah industri, air limbah rumah sakit dan lain-lain. Setiap jenis air limbah memiliki karakteristik masing-masing. Sehingga dalam upaya pengolahannya, setiap jenis air limbah memerlukan perlakuan yang berbeda

##### 2.2. Sifat-sifat Air Limbah

Untuk mengetahui lebih luas tentang air limbah maka perlu diketahui secara detail mengenai kandungan yang ada di dalam air limbah dan sifat-sifatnya. Berdasarkan sifatnya air limbah mempunyai tiga bagian, antara lain :

1. Sifat Fisik
2. Sifat Kimia
3. Sifat Biologi

##### 2.2.1. Sifat Fisik

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Adapun sifat fisik yang penting adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan, bau, warna dan temperatur. Sifat-sifat fisik air limbah antara lain :

1. Kandungan Zat Padat (Total Suspended Solid)

Merupakan partikel yang tersisa sebagai residu dengan evaporasi 103°-105°C. Partikel yang menguap pada suhu tersebut tidak didefinisikan sebagai Total Suspended Solid. Jumlah total endapan terdiri dari benda-benda yang mengendap, terlarut dan tercampur.

Umumnya air limbah mengandung bahan terendap yang cukup tinggi apabila diukur dan diklasifikasikan ke dalam dua golongan yaitu padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Air dikatakan keruh jika air tersebut mengandung begitu banyak partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna atau rupa yang berlumpur dan kotor. Bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan ini antara lain yaitu : tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik dan partikel-partikel kecil yang tersuspensi lainnya. Kekeruhan biasanya disebabkan karena butiran halus yang melayang.

## 2. Bau

Bau dalam air limbah biasanya disebabkan oleh produksi gas sebagai hasil dekomposisi material organik atau *substance* yang ditambahkan dalam air limbah. Umumnya bau adalah gas H<sub>2</sub>S, yang merupakan hasil reduksi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menjadi H<sub>2</sub>S oleh mikroorganisme anaerobik.

Air limbah yang mengalami proses degradasi akan menghasilkan bau. Hal ini disebabkan karena adanya zat organik terurai secara tak sempurna dalam air limbah. Selain itu juga bau timbul karena adanya zat-zat organik yang telah berurai dalam limbah mengeluarkan gas-gas seperti sulfida atau amoniak yang menimbulkan bau karena adanya campuran dari nitrogen, sulfur dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein yang dikandung limbah. Bau biasanya timbul pada limbah yang sudah lama, tetapi juga ada yang muncul pada limbah baru. Hal ini dikarenakan sumber pencemar yang berbeda.

## 3. Temperatur

Suhu air limbah lebih tinggi dari suhu air normal karena adanya penambahan panas dari aktifitas disumber. Temperatur merupakan parameter penting karena efeknya terhadap reaksi kimia, kecepatan reaksi, kehidupan aquatik dan kesesuaian air untuk kepentingan tertentu. Dampak negatifnya antara lain menyebabkan konsentrasi oksigen di badan air penerima turun. Perubahan temperatur secara tiba-tiba dapat menyebabkan kematian organisme perairan. Perubahan suhu juga dapat menyebabkan tumbuhnya tanaman air yang

tidak diinginkan. Limbah mempunyai temperatur panas yang akan mengganggu pertumbuhan biota tertentu.

Temperatur yang dikeluarkan suatu air limbah harus merupakan temperatur alami. Suhu berfungsi memperlihatkan aktifitas kimiawi dan biologis. Tingkat zat oksidasi lebih besar pada suhu tinggi dan pembusukan jarang terjadi pada suhu rendah. Pengukuran suhu penting karena pada umumnya instalasi pengolahan air limbah meliputi proses biologis yang bergantung suhu.

#### 4. Warna

Zat terlarut dalam air limbah dapat menimbulkan warna air limbah. Berdasarkan sifat-sifat penyebabnya, warna dalam air dibagi menjadi 2 jenis, yaitu warna sejati dan warna semu. Warna sejati disebabkan oleh koloida-koloida organik atau zat-zat terlarut. Sedang warna semu disebabkan oleh suspensi partikel-partikel penyebab kekeruhan.

Warna juga merupakan ciri kualitatif untuk mengkaji kondisi umum air limbah. Jika coklat, umur air kurang dari 6 jam. Warna abu-abu muda sampai abu-abu setengah tua tandanya air sedang mengalami pembusukan oleh bakteri. Jika abu-abu tua hingga hitam berarti sudah busuk akibat bakteri. Air yang berwarna dalam batas tertentu akan mengurangi segi estetika dan tidak dapat diterima oleh masyarakat

#### 5. Kekeruhan

Kekeruhan merupakan pengukuran properti air untuk mengetahui apakah sinar matahari bisa menembus air. Pengukuran kekeruhan berdasarkan perbandingan intensitas cahaya yang dipantulkan oleh air limbah dibandingkan dengan air tidak keruh pada kondisi sama.

### 2.2.2. Sifat Kimia

Kandungan bahan kimia yang ada di dalam air limbah dapat merugikan lingkungan. Bahan organik terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap.

Adapun bahan kimia yang penting di dalam air limbah pada umumnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

#### 1. Bahan Organik

Air Limbah pada umumnya mengandung senyawa organik 40% total padatan yang tersusun dari unsur-unsur seperti : H, O, N, P dan S yang bentuknya berupa senyawa protein, karbohidrat, lemak, minyak, dan detergen.

Bahan organik yang terkandung di air limbah antara lain :

#### *Protein*

Formasi protein secara kimiawi terdiri dari sejumlah asam amino. Mempunyai struktur kimia yang sangat kompleks dan tidak stabil, akan berubah menjadi bahan lain pada proses dekomposisi. Beberapa larut dalam air, sedangkan yang lain tidak larut. Struktur kimia tergabung dari kombinasi bersama asam amino. Protein merupakan penyebab utama terjadinya bau karena adanya proses pembusukan dan penguraian.

#### *Karbohidrat*

Karbohidrat terdiri dari gula, kanji, selulosa dan serat. Karbohidrat berisi karbon, hidrogen dan oksigen. Gula terlarut dalam air, *straches* tidak terlarut dalam air. Gula diuraikan oleh mikroorganisme menjadi alkohol dan CO<sub>2</sub>, sedangkan *straches* diuraikan oleh mikroorganisme menjadi gula.

#### *Lemak dan minyak*

Lemak dan minyak berada dalam air limbah melalui kontribusi dari margarin, butter, minyak sayur, daging, kacang-kacangan dan buah tertentu. Lemak tergolong bahan organik tetap dan tidak mudah diuraikan oleh bakteri.

Apabila lemak tidak dihilangkan sebelum dibuang ke saluran limbah dapat mempengaruhi kehidupan yang ada di permukaan air dan menimbulkan lapisan tipis di permukaan sehingga membentuk selaput. Kadar lemak sebesar 15-20 mg/l merupakan batas yang bisa ditolerir apabila lemak ini berada di dalam air limbah.

#### *Deterjen*

Deterjen adalah golongan dari molekul organik yang bahan dasarnya minyak nabati atau minyak bumi. Di dalam air zat ini menimbulkan buih dan selama proses aerasi buih tersebut berada di atas permukaan gelembung udara dan biasanya relatif tetap.

Tabel 2.1 Kandungan Bahan Organik Dalam Air Buangan

Senyawa Organik	Persentase
Protein	40% - 60%
Karbohidrat	25%- 50%
Lemak dan Minyak	10%

Sumber: Sugiharto, 1987

## 2. Bahan Anorganik

Keberadaan komponen-komponen anorganik dalam air limbah perlu mendapat perhatian dalam menempatkan kualitas air limbah sebagai bahan buangan, karena keberadaan bahan-bahan anorganik ini tidak menutup kemungkinan terkandung racun yang menambah beban dan potensi bahaya air limbah. Bahan anorganik yang terkandung di air limbah antara lain :

### *pH*

Merupakan konsentrasi ion hidrogen yang digunakan sebagai ukuran kualitas air maupun air limbah. pH yang baik untuk air baku ataupun limbah menurut Standar Kualitas Air Nasional adalah 6,5-8,5. Air limbah dengan konsentrasi tidak seimbang akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihan.

### *Klorida*

Berasal dari rembesan klorida yang ada di dalam batuan dan tanah serta daerah pantai dan rembesan air laut. Kotoran manusia mengandung 6 gram klorida setiap orang tiap harinya. Pengolahan secara konvensional masih kurang berhasil menghilangkan bahan ini dan dengan adanya klorida di dalam air, maka menunjukkan bahwa air tersebut telah mengalami pencemaran atau mendapat rembesan dari air laut.

### *Kebasaan*

Kebasaan adalah hasil adanya hidroksi karbonat dan bikarbonat yang berupa kalsium, magnesium, sodium, potasium, atau amoniak. Dalam hal ini yang paling utama adalah kalsium dan magnesium bikarbonat. Pada umumnya air limbah adalah basa yang diterimanya dari penyediaan air, air tanah dan bahan tambahan selama air dipergunakan.

### *Sulfur*

Sulfur alami terjadi secara alami pada banyak penyediaan air dan juga pada air limbah. Belerang diperlukan pada pembentukan protein tiruan dan



akan dibebaskan pada pemecahannya. Sulfat dapat diubah menjadi sulfid dan hidrogen sulfid oleh bakteri pada situasi *anaerob*.

#### *Zat Beracun*

Oleh karena derajat keracunan inilah, maka zat ini penting pada pengolahan dan pembuangan air limbah. Tembaga, timbal, perak dan krom serta arsen dan boron adalah zat yang sangat beracun terhadap mikroorganisme. Oleh karena itu, benda ini perlu diperhitungkan pada bangunan pengolahan secara biologis.

#### *Logam Berat*

Menentukan jumlah dari beberapa logam berat seperti nikel (Ni), magnesium (Mg), timbal (Pb), kromium (Cr), kadmium (Cd), seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe) dan air raksa (Hg) juga penting karena beberapa logam berat digunakan untuk pertumbuhan kehidupan biologis, misalnya *algae* apabila tidak ada logam pertumbuhannya akan terhambat. Akan tetapi apabila jumlahnya berlebihan akan mempengaruhi kegunaan air karena timbulnya daya racun yang dimiliki. Oleh karena itu keberadaan logam berat perlu diawasi jumlahnya di dalam air limbah.

### **2.2.3. Sifat Biologis**

Pemeriksaan biologis di dalam air limbah adalah untuk mengetahui apakah ada bakteri-bakteri patogen berada di dalam air limbah. Pemeriksaan bertujuan untuk mengukur kualitas air sehingga kita mengetahui apakah air limbah yang akan dibuang aman bila berada di lingkungan.

Keberadaan mikroorganisme dalam air limbah dapat membantu proses pengolahan sendiri (*self purification*). Namun bila mikroorganisme dalam air limbah tidak sesuai dengan ketentuan yang ada, justru akan menimbulkan gangguan bagi lingkungan. Berdasarkan kemampuan mikroorganisme untuk menimbulkan gangguan terhadap lingkungan.

Sifat biologis air limbah ditentukan berdasarkan kandungan mikroorganisme di dalamnya. Mikroorganisme yang ada di dalam air limbah antara lain :

#### 1. Bakteri

Merupakan mikroorganisme kecil bersel satu yang dapat menembus sel benda-benda organik dan dipergunakan sebagai makanan. Pada kebanyakan bakteri dapat menggunakan sinar matahari sebagai energi untuk menguraikan benda organik. Bakteri *aerob* merupakan bakteri yang

menggunakan  $O_2$  yang terlarut di dalam air limbah untuk mengoksidasi bahan organik, sedangkan yang tidak menggunakan  $O_2$  disebut bakteri *anaerob*.

#### 2. Jamur

Jamur sangat penting dalam penjernihan air seperti halnya bakteri, mereka menggunakan partikel organik yang terlarut untuk menguraikan benda organik yang ada pada air limbah. Jamur tidak melaksanakan fotosintesis dan dapat tumbuh pada daerah lembab dengan pH yang rendah, dimana pada kondisi bakteri tidak dapat hidup.

#### 3. Ganggang

Berbeda dengan bakteri dan jamur pada kemampuan dalam mengadakan fotosintesis, pemanfaatan oksigen pada pertumbuhannya. Ganggang bermanfaat pada kolam oksidasi untuk memberikan suplai oksigen pada proses oksidasi.

#### 4. Virus

Merupakan benda parasit yang kecil tetapi tidak bersel dimana tidak mempunyai inti sel, membran sel ataupun dinding sel. Virus berkembang biak pada kehidupan sel dan semuanya tidak dapat hidup bila berada diluar sel. Apabila tidak terbunuh pada proses pengolahan air limbah kemudian tercampur di badan air maka akan berkembang biak sehingga jumlahnya akan bertambah banyak. Untuk membunuh virus biasanya dipergunakan pembubuhan klorin dengan dosis tinggi.

### 2.3. Pengolahan Air Limbah

Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, COD, partikel terlarut, membunuh mikroorganisme yang bersifat pathogen serta menetralkan atau meminimalkan zat kimia yang bersifat racun. Selain itu, diperlukan juga tambahan pengolahan untuk menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun, serta bahan yang tidak dapat didegradasikan agar konsentrasi yang ada menjadi rendah. Untuk itu diperlukan pengolahan secara bertahap agar bahan tersebut di atas dapat dikurangi.

Secara garis besar tahap-tahap pengolahan limbah cair Rumah Sakit dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- Pengolahan Tahap I (Pengolahan secara fisik)
- Pengolahan Tahap II (Pengolahan secara biologis)

- Pengolahan Tahap III (Desinfeksi)

### 2.3.1. Pengolahan Limbah Menurut Tingkatannya

Tingkatan pengolahan limbah tergantung dari jenis dan kondisi limbah. Menurut Suparman dan Suparmin (2002), secara umum pengolahan menurut tingkatannya dibagi menjadi empat bagian utama yaitu:

1. Pengolahan Pendahuluan
2. Pengolahan Tahap Pertama
3. Pengolahan Tahap Kedua
4. Pengolahan lanjutan

#### 2.3.1.1. Pengolahan Pendahuluan

Pengolahan pendahuluan digunakan untuk memisahkan padatan kasar, mengurangi ukuran padatan, memisahkan minyak atau lemak, dan proses menyetarakan fluktuasi aliran bak penampung. Unit yang terdapat dalam pengolahan pendahuluan adalah:

- Saringan (*bar screen/bar racks*)
- Pencacah (*comminutor*)
- Bak penangkap pasir (*grit chamber*)
- Penangkap lemak dan minyak (*skimmer and grease trap*)
- Bak penyetaraan (*equalization basin*)

#### 2.3.1.2. Pengolahan Tahap Pertama

Pengolahan tahap pertama bertujuan untuk mengurangi kandungan padatan tersuspensi melalui proses pengendapan (*sedimentation*). Pada proses pengendapan, partikel padat dibiarkan mengendap ke dasar tangki. Bahan kimia biasanya ditambahkan untuk menetralisasi dan meningkatkan kemampuan pengurangan padatan tersuspensi. Dalam unit ini pengurangan BOD dapat mencapai 35% sedangkan padatan tersuspensi berkurang sampai 60%. Pengurangan BOD dan padatan pada tahap awal ini selanjutnya akan membantu mengurangi beban pengolahan tahap kedua.

#### 2.3.1.3. Pengolahan Tahap Kedua

Pengolahan kedua umumnya mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya, dimana air buangan kontak dengan media yang ditumbuhi lapisan bakteri. Proses aerobik terjadi karena adanya diffuser yang mengalirkan udara dari bawah bak. Pada unit ini diperkirakan terjadi pengurangan kandungan BOD dalam rentang 35-95% bergantung pada kapasitas unit pengolahannya. Reaktor pengolah lumpur aktif dan saringan penjernihan biasanya dipergunakan dalam tahap ini. Pada proses penggunaan lumpur aktif (*activated sludge*),

air limbah yang telah lama ditambahkan pada tangki aerasi dengan tujuan untuk memperbanyak jumlah bakteri secara cepat agar proses biologis dalam menguraiakan bahan organik berjalan lebih cepat.

#### **2.3.1.4. Pengolahan Lanjutan**

Beberapa standar efluen membutuhkan pengolahan tahap ketiga ataupun pengolahan lanjutan untuk menghilangkan kontaminan tertentu ataupun menyiapkan air limbah tersebut untuk pemanfaatan kembali. Pengolahan tahap ini lebih difungsikan sebagai upaya peningkatan kualitas limbah cair dari pengolahan tahap kedua agar dapat dibuang ke badan air penerima dan penggunaan kembali effluen tersebut.

Pengolahan tahap ketiga, disamping masih dibutuhkan untuk menurunkan kandungan BOD, juga dimaksudkan untuk menghilangkan senyawa fosfor dengan bahan kima sebagai koagulan, menghilangkan sisa bahan organik dan senyawa penyebab warna melalui proses absorpsi menggunakan karbon aktif, menghilangkan padatan terlarut melalui proses pertukaran ion, osmosis balik maupun elektrodialisis.

#### **2.3.2. Pengolahan Limbah Menurut Karakteristiknya**

Menurut sifat limbah, maka proses pengolahannya dapat digolongkan menjadi 3 proses, yaitu proses fisika, kimia dan biologis. Proses ini tidak berjalan sendiri-sendiri, namun terkadang harus dilaksanakan secara kombinasi.

##### **2.3.2.1. Metode Pengolahan Secara Fisik**

Metode ini meliputi penyaringan, pengecilan ukuran, pembuangan serpih, pengendapan dan filtrasi.

##### **1. Penyaringan**

Tujuan utama dari penyaringan adalah memisahkan padatan tidak terlarut dan bahan kasar lain dengan ukuran yang cukup besar. Ukuran saringan juga bervariasi, yaitu saringan kasar ( $\phi$  50 mm), saringan sedang ( $\phi$  12mm-40mm), dan saringan halus ( $\phi$  1,6 mm-3 mm). Bahan saringan umumnya adalah kawat baja yang dianyam atau jeruji besi. Penyaringan akan membuang sekitar 20 % bahan padat terapung yang ada dalam air limbah.

##### **2. Pengecilan Ukuran**

Padatan kasar dihaluskan agar menjadi kecil dengan menggunakan alat pencacah. Karena ukuran bahan padat diperkecil, maka mereka akan lolos melalui saringan menuju pengolahan selanjutnya.

##### **3. Pembuangan Serpih**

Kolam serpih yang direncanakan secara khusus digunakan untuk membuang partikel-partikel anorganik (berat jenis kira-kira 1.6-2.65), misalnya pasir, kerikil, kulit telur, tulang dan lain-lain. Tujuan kolam ini lebih utama untuk mencegah kerusakan pompa dan untuk mencegah penumpukan bahan tersebut di dalam kolam lumpur aktif.

#### 4. Pengendapan

Fungsi utama dari kolam pengendapan adalah untuk membuang bahan terlarut dari air limbah yang masuk.

Proses pengendapan dapat dibagi menjadi 3 yaitu:

##### - *Discrete Settling*

Proses pengendapan yang terjadi yaitu pengendapan partikel tanpa mengalami perubahan bentuk, ukuran maupun berat partikel.

##### - *Floculet Settling*

Proses pengendapan ini pada dasarnya sama dengan *discrete settling*, namun perhitungan secara matematis sulit dilakukan. Hal ini terutama mengingat sulitnya menetapkan diameter partikel yang ukurannya bervariasi karena selama partikel bergerak akan menarik partikel lain untuk bergabung sehingga kecepatan pengendapannya berbeda-beda. Kebanyakan partikel tersuspensi yang berasal dari limbah industri umumnya mengandung sifat ini.

##### - *Zone Settling*

*Zone settling* merupakan proses pengendapan secara kimia karena pada tahap ini digunakan zat kimia yang bersifat koagulan. Proses ini adalah proses pengendapan partikel dimana gerakan partikel saat mengendap terjadi secara serentak dan bersamaan. Bahan koagulan yang umum dipakai adalah Alum [ $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ].

#### 2.3.2.2. Metode Pengolahan Secara Kimia

Proses pengolahan secara kimia adalah menggunakan bahan kimia untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar dalam limbah. Proses utama dilakukan dalam metode ini adalah pengendapan kimiawi dan klorinasi.

##### 1. Pengendapan Kimiawi

Dapat digunakan untuk meningkatkan pembuangan bahan tersuspensi atau jika pengendapan secara fisik tidak berfungsi secara optimal. Bahan

koagulan yang sering dipakai adalah *Alum* atau dikenal dengan tawas dan *lime* (kapur) CaO.

Pengendapan kimiawi akan berhasil dengan baik jika perbandingan antara koagulan dengan air tepat. Manfaat tahap ini adalah sebagai usaha untuk meningkatkan kapasitas dari bak pengendap biasa yang kelebihan beban namun kerugiannya adalah menambah biaya operasional.

## 2. Klorinasi

Klorinasi digunakan untuk mengurangi bakteri yang bersifat pathogen. Mekanismenya yaitu dengan merusak enzim utama yang ada dalam sel bakteri sehingga dinding selnya menjadi rusak atau bahkan hancur. Akibatnya bakteri akan mati. Klorinasi dapat digunakan sebagai langkah akhir dalam pengolahan air limbah.

### 2.3.2.3. Metode Pengolahan Secara Biologis

Untuk mengolah air limbah yang mengandung senyawa organik umumnya menggunakan teknologi pengolahan air limbah secara biologis atau gabungan antara proses biologis dengan proses kimia dan fisika. Tujuannya mengurangi zat organik melalui biokimia oksidasi dengan cara memanfaatkan mikroorganisme. Pengolahan limbah dengan cara ini terdiri dari 3 kondisi, yaitu:

1. Proses secara *aerob* yang merupakan pengolahan limbah pada kondisi tersedia oksigen bagi bakteri untuk menguraikan limbah. Proses biologis *aerob* biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar. Reaksi kimia yang terjadi pada proses *aerob* adalah sebagai berikut :



Pengolahan air limbah secara biologis *aerob* secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga, yaitu:

- a. Proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*)

Adalah sistem dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikroorganisme yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reaktor. Contoh proses pengolahan dengan sistem ini adalah proses lumpur aktif.

- b. Proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*)

Adalah proses pengolahan limbah dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme

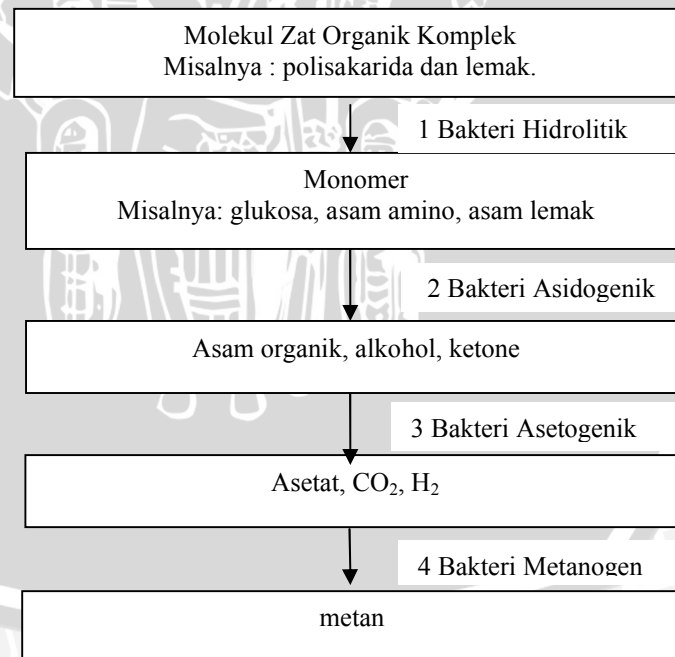
tersebut melekat pada permukaan media. Beberapa contoh teknologi pengolahan air limbah dengan cara ini antara lain: *trickling filter* atau biofilter, *rotating biological contactor* (RBC).

c. Proses biologis dengan kolam atau lagoon

Proses pengolahan air limbah dengan kolam atau lagoon 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.

2. Proses secara *anaerob*, yaitu pengolahan pada kondisi tanpa adanya oksigen sehingga bakteri *anaerob* menguraikan zat organik menjadi gas metan dan gas CO<sub>2</sub>.

Kumpulan mikroorganisme, umumnya bakteri terlibat dalam transformasi senyawa kompleks organik menjadi metan. Terdapat interaksi sinergis antara bermacam-macam kelompok bakteri yang berperan dalam penguraian air limbah. Keseluruhan reaksi dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Kelompok bakteri metabolik yang terlibat dalam penguraian air limbah dalam sistem anaerob

- **Kelompok 1 : Bakteri Hidrolitik**

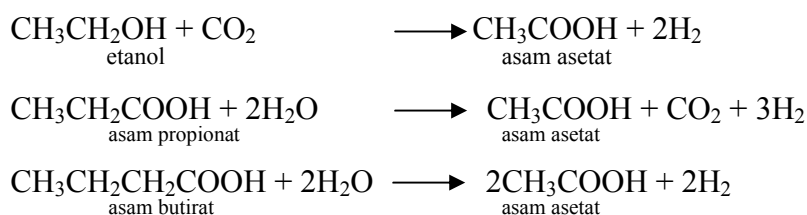
Kelompok bakteri anaerobik yang berfungsi memecah molekul organik kompleks (protein, selulosa, *lignin*, *lipids*) menjadi molekul monomer yang terlarut seperti asam amino, glukosa, asam lemak, dan gliserol. Molekul monomer ini dapat langsung dimanfaatkan oleh kelompok bakteri berikutnya. Hidrolisis molekul kompleks dikatalisasi oleh enzim ekstar seluler seperti *sellulase*, *proteasea*, dan *lipase*.

- **Kelompok 2 : Bakteri Asidogenik Fermentatif**

Bakteri ini menguraikan gula, asam amino, dan asam lemak menjadi asam organik (seperti : asam asetat, propionik, formik, laktik, butirik, atau suksinik), alkohol dan keton (seperti etanol, metanol, gliserol, aseton), asetat, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>. Asetat adalah produk utama dalam fermentasi karbohidrat.

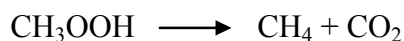
- **Kelompok 3 : Bakteri Asetogenik**

Bakteri ini merubah asam lemak dan alkohol menjadi asetat, hidrogen, dan karbon dioksida yang digunakan oleh bakteri pembentuk mektan. Kelompok ini membutuhkan ikatan hidrogen rendah untuk merubah asam lemak. Oleh karena itu diperlukan monitoring hidrogen yang ketat. Etanol, asam propionat dan asam butirat dirubah menjadi asam asetat oleh bakteri asetogenik dengan reaksi sebagai berikut :



- **Kelompok 4 : Bakteri Metanogen**

Bakteri ini menguraikan asam asetat menjadi metan dan CO<sub>2</sub>. Bakteri metanogen yang menggunakan hidrogen membantu memelihara tekanan parsial yang sangat rendah. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



3. Proses fakultatif, yaitu pengolahan limbah dimana bakteri yang ada mempunyai kemampuan adaptasi tinggi, dimana bakteri tersebut mampu bertahan pada kondisi *aerob* maupun *anaerob*.



## 2.4. Air Limbah Rumah Sakit

Air limbah rumah sakit adalah seluruh buangan cair yang berasal dari proses seluruh kegiatan rumah sakit yang meliputi ( Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2004) :

- Limbah medis padat adalah limbah padat yang terdiri dari limbah infeksius, limbah patologi, limbah benda tajam, limbah farmasi, limbah sitoksis, limbah kimiawi dan limbah radioaktif.
- Limbah padat non medis adalah limbah padat yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit diluar kegiatan medis. Limbah jenis ini dapat berasal dari dapur, perkantoran, taman dan ruang cuci (*laundry*)
- Limbah cair adalah semua air buangan termasuk tinja yang berasal dari rumah sakit. Tinja tersebut memiliki kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun dan radioaktif yang berbahaya bagi kesehatan
- Limbah gas adalah semua limbah yang dalam bentuk gas yang berasal dari kegiatan pembakaran di rumah sakit seperti : incinerator, dapur, dan generator.
- Limbah infeksius adalah limbah yang terkontaminasi organisme patogen yang tidak secara rutin ada di lingkungan. Organisme tersebut terdiri dalam jumlah yang cukup untuk menularkan penyakit pada manusia.
- Limbah sitoksis merupakan limbah dari bahan – bahan yang telah terkontaminasi dari persiapan dan pemberian obat sitoksis untuk kemoterapi kanker. Bahan-bahan tersebut memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan sel hidup.

Air limbah rumah sakit baik yang berasal dari kegiatan medis maupun kegiatan domestik umumnya mengandung senyawa polutan organik yang cukup tinggi dan dapat diolah dengan menggunakan proses biologi. Sedangkan air limbah yang berasal dari kegiatan laboratorium mengandung lebih banyak logam berat.

### 2.4.1. Sumber-sumber Limbah Cair Rumah Sakit

Pembuangan limbah rumah sakit yang berjumlah cukup besar paling baik jika dilakukan dengan memilah-milah limbah ke dalam berbagai kategori. Untuk masing-masing jenis kategori diterapkan cara pembuangan limbah yang berbeda. Prinsip umum pembuangan limbah rumah sakit adalah sejauh mungkin menghindari resiko kontaminasi dan trauma.

#### 2.4.1.1. Limbah Klinik

Limbah dihasilkan selama pelayanan pasien secara rutin, pembedahan dan di unit-unit resiko tinggi. Limbah ini mungkin berbahaya dan mengakibatkan resiko tinggi

infeksi kuman dan populasi umum dan staff rumah sakit. Oleh karena itu perlu diberi label yang jelas sebagai resiko tinggi. Contoh limbah jenis tersebut ialah perban atau pembungkus yang kotor, cairan badan, anggota badan yang diamputasi, jarum-jarum dan suntikan bekas, kantung urin dan produk darah.

Sumber dan kuantitas limbah cair disini sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain :

- a. Jumlah tempat tidur
- b. Pemakaian per bulan dari tempat tidur
- c. Jenis kegiatan yang ada
- d. Jumlah karyawan
- e. dan lain-lain

Diantara kelima faktor tersebut, yang paling mempengaruhi adalah jumlah pasien yang rawat inap disini. Semakin bertambah jumlah pasien, maka limbah yang dihasilkan semakin besar pula.

#### **2.4.1.2. Limbah Bukan Klinik**

Limbah ini meliputi kertas-kertas pembungkus atau kantong dan plastik yang tidak berkontak dengan cairan badan. Meskipun tidak menimbulkan resiko sakit, limbah tersebut cukup merepotkan karena memerlukan tempat yang besar untuk mengangkut dan membuangnya.

#### **2.4.1.3. Air Limbah dari Dapur (*Kitchen*)**

Air limbah dari dapur (*kitchen*) banyak mengandung lemak dan minyak dalam mentega. Lemak (*fat*) adalah satu diantara senyawa organik yang stabil dan tidak mudah didekomposisi oleh bakteri. Lemak dan minyak merupakan bahan yang memiliki viskositas (kekentalan) tinggi dan menghambat perpindahan oksigen ke air limbah. Bahan-bahan yang dapat menghambat transfer oksigen ke air limbah ini harus dihilangkan dengan cara pengolahan pendahuluan (*Pre-Treatment*).

#### **2.4.1.4. Air Limbah dari Ruang Cuci (*Laundry*)**

Air limbah dari ruang cuci (*laundry*) memiliki karakteristik pH > 9, kisaran pH optimum untuk proses pengolahan biologis adalah 6,5 – 8,5. pH limbah dari laundry harus dinetralkan menjadi 6,5 – 9 dengan air limbah lain dalam tangki buffer. Air limbah *laundry* mengandung ABS dan minyak. Jumlah material-material ini tergantung pada jenis kekotoran dan konsentrasinya. ABS dan beberapa minyak dihilangkan pada sistem *pre-treatment* untuk air limbah. Bubuk pembersih ABS mempunyai konsentrasi fosfor tinggi. Sebagian besar fosfor dalam air limbah dihasilkan dari penggunaan bubuk ABS untuk pembersihan di dapur, laboratorium, dan *laundry*.

Dari berbagai sumber penyebab limbah cair, kegiatan di *laundry* merupakan kegiatan penghasil limbah cair paling besar, dimana sekitar 50-60% volume limbah cair berasal dari kegiatan ini, kegiatan dapur 20%, toilet 20% serta kegiatan lain-lain 10%.

#### **2.4.1.5. Air Limbah dari Ruang Isotop (Radiologi dan Laboratorium)**

Limbah dari ruang pemrosesan ruang X terdiri dari campuran limbah *fixing agent* dan limbah larutan berkembang (*developing solution*). Limbah *fixing agent* mengandung perak (Ag) dalam konsentrasi tinggi. Limbah larutan berkembang mengandung berbagai macam senyawa kimia. Perak dan senyawa kimia merupakan senyawa racun bagi bakteri. Limbah dari ruang pemrosesan sinar X dipisahkan dan dibuang keluar dari rumah sakit.

Air limbah dari ruang radio isotop-isotop sangat berbahaya untuk manusia dan binatang. Jika rumah sakit memiliki ruang radio isotop, limbahnya harus dipisahkan dan dibuang keluar dari rumah sakit. Bangunan pengolahan limbah ini tidak termasuk pengolahan limbah dari ruang radio isotop.

Logam berat dan senyawa kimia dihasilkan terutama dari ruang tes patologi dan klinik serta laboratorium lain. Bila logam berat dan senyawa kimia dibuang ke sistem air limbah pada konsentrasi yang sangat tinggi, maka sistem pengolahan biologis dapat dipengaruhi bahan-bahan tersebut.

Asam kuat dan basa kuat mungkin juga dibuang dari laboratorium. Seperti yang dibandingkan dengan total air limbah, jika volume beban yang tinggi dihasilkan, maka material-material ini tidak boleh langsung dibuang ke saluran air limbah, namun harus dibuang secara terpisah.

#### **2.4.1.6. Air Limbah dari Ruang Operasi**

Ruang operasi adalah ruangan yang diupayakan harus terbebas dari segala macam bakteri. Agar ruangan tetap steril, maka diupayakan untuk selalu dibersihkan setelah digunakan atau sebelum digunakan untuk tindakan operasi berikutnya, pelaksanaan pembersihan atau sterilisasi pada ruang operasi dilakukan oleh tenaga perawat yang ada. Untuk memantau ruangan tersebut, pihak ruang operasi selalu melakukan uji sterilisasi di beberapa titik, baik pada ruang operasi maupun pada instrumen dan air yang dipakai untuk kebutuhan tindakan di ruangan tersebut.

### **2.5. Baku Mutu Limbah Rumah Sakit**

Air buangan dari rumah sakit ini sebelum masuk ke saluran pembuangan akhir, terlebih dahulu melalui proses pengolahan. Berdasarkan Kep.Gub. No. 61 Tahun 1999 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan rumah sakit adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2. Baku Mutu Limbah Cair berdasarkan Kep.Gub. No. 61 Tahun 1999 bagi Kegiatan Rumah Sakit

Parameter	Kadar Maksimum
<b>FISIKA</b>	
Suhu	30° C
<b>KIMIA</b>	
pH	6 – 9
BOD <sub>5</sub>	30 mg / L
COD	80 mg / L
TSS	30 mg / L
NH <sub>3</sub> Bebas	0,1 mg / L
PO <sub>4</sub>	2 mg / L
<b>MIKROBIOLOGIK</b>	
MPN-Kuman Gol Koli / 100 ml	10.000
<b>RADIOAKTIF</b>	
<sup>32</sup> P	7 x 10 <sup>2</sup> Bq / L
<sup>35</sup> S	2 x 10 <sup>3</sup> Bq / L
<sup>45</sup> Ca	3 x 10 <sup>2</sup> Bq / L
<sup>51</sup> Cr	7 x 10 <sup>4</sup> Bq / L
<sup>67</sup> Ga	1 x 10 <sup>3</sup> Bq / L
<sup>85</sup> Sr	4 x 10 <sup>3</sup> Bq / L
<sup>99</sup> Mo	7 x 10 <sup>3</sup> Bq / L
<sup>113</sup> Sn	3 x 10 <sup>3</sup> Bq / L
<sup>125</sup> I	1 x 10 <sup>4</sup> Bq / L
<sup>131</sup> I	7 x 10 <sup>4</sup> Bq / L
<sup>192</sup> Ir	1 x 10 <sup>4</sup> Bq / L
<sup>201</sup> Tl	1 x 10 <sup>5</sup> Bq / L

Sumber : Kep.Gub. No. 61 Tahun 1999 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan rumah sakit

Selain itu ada juga Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 986 / MENKES / PER / XI / 1992 tanggal 14 November 1992 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit dan Keputusan Direktorat Jendral Pemberantasan Penyakit Menular dan Penyehatan Lingkungan Pemukiman No. HK.00.06.44 tanggal 18 Februari 1993 tentang Persyaratan dan Petunjuk Teknis Tata Cara Penyehatan Lingkungan Rumah Sakit mempersyaratkan fasilitas pembuangan limbah sebagai berikut :

1. Saluran pembuangan limbah harus menggunakan sistem saluran tertutup, kedap air, dan limbah harus mengalir dengan lancar.
2. Rumah Sakit harus memiliki unit pengolahan limbah sendiri atau bersama-sama secara kolektif dengan bangunan disekitarnya yang memenuhi persyaratan teknis, apabila belum ada atau tidak terjangkau sistem pengolahan air limbah perkotaan.
3. Kualitas limbah rumah sakit yang akan dibuang ke lingkungan harus memenuhi persyaratan baku mutu efluen sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Untuk melindungi lingkungan dari kegiatan rumah sakit di Indonesia, buangan air limbah dari rumah sakit diatur oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup. Dalam keputusan ini, manajemen rumah sakit harus memeriksakan standar kualitas air limbahnya pada laboratorium yang kompeten minimal sebulan sekali dan melaporkan hasilnya kepada pemerintah setidaknya tiga bulan sekali.

## **2.6. Parameter-parameter Kualitas Air Yang Dikaji**

Untuk mengetahui tingkat pencemaran air limbah dan persentase penurunan kinerja *Rotating Biological Contactor (RBC)*, air limbah di inlet serta outlet perlu diuji laboratorium.

Dalam studi ini parameter yang diuji adalah BOD, COD, dan  $\text{NH}_3$ . Pengambilan parameter-parameter di atas berdasarkan pertimbangan :

- Parameter BOD dan COD merupakan parameter pencemaran air limbah yang penting karena kedua parameter ini dapat menunjukkan tinggi rendahnya pencemaran air limbah.
- Parameter  $\text{NH}_3$  juga diperiksa dalam penelitian ini, karena air limbah rumah sakit ini didominasi oleh air limbah dari pasien seperti pada air limbah domestik yang mana kandungan  $\text{NH}_3$  cukup tinggi.

### **2.6.1. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)**

BOD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau milligram per liter (mg/L) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali. Apabila dalam air banyak mengandung bahan-bahan organik, akan mengakibatkan semakin banyaknya oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan bahan-bahan organik tersebut, sehingga kandungan oksigen dalam air akan semakin menurun. Pemeriksaan kadar BOD pada limbah Rumah Sakit sangat

penting, karena nilai BOD merupakan parameter pencemar air limbah yang dapat menunjukkan derajat pengotoran air limbah dan BOD juga merupakan petunjuk dari pengaruh yang diperkirakan terjadi pada badan air penerima berkaitan dengan pengurangan kandungan oksigennya. Secara umum, derajat pengolahan yang dicapai oleh bangunan dipilih sedemikian rupa sehingga BOD *effluent* tidak akan menurunkan derajat kandungan oksigen sampai tingkat tertentu pada badan air penerima agar badan air dapat tetap berfungsi sebagaimana peruntukannya.

Dalam zat buangan terkandung zat organik dari unsur C,H dan O dengan unsur tambahan N, S dan lainnya. Angka BOD merupakan parameter pencemar air limbah yang dapat menunjukkan derajat pengotoran air limbah. Bila terdapat oksigen dalam jumlah cukup, maka pembusukan biologis secara aerobik dari limbah organik akan terus berlangsung sampai semua bahan organik yang ada habis. Bila hanya oksidasi pada karbon organik dalam air limbah saja yang diperhitungkan, maka BOD tertinggi adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan air limbah. Kebutuhan oksigen ini dikenal sebagai BOD arang atau BOD tingkat pertama yang biasanya diberi simbol BODL. Pada pengujian baku untuk BOD, suatu contoh diencerkan dengan air yang sudah diketahui jumlah oksigen terlarut serta nutrient yang diperlukan untuk pertumbuhan biologisnya. Kehilangan oksigen setelah contoh diinkubasi selama 5 hari pada 20° C dikenal sebagai BOD<sub>5</sub>. Karena pada pengujian yang terjadi merupakan proses biokimia, maka laju pengeluaran BOD sangat bergantung pada suhu bahan organiknya.

Dalam suatu kajian perancangan instalasi pengolahan air limbah parameter BOD memiliki peran penting antara lain :

1. Untuk menentukan pendekatan kuantitas oksigen yang diperlukan secara biologi untuk menstabilkan materi organik yang ada
2. Menentukan kapasitas fasilitas pengolahan air limbah
3. Menentukan efisiensi beberapa proses pengolahan
4. Menentukan debit air limbah yang diperlukan

#### **2.6.2.COD (Chemical Oxygen Demand)**

COD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau millimeter per liter (mg/L) yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi. Pemeriksaan kadar COD penting, karena angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen di dalam air. Oleh

karena itu dibutuhkan bantuan yang kuat dalam kondisi asam. Besarnya perbandingan COD dan BOD tergantung ada atau tidaknya zat racun yang mengganggu kerja bakteri.

Meskipun diharapkan bahwa nilai BOD tertinggi akan mendekati COD, namun hal itu jarang terjadi dalam praktek. Sebab terjadinya perbedaan tersebut antara lain:

1. Banyak zat-zat organik yang dapat dioksidasi secara kimiawi tapi tidak dapat secara biologis.
2. Zat-zat anorganik yang dioksidasi dengan dichromat menaikkan kandungan zat organik yang nampak.
3. Zat-zat organik tertentu yang mungkin merupakan racun bagi mikroorganismenya.
4. Nilai COD yang tinggi mungkin terjadi karena adanya zat-zat pengganggu.

### 2.6.3. $\text{NH}_3$

Sumber amonia di perairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air. Nitrogen organik dan anorganik berasal dari dekomposisi bahan organik yang terdapat di dalam tanah dan air.

Tinja dan urine merupakan limbah aktivitas metabolisme yang banyak mengeluarkan amonia. Sumber amonia yang lain adalah reduksi gas nitrogen yang berasal dari proses difusi udara atmosfer, limbah industri, dan domestik. Amonia yang terdapat dalam mineral masuk ke badan air melalui erosi tanah. Di perairan alami, pada suhu dan tekanan normal amonia berada dalam bentuk gas dan membentuk kesetimbangan dengan gas amonium

### 2.7. Evaluasi Efektifitas Penurunan Parameter Limbah

Evaluasi efektifitas terhadap penurunan parameter limbah dilakukan dengan menghitung kemampuan pengurangan parameter-parameter yang akan dikaji. Parameter yang dimaksud adalah parameter yang telah ditentukan oleh Kep.Gub. No. 61 Tahun 1999 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan rumah sakit

Perhitungan pengurangan parameter limbah adalah sebagai berikut:

$$\eta_{Parameter} = \frac{Parameter_{inlet} - Parameter_{outlet}}{Parameter_{inlet}} \cdot 100\% \quad (2 - 1)$$

Dimana,  $\eta_{Parameter}$  = Penurunan Parameter yang dikaji (%)

$Parameter_{inlet}$  = Kadar Parameter di inlet (mg/l)

$Parameter_{outlet}$  = Kadar Parameter di outlet (mg/l)

## 2.8. *Rotating Biological Contactor (RBC)*

*Rotating Biological Contactor (RBC)* adalah suatu proses pengolahan air limbah secara biologis dengan sistem biakan melekat (*attached culture*) yang terdiri atas *disc* melingkar yang diputar oleh poros dengan kecepatan tertentu.

### 2.8.1. Prinsip Pengolahan

*Rotating Biological Contactor* yang disingkat RBC merupakan adaptasi dari proses pengolahan air limbah dengan biakan melekat (*attached growth*). Media yang dipakai berupa piring (*disc*) tipis berbentuk bulat yang dipasang berjajar-jajar dalam suatu poros yang terbuat dari baja, selanjutnya diputar di dalam reaktor khusus dimana di dalamnya dialirkan air limbah secara kontinyu.

Media yang digunakan biasanya terdiri dari lembaran plastik dengan diameter 2 - 4 meter, dengan ketebalan 0,8 sampai beberapa millimeter. Material yang lebih tipis dapat digunakan dengan cara dibentuk bergelombang atau berombak dan ditempelkan diantara *disc* yang rata dan dilekatkan menjadi satu unit modul. Jarak antara dua *disc* yang rata berkisar antara 30 – 40 milimeter. *Disc* atau piring tersebut dilekatkan pada poros baja dengan panjang mencapai 8 meter, tiap poros yang sudah dipasang media diletakkan di dalam tangki atau bak reaktor RBC menjadi satu modul RBC. Beberapa modul dapat dipasang secara seri atau paralel untuk mendapatkan tingkat kualitas hasil olahan yang diharapkan.

Modul-modul tersebut diputar dalam keadaan tercelup sebagian.. Kecepatan putaran bervariasi antara 1 – 2 rpm. Mikroorganisme tumbuh pada permukaan media dengan sendirinya dan mengambil makanan (zat organik) di dalam air limbah dan mengambil oksigen dari udara untuk menunjang proses metabolismenya. Tebal biofilm yang terbentuk pada permukaan media dapat mencapai 2 – 4 mm tergantung dari beban organik yang masuk ke dalam reaktor serta kecepatan putarannya. Apabila beban organik terlalu besar kemungkinan kondisi anaerob dapat terjadi, oleh karena itu pada umumnya di dalam reaktor dilengkapi dengan perlengkapan injeksi udara yang diletakkan dekat dasar bak khususnya untuk proses RBC yang terdiri dari beberapa modul yang dipasang seri.

Proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC adalah merupakan sistem yang relatif baru dari seluruh proses pengolahan air limbah yang ada, oleh karena itu pengalaman dengan penggunaan skala penuh masih terbatas, dan proses ini banyak digunakan untuk pengolahan air limbah domestik atau perkotaan.



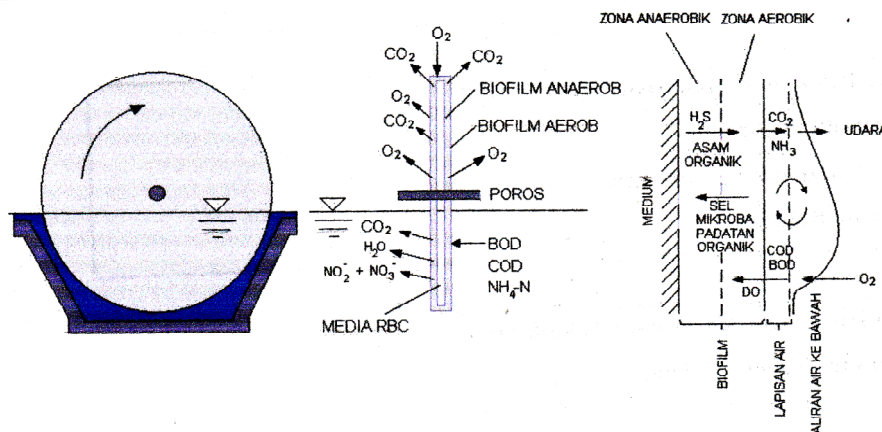
### 2.8.2. Pertumbuhan Mikroorganisme di Dalam *Rotating Biological Contactor*

Prinsip kerja pengolahan air limbah dengan RBC yakni air limbah yang mengandung polutan organik dikontakkan dengan lapisan mikroorganisme (*microbial film*) yang melekat pada permukaan media di dalam suatu reaktor. Media tempat melekatnya film biologis ini berupa piringan (*disc*) dari bahan polimer atau plastik yang ringan dan disusun dari berjajar-jajar dari suatu poros sehingga membentuk suatu modul atau paket, selanjutnya modul tersebut diputar secara pelan dalam keadaan tercelup sebagian ke dalam air limbah yang mengalir secara kontinu ke dalam reaktor tersebut.

Dengan cara seperti ini mikroorganisme misalnya bakteri, alga, protozoa, fungi dan lainnya tumbuh melekat pada permukaan media yang berputar tersebut membentuk suatu lapisan yang terdiri dari mikroorganisme yang disebut *biofilm* (lapisan biologis). Mikroorganisme akan menguraikan atau mengambil senyawa organik yang ada dalam air serta mengambil oksigen yang larut dalam air atau dari udara untuk proses metabolismenya, sehingga kandungan senyawa organik dalam air limbah berkurang.

Pada saat *biofilm* yang melekat pada media yang berupa piringan tipis tersebut tercelup ke dalam air limbah, mikroorganisme menyerap senyawa organik yang ada dalam air limbah yang mengalir pada permukaan biofilm, dan pada saat biofilm berada di atas permukaan air, mikroorganisme menyerap oksigen dari udara atau oksigen yang terlarut dalam air untuk menguraikan senyawa organik. Energi hasil penguraian senyawa organik tersebut digunakan oleh mikroorganisme untuk proses perkembangbiakkan atau metabolisme. Senyawa hasil proses metabolisme mikroorganisme tersebut akan keluar dari biofilm dan terbawa oleh aliran air atau yang berupa gas akan tersebar ke udara melalui rongga-rongga yang ada pada mediumnya, sedangkan untuk padatan tersuspensi akan tertahan pada permukaan lapisan biologis (*biofilm*) dan akan terurai menjadi bentuk yang larut dalam air.

Pertumbuhan mikroorganisme atau *biofilm* tersebut makin lama semakin tebal, sampai akhirnya karena gaya beratnya sebagian akan mengelupas dari mediumnya dan terbawa aliran air keluar. Selanjutnya, mikroorganisme pada permukaan medium akan tumbuh lagi dengan sendirinya hingga terjadi keseimbangan sesuai dengan kandungan senyawa organik yang ada dalam air limbah.



Gambar 2.2 Mekanisme proses penguraian senyawa organik oleh mikroorganisme di dalam RBC

Sumber: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, 2001

### 2.8.3. Proses Pengolahan

Secara garis besar pengolahan air limbah dengan sistem RBC terdiri dari :

#### 1. Bak Pemisah Pasir

Air limbah dialirkan dengan tenang ke dalam bak pemisah pasir, sehingga kotoran yang berupa pasir atau lumpur kasar dapat diendapkan. Sedangkan kotoran yang mengambang misalnya sampah, plastik, sampah kain dan lainnya tertahan pada sarangan (*screen*) yang dipasang pada inlet kolam pemisah pasir tersebut.

#### 2. Bak Pengendap Awal

Dari bak pemisah atau pengendap pasir, air limbah dialirkan ke bak pengendap awal. Di dalam bak pengendap awal ini lumpur atau padatan tersuspensi sebagian besar mengendap. Waktu tinggal di dalam bak pengendap awal adalah 2 – 4 jam, dan lumpur yang telah mengendap dikumpulkan dan dipompa ke bak pengendapan lumpur.

#### 3. Bak Kontrol Aliran

Jika debit aliran air limbah melebihi kapasitas perencanaan, kelebihan debit air limbah tersebut dialirkan ke bak kontrol aliran untuk disimpan sementara. Pada waktu debit aliran turun atau kecil, maka air limbah yang ada di dalam bak kontrol dipompa ke bak pengendap awal bersama-sama air limbah yang baru sesuai debit yang diinginkan.

#### 4. Reaktor Biologis Putar

Di dalam bak reaktor ini, media berupa pringan (*disc*) tipis dari bahan polimer atau plastik dengan jumlah banyak yang diletakkan atau dirakit pada suatu poros, diputar secara pelan dalam keadaan tercelup sebagian ke dalam air limbah. Waktu tinggal di dalam bak reaktor kira-kira 2,5 jam. Dalam kondisi demikian, mikroorganisme akan tumbuh pada permukaan media yang berputar tersebut, membentuk suatu lapisan (*film*) biologis. Film biologis tersebut terdiri dari berbagai jenis mikroorganisme misalnya bakteri, protozoa, fungi, dan lainnya. Mikroorganisme yang tumbuh pada permukaan media inilah yang akan menguraikan senyawa organik yang ada di dalam air limbah. Lapisan biologis tersebut makin lama makin tebal dan karena gaya beratnya akan mengelupas dengan sendirinya dan lumpur organik tersebut akan terbawa aliran air keluar. Selanjutnya lapisan biologis akan tumbuh dan berkembang lagi pada permukaan media dengan sendirinya.

#### 5. Bak Pengendap Akhir

Air limbah yang keluar dari bak reaktor selanjutnya dialirkan ke bak pengendap akhir dengan waktu pengendapan sekitar 3 jam. Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, lumpur yang berasal dari RBC lebih mudah mengendap karena ukurannya lebih besar dan lebih berat. Air limpasan (*over flow*) dari bak pengendap akhir relatif sudah jernih selanjutnya dialirkan ke bak khlorinasi. Sedangkan lumpur yang mengendap di dasar bak dipompa ke bak pemekat lumpur bersama-sama dengan lumpur yang berasal dari bak pengendap awal.

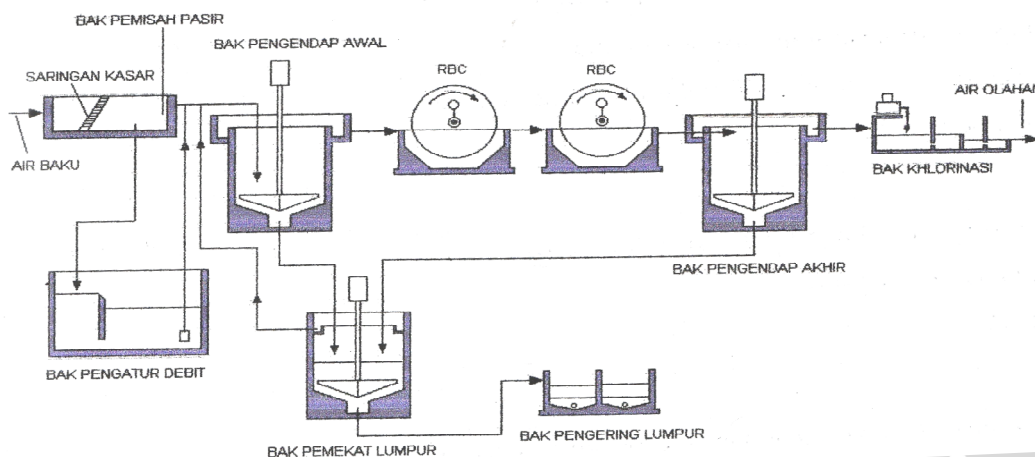
#### 6. Bak Khlorinasi

Air olahan atau air limpasan dari bak pengendap akhir masih mengandung bakteri coli, bakteri patogen, atau virus yang sangat berpotensi menginfeksi ke masyarakat sekitarnya. Untuk mengatasi hal tersebut air limbah yang keluar dari bak pengendap akhir dialirkan ke bak khlorinasi untuk membunuh mikroorganisme patogen yang ada dalam air. Di dalam bak khlorinasi, air limbah dibubuhi dengan senyawa khlorine dengan dosis dan waktu kontak tertentu sehingga seluruh mikroorganisme patogennya dapat dimatikan. Selanjutnya dari bak khlorinasi air limbah sudah boleh dibuang ke badan air.

#### 7. Bak Pemekat Lumpur

Lumpur yang berasal dari bak pengendap awal maupun bak pengendap akhir dikumpulkan di bak pemekat lumpur. Di dalam bak tersebut lumpur diaduk secara perlahan kemudian dipekatkan dengan cara didiamkan sekitar 25 jam

sehingga lumpurnya mengendap, selanjutnya air supernatant yang ada pada bagian atas dialirkan ke bak pengendap awal, sedangkan lumpur yang telah dipompa ke bak pengering lumpur atau ditampung pada bak tersendiri dan secara periodik dikirim ke pusat pengolahan lumpur di tempat lain



Gambar 2.3 Diagram proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC  
Sumber: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, 2001

#### 2.8.4. Parameter Desain *Rotating Biological Contactor* (RBC)

Untuk merancang unit pengolahan air limbah dengan sistem RBC, beberapa parameter desain yang harus diperhatikan antara lain adalah parameter yang berhubungan dengan beban (*loading*). Beberapa parameter tersebut antara lain:

1. Ratio volume reaktor terhadap luas permukaan media ( $G$ )

Harga  $G$  ( $G$  value) adalah menunjukkan kepadatan media yang dihitung sebagai perbandingan volume reaktor dengan luas permukaan media.

$$G = \left( \frac{V}{A} \right) \times 10^3 \quad (2 - 2)$$

Dimana:

$V$  = volume efektif reaktor ( $m^3$ )

$A$  = luas permukaan media RBC ( $m^2$ )

$G$  = Ratio volume reaktor terhadap luas permukaan media ( $liter/m^2$ )

Harga  $G$  yang digunakan untuk perencanaan biasanya berkisar antara 5 – 9 liter per  $m^2$

2. Beban BOD (*BOD Surface Loading*)

$$BOD_{Loading} = L_A = \left( \frac{Q \times C_0}{A} \right) \quad (2 - 3)$$

Dimana:

$Q$  = debit air limbah yang diolah ( $m^3/hari$ )

$C_o$  = konsentrasi BOD ( $mg/l$ )

$A$  = Luas permukaan media RBC ( $m^2$ )

$BOD_{Loading}$  = beban BOD ( $gr/m^2.hari$ )

Beban BOD atau BOD *surface loading* yang biasa digunakan untuk perencanaan sistem RBC yakni 5 – 20 gram-BOD/ $m^2$ /hari.

Hubungan antara beban konsentrasi BOD inlet dan beban BOD terhadap efisiensi pemisahan BOD untuk air limbah domestik ditunjukkan dalam Ebie Kunio dan Ashidate Noriatsu, “Eisie Kougaku Enshu – Jousuidou to gesuidou”, Morikita Shupan, Tokio, 1992 seperti pada tabel 2.3, sedangkan hubungan antara BOD terhadap efisiensi penghilangan BOD ditunjukkan seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2.3. Hubungan antara konsentrasi BOD inlet dan beban BOD untuk mendapatkan efisiensi penghilangan BOD 90 %.

Konsentrasi BOD inlet ( $mg/l$ )	Beban BOD, $L_A$ ( $gr/m^2.hari$ )
300	30
200	20
150	15
100	10
50	5

Sumber: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, 2001

Tabel 2.4. Hubungan antara beban BOD dengan efisiensi penghilangan BOD untuk air limbah domestik

Beban BOD, $L_A$ ( $gr/m^2.hari$ )	Efisiensi penghilangan BOD (%)
6	93
10	92
25	90
30	81
60	60

Sumber: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, 2001

### 3. Beban Hidrolik (*Hydraulic Loading, $H_L$* )

Beban hidrolik adalah jumlah air limbah yang diolah per satuan luas permukaan media per hari

$$H_L = \left( \frac{Q}{A} \right) \times 1000 \quad (2 - 4)$$

Dimana:

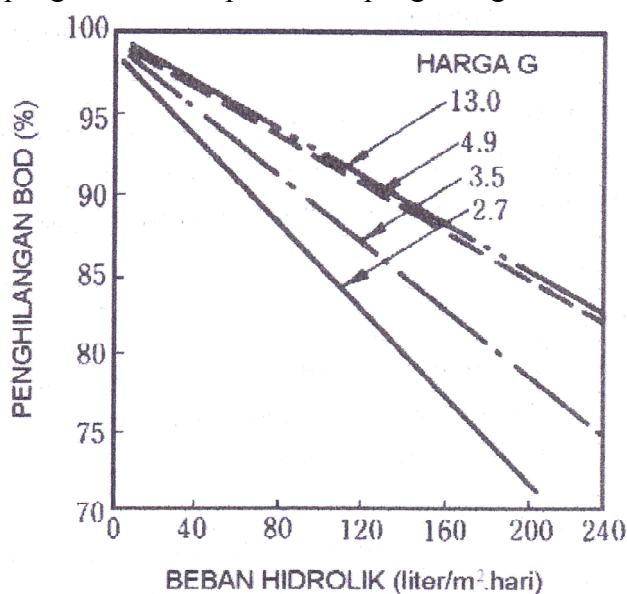
$Q$  = debit air limbah yang diolah ( $m^3/hari$ )

$A$  = Luas permukaan media RBC ( $m^2$ )

$H_L$  = beban hidrolik ( $liter/m^2.hari$ )

Di dalam sistem RBC, parameter ini relatif kurang begitu penting dibanding dengan parameter beban BOD, tetapi jika beban hidrolik terlalu besar maka akan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pada permukaan media. Selain itu, jika beban hidrolik terlalu besar maka mikroorganisme yang melekat pada permukaan media dapat terkelupas.

Hubungan antara harga  $G$  dan beban hidrolik terhadap efisiensi penghilangan BOD ditunjukkan dalam Ebie Kunio dan Ashidate Noriatsu, "Eisie Kougaku Enshu – Jousuidou to gesuidou", Morikita Shupan, Tokio, 1992 seperti pada gambar 2.4. Dengan beban hidrolik yang sama, makin kecil harga  $G$  efisiensi penghilangan BOD juga makin kecil. Tetapi untuk harga  $G \geq 5$  hampir tidak menunjukkan pengaruh terhadap efisiensi penghilangan BOD.



Gambar 2.4 Hubungan antara harga  $G$  dan beban hidrolik terhadap efisiensi penghilangan BOD

Sumber: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, 2001

#### 4. Waktu Tinggal Rata-rata (*Average Detention Time, T*)

Waktu tinggal rata-rata adalah waktu perjalanan limbah cair di dalam reaktor atau lamanya proses pengolahan limbah cair tersebut. Semakin lama waktu tinggal, maka penurunan yang terjadi akan semakin besar. Sedangkan waktu tinggal pada reactor aerob sangat bervariasi dari 1 jam hingga berhari-hari.

$$T = \left( \frac{V}{Q} \right) \times 24 \quad (2 - 5)$$

$$= 24000 \times \left( \frac{V}{A} \right) \times \left( \frac{1}{H_L} \right)$$

$$= 24 \left( \frac{G}{H_L} \right) \quad (2 - 6)$$

Dimana:

Q = debit air limbah yang diolah (m<sup>3</sup>/hari)

V = volume efektif reaktor (m<sup>3</sup>)

T = waktu tinggal rata-rata (jam)

#### 5. Jumlah Stage (Tahap)

Di dalam system RBC, reaktor RBC dapat dibuat beberapa tahap (*stage*) tergantung dari kualitas air olahan yang diharapkan. Makin banyak jumlah tahapnya efisiensi pengolahan juga makin besar. Kualitas air limbah di dalam tiap tahap akan menjadi berbeda, oleh karena itu jenis mikroorganisme pada tiap-tiap tahap umumnya juga berbeda. Keanekaragaman mikroorganisme tersebut mengakibatkan efisiensi RBC menjadi lebih besar.

#### 6. Diameter Disc

Diameter RBC umumnya berkisar antara 1 sampai 3,6 meter. Apabila diperlukan luas permukaan media RBC yang besar, satu unit modul RBC dengan diameter yang besar akan lebih murah dibandingkan dengan beberapa modul RBC dengan diameter yang lebih kecil, tetapi strukturnya harus kuat untuk menahan beban beratnya. Jika dilihat dari aspek jumlah tahap dengan luas permukaan media yang sama, RBC dengan diameter yang kecil dengan jumlah stage yang banyak lebih efisien dibanding dengan RBC dengan diameter besar dengan jumlah stage yang sedikit.

#### 7. Kecepatan Putaran

Kecepatan putaran umumnya ditetapkan berdasarkan kecepatan peripheral. Biasanya untuk kecepatan peripheral berkisar antara 15 – 20 meter per menit atau kecepatan putaran 1 – 2 rpm. Apabila kecepatan putaran lebih besar maka transfer oksigen dari udara di dalam air limbah akan menjadi lebih besar, tetapi memerlukan energi yang lebih besar. Selain itu, apabila kecepatan putaran terlalu cepat pembentukan lapisan mikroorganisme pada permukaan media RBC akan menjadi kurang optimal.

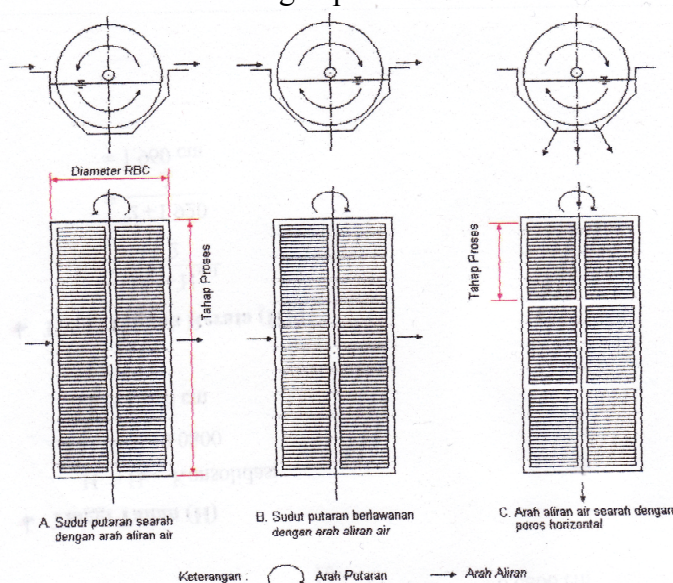
#### 8. Temperatur

Sistem RBC relatif sensitif terhadap perubahan suhu. Suhu optimal untuk proses RBC berkisar antara 15°C - 40°C. jika suhu terlalu dingin dapat diatasi dengan memberikan tutup di atas reactor RBC.

#### 2.8.5. Modul Media *Rotating Biological Contactor* (RBC)

Media RBC umumnya dibuat dari bahan plastik atau polimer yang ringan, bahan yang sering dipakai adalah *polivinyll chlorida* (PVC), *polystyrene*, *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP) dan lainnya. Bentuk yang sering digunakan adalah tipe bergelombang, plat cekung cembung, dan plat datar. Desain modul media RBC biasanya dirakit menjadi bentuk yang kompak dengan luas permukaan media yang besar dan dibuat agar sirkulasi udara dapat berjalan dengan baik.

Modul media RBC tersebut dipasang tercelup sebagian di dalam reaktor. Air limbah dari bak pengendapan awal dialirkan ke dalam reaktor dengan arah aliran searah dengan sudut putaran media, arah aliran berlawanan dengan arah sudut putaran media atau arah aliran air limbah searah dengan poros horisontal.



Gambar 2.5 Aliran air limbah dan arah putaran pada reaktor RBC  
Sumber: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, 2001



### 2.8.6. Keunggulan dan Kelemahan

Beberapa keunggulan proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC antara lain:

1. Pengoperasian alat serta perawatannya mudah
2. Untuk kapasitas kecil atau paket konsumsi energi lebih rendah
3. Dapat dipasang beberapa tahap (*multi stage*), sehingga tahan terhadap fluktuasi beban pengolahan
4. Reaksi nitrifikasi lebih mudah terjadi, sehingga efisiensi penghilangan amonium lebih besar
5. Tidak terjadi *bulking* ataupun buih (*foam*)

sedangkan beberapa kelemahan dari proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC antara lain yakni:

1. Pengontrolan jumlah mikroorganisme sulit dilakukan
2. Sensitif terhadap perubahan temperatur
3. Kadang-kadang konsentrasi BOD air olahan masih tinggi
4. Dapat menimbulkan pertumbuhan cacing rambut serta kadang-kadang timbul bau.

### 2.8.7. Masalah yang Terjadi Pada Proses *Rotating Biological Contactor* (RBC)

Beberapa masalah atau gangguan yang terjadi di dalam proses RBC antara lain:

1. Terjadi suasana anaerob dan gas  $H_2S$  di dalam reaktor RBC

Indikasi yang dapat dilihat dari luar adalah ketebalan lapisan mikroorganisme di bagian inlet dan outlet sama-sama tebal, dan lapisan mikroorganisme yang melekat pada permukaan media berwarna hitam. Gangguan tersebut disebabkan karena beban hidrolis atau beban organik melebihi kapasitas desain.

Penanggulangan masalah tersebut antara lain dengan cara menurunkan debit air limbah yang masuk ke dalam reaktor RBC atau melakukan aerasi di dalam bak ekualisasi sehingga jumlah oksigen terlarut bertambah sehingga diharapkan beban organik atau beban BOD diturunkan.

2. Kualitas air hasil olahan kurang baik dan lapisan mikroorganisme cepat terkelupas

Indikasi yang dapat dilihat yakni biofilm terkelupas dari permukaan media dalam jumlah yang besar dan pertumbuhan biofilm yang melekat pada permukaan media tidak normal. Gangguan tersebut disebabkan karena terjadinya fluktuasi beban BOD yang sangat besar, perubahan pH air limbah yang tajam, serta perubahan sifat atau karakteristik limbah.

Penanggulangan masalah dapat dilakukan dengan cara pengontrolan terhadap beban BOD, kontrol pH dan pengukuran konsentrasi BOD, COD serta senyawa-senyawa yang menghambat proses.

3. Terjadi kelainan pada pertumbuhan biofilm dan timbul gas  $H_2S$  dalam jumlah yang besar

Indikasi yang terlihat adalah timbulnya lapisan biofilm pada permukaan media yang berbentuk seperti gelatin berwarna putih agak bening transparan. Jumlah oksigen terlarut lebih kecil 0,1 mg/l. Sebab-sebab gangguan antara lain terjadi perubahan beban hidrolis atau beban BOD yang besar, mikroorganisme sulit mengkonsumsi oksigen, air limbah mengandung senyawa reduktor dalam jumlah yang besar, keseimbangan nutrient kurang baik. Penanggulangan masalah dapat dilakukan dengan cara melakukan aerasi di dalam bak ekualisasi, menaikkan pH air limbah dan memperbaiki keseimbangan nutrien.

4. Terdapat banyak gumpalan warna merah yang melayang-layang di dalam reaktor RBC

Indikasi yang nampak adalah terjadi cacing air, cacing bebang secara tidak normal, dan lapisan biofilm yang tumbuh pada permukaan media sangat tipis. Gangguan tersebut disebabkan karena beban hidrolis atau beban organik (BOD) sangat kecil dibandingkan dengan kapasitas desainnya. Cara mengatasi gangguan tersebut yakni dengan cara memperbesar debit air limbah yang masuk ke dalam reaktor.

(<http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuUjiPerform/BAB7RBC.pdf>, diakses 25 April 2010)

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

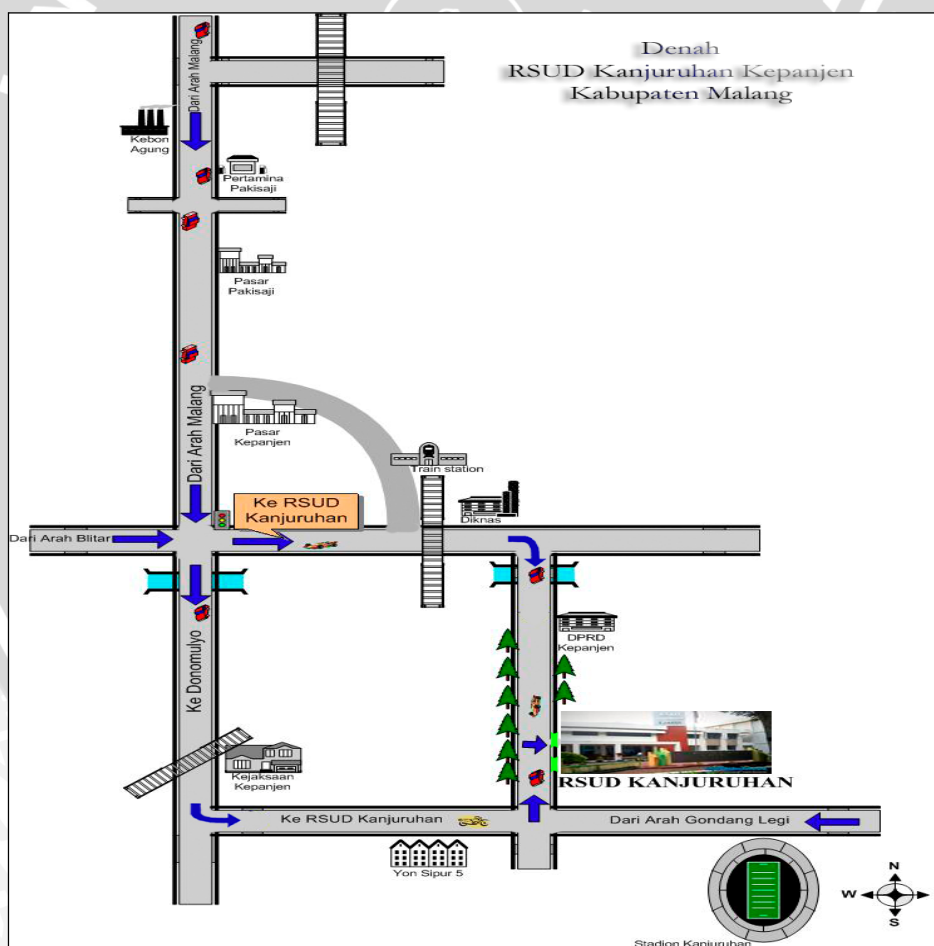
### 3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Air dan Tanah Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

### 3.2. Bahan dan Alat

#### 3.2.1. Bahan

Sampel limbah cair yang digunakan dalam percobaan adalah limbah cair Rumah Sakit Umum Daerah Kanjuruhan Kapanjen, yang berlokasi Jl. Panji no 100 Kapanjen, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Lokasi pengambilan sampel limbah cair dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi pengambilan sampel air limbah  
Sumber : <http://www.rsud-kanjuruhan.malangkab.go.id/>

### 3.2.2. Alat

Peralatan utama yang diperlukan meliputi:

1. Reaktor RBC

Reaktor RBC yang digunakan di dalam penelitian ini terdiri dari 1 kolom yang mempunyai piringan (*disc*) yang terbuat dari polietilen sebagai media tempat menempel mikroba sebanyak 60 buah dengan diameter 20 cm dan tebal disk 0,3 mm. Reaktor RBC skala laboratorium terbuat dari fiberglass. Dimensi reaktor RBC adalah panjang 70 cm, lebar 30 cm dan tinggi 35 cm

2. *Driving gear* dengan kecepatan putaran 2-5 rpm.

3. *Shaft* (as) sebagai tempat menyusun *disc* terbuat dari baja bulat dengan panjang 90 cm dengan diameter 16 mm.

4. Bantalan (*pillow*) digunakan untuk menopang semua berat dari seluruh RBC sebanyak 2 buah

5. Tangki penampung air limbah

6. Pipa PVC

7. Kran air 2 buah

8. Stop Kran 2 buah

9. Tangki penampung *effluent*

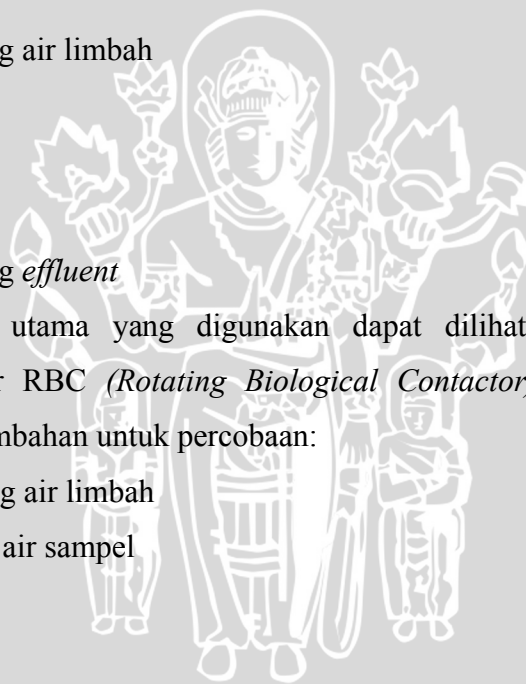
Sketsa peralatan utama yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2, sedangkan detail reaktor RBC (*Rotating Biological Contactor*) dapat dilihat pada Gambar 3.3. Peralatan tambahan untuk percobaan:

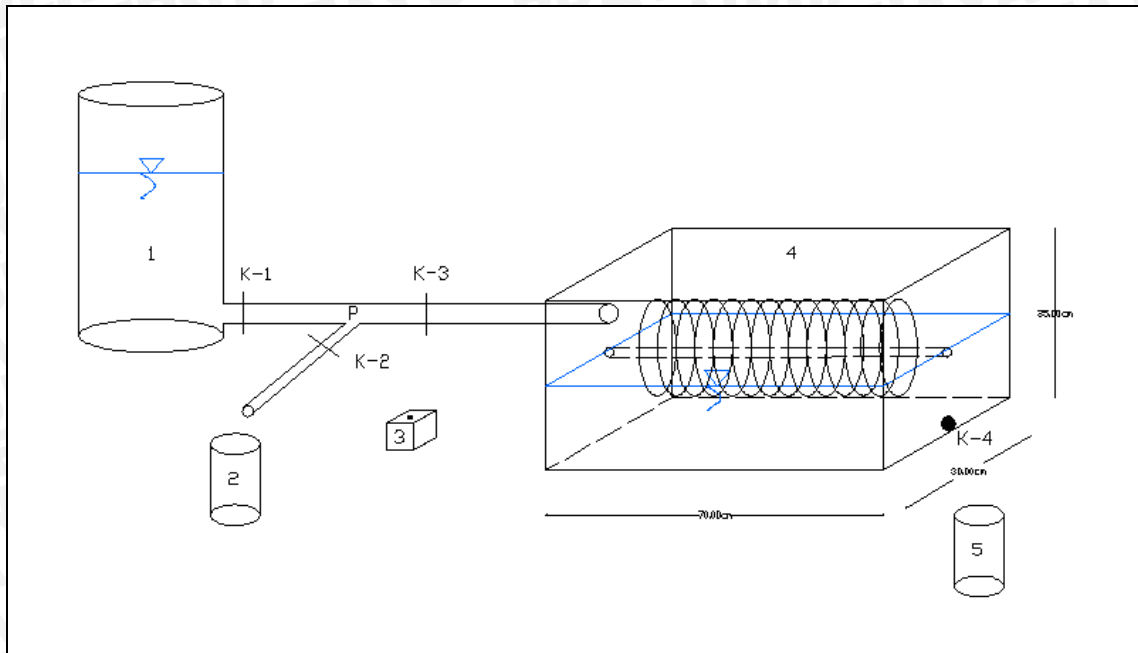
1. Jerigen penampung air limbah

2. Botol penampung air sampel

3. pH meter

4. Termometer





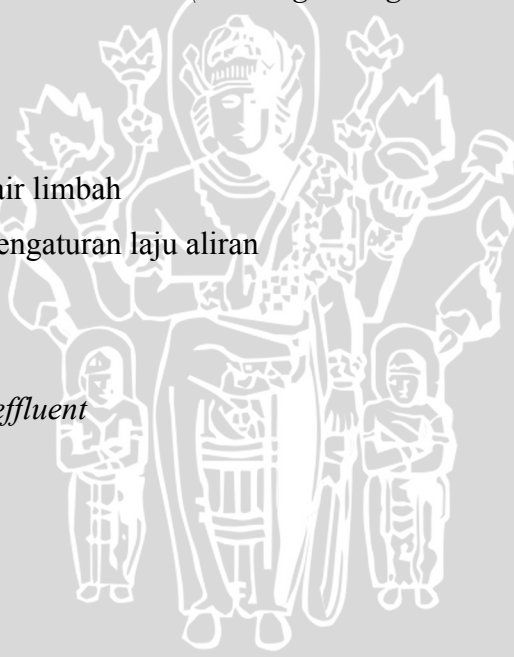
Gambar 3.2 Sketsa peralatan utama RBC (*Rotating Biological Contactor*)  
 Sumber: Penelitian 2010

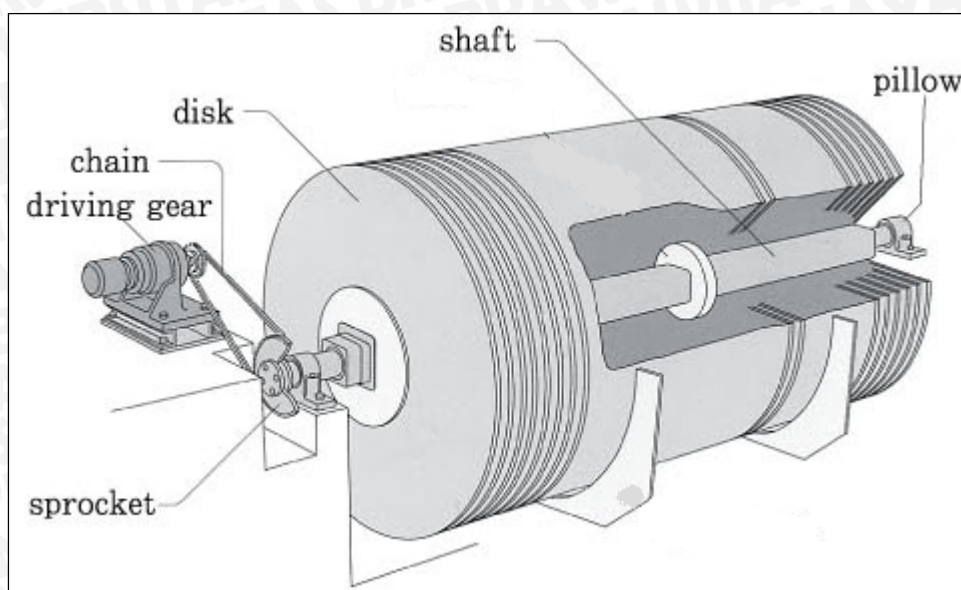
Keterangan Gambar:

1. Tangki penampung air limbah
2. Botol penampung pengatur laju aliran
3. *Driving gear*
4. Reaktor RBC
5. Tangki penampung *effluent*

K = Kran

P = Pipa





Gambar 3.3 Detail reaktor RBC (*Rotating Biological Contactor*)  
Sumber: Penelitian 2010

### 3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini merupakan uji coba kemampuan reaktor RBC (*Rotating Biological Contactor*) untuk mendapatkan penurunan yang tinggi dalam mengolah limbah cair rumah sakit. Berdasarkan penelitian pendahuluan (Indriasari, RR. 2008) dengan menggunakan air limbah *effluent* septic tank Rumah Susun Penjaringan Sari Surabaya. Variasi yang digunakan adalah kecepatan putaran *disc*, yaitu 2 rpm dan 5 rpm dan luas area terendam *disc*, yaitu 51%, 64%, 75%, dan 94%. Parameter yang diteliti adalah BOD, COD, TSS, pH, dan temperatur. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh hasil bahwa variabel yang paling efektif dalam meremoval BOD, COD, dan TSS adalah dengan kecepatan putaran *disc* 2 rpm dan luas area terendam *disc* 75%. Efisiensi penurunan tertinggi adalah 74,24% untuk COD, 61,82% untuk BOD, dan 92,31% untuk TSS. Berdasarkan penelitian pendahuluan tersebut, maka pengujian reaktor RBC diberi 2 perlakuan.

1. Kecepatan putaran *disc* terdiri dari 2 rpm dan 5 rpm
2. Luas area terendam terdiri dari *disc* terendam 70 % dan *disc* terendam 40 %

Variasi percobaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1

Untuk mendapatkan pengaruh perlakuan terhadap air limbah rumah sakit dilakukan pengambilan sampel dari pipa *inlet* (K-2) ke reaktor dan pipa outlet (K-4). Dari keempat variasi yang direncanakan tersebut nantinya dipilih mana yang paling efektif untuk

mengurangi kadar BOD, COD dan  $\text{NH}_3$  dalam pengolahan limbah cair rumah sakit. Akan tetapi, input sampel air limbah berbeda untuk setiap variasi percobaan

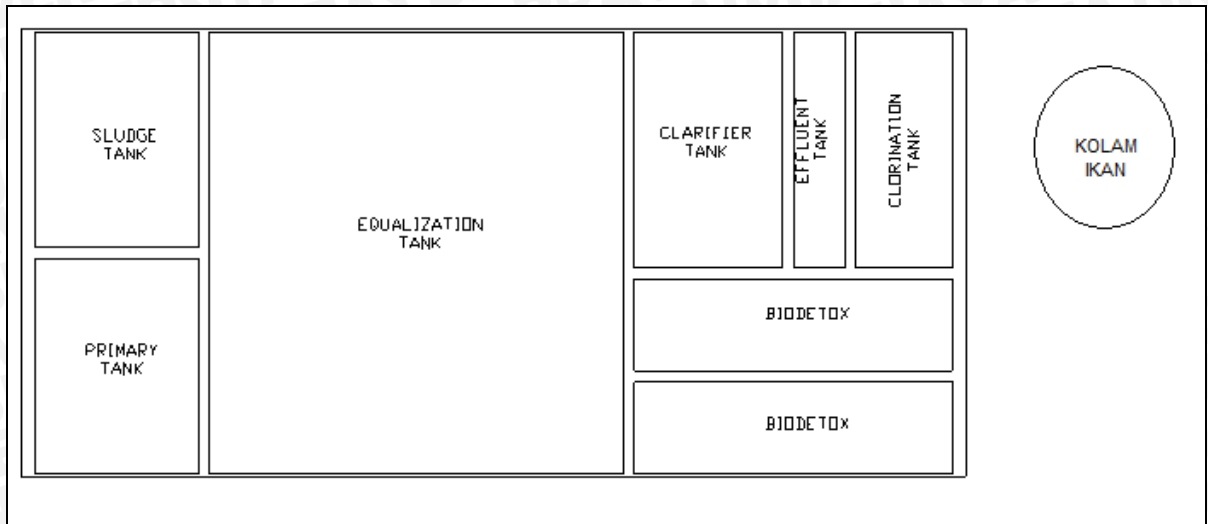
Tabel 3.1. Variasi Percobaan yang Dilakukan

Parameter	Hari (jam)	Penurunan (%)			
		Disc Terendam 70%		Disc Terendam 40%	
		2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm
BOD	1 (11.00)				
	2 (07.00)				
	2 (11.00)				
	Rerata				
COD	1 (11.00)				
	2 (07.00)				
	2 (11.00)				
	Rerata				
$\text{NH}_3$	1 (11.00)				
	2 (07.00)				
	2 (11.00)				
	Rerata				

### 3.4. Pelaksanaan Percobaan

#### 3.4.1. Persiapan Bahan Baku Limbah Cair Rumah Sakit

Limbah cair rumah sakit didapatkan dari Rumah Sakit Umum Daerah Kanjuruhan Kepanjen, yang berlokasi Jl. Panji no 100 Kepanjen, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Sebanyak 30 liter limbah cair diambil dari bak equalisasi (Gambar 3.4) IPAL RSUD Kepanjen kemudian ditampung dan dimasukkan ke dalam 3 unit wadah jerigen plastik berukuran 10 liter, selanjutnya ditutup agar tidak terkontaminasi. Limbah cair tersebut dibawa ke laboratorium dan siap digunakan sebagai bahan baku penelitian.



Gambar 3.4. Sketsa IPAL RSUD Kepanjen  
Sumber: *Layout IPAL RSUD Kepanjen*

### 3.4.2. Pengaturan Laju Aliran

Laju aliran yang direncanakan adalah 6 liter/jam. Hal ini didasari dari penelitian pendahuluan (Zulkifli dan Mutia, 2000), laju alir 3 liter/jam adalah yang sangat optimum untuk mengolah limbah cair pabrik tahu pada RBC, akan tetapi laju alir tersebut sangat kecil apabila diterapkan dalam penelitian RBC kali ini. Sehingga laju alir yang dipilih adalah 6 liter/jam yang mampu menyisihkan BOD 79%, COD 77%, dan  $\text{NH}_3$  62% pada penelitian pendahuluan tersebut. Pengaturan laju alir dilakukan secara coba-coba menggunakan stop kran (K-1) dan (K-3), percobaan dihentikan sampai mendapatkan laju alir yang direncanakan dan relatif stabil.

### 3.4.3. Proses Pengolahan RBC (*Rotating Biological Contactor*)

Setelah laju alir relatif stabil, air limbah dari tangki penampung dialirkan menuju reaktor. Di dalam reaktor ini, media tempat melekatnya film biologis ini berupa piringan (*disc*) dari bahan polimer atau plastik yang ringan dan disusun dari berjajar-jajar pada suatu poros sehingga membentuk suatu modul atau paket, selanjutnya modul tersebut diputar secara pelan dalam keadaan tercelup sebagian ke dalam air limbah yang mengalir secara kontinu ke dalam reaktor tersebut. Untuk *Run I*, modul tersebut diputar secara pelan dengan kecepatan putaran 2 rpm dalam keadaan tercelup 70 % ke dalam air limbah yang mengalir secara kontinu di dalam reaktor.

Waktu tinggal di dalam reaktor ini kira-kira 4 jam. Dengan kondisi demikian mikroorganisme tumbuh melekat pada permukaan media yang berputar tersebut membentuk suatu lapisan yang terdiri dari mikroorganisme yang disebut biofilm (lapisan biologis). Pada saat biofilm yang melekat pada media yang berupa piringan



tipis tersebut tercelup kedalam air limbah, mikroorganisme menyerap senyawa organik yang ada dalam air limbah yang mengalir pada permukaan *biofilm*, dan pada saat *biofilm* berada di atas permukaan air, mikroorganisme menyerap oksigen dari udara atau oksigen yang terlarut dalam air untuk menguraikan senyawa organik. Energi hasil penguraian senyawa organik tersebut digunakan oleh mikroorganisme untuk proses perkembangbiakan atau metabolisme.

Senyawa hasil proses metabolisme mikroorganisme tersebut akan keluar dari *biofilm* dan terbawa oleh aliran air atau yang berupa gas akan tersebar ke udara melalui rongga-rongga yang ada pada mediumnya, sedangkan untuk padatan tersuspensi akan tertahan pada permukaan lapisan biologis (*biofilm*) dan akan terurai menjadi bentuk yang larut dalam air. Pertumbuhan mikroorganisme atau *biofilm* tersebut makin lama semakin tebal, sampai akhirnya karena gaya beratnya sebagian akan mengelupas dari mediumnya dan terbawa aliran air keluar.

Untuk memantau jalannya proses, sampel limbah cair diambil secara periodik pada 2 titik yang berbeda melalui kran K-2 dan K-4. Selain parameter uji tersebut, juga dilakukan pemeriksaan pH dan suhu menggunakan pH meter dan termometer terhadap masing-masing sampel air limbah guna mengetahui kondisi proses di dalam reaktor. Setelah *Run I* selesai, percobaan dilanjutkan untuk perlakuan *disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 5 rpm, *disc* terendam 40% dengan kecepatan putaran 2 rpm dan *disc* terendam 40% dengan kecepatan putaran 5 rpm.

#### 3.4.4. Analisa Parameter

Sampel limbah cair yang diambil pada 2 titik (K-2 dan K-4) diserahkan pada pihak laboratorium pengujian kualitas air Perum Jasa Tirta untuk mengetahui besarnya parameter kualitas air. Parameter yang diukur terdiri dari BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan  $\text{NH}_3$ .

##### 3.4.4.1. Prosedur analisa BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Tahapan:

1. Memberi seed air pengencer sekurang-kurangnya 30 menit sebelum air pengencer digunakan dengan takaran 1 ml seed/ liter air pengencer
2. Sampling contoh air

Sampling contoh air:

1. Ambil contoh air secukupnya, ukur pH. Jika pH di bawah 6,5 maka tambahkan  $\text{NaOH}$  1 N, dan jika di atas 7,5 maka tambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 N hingga pH contoh antara 6,5 – 7,5.

2. Encerkan sample menggunakan air pengencer berdasarkan perhitungan pengenceran BOD. Pengenceran BOD =  $(\text{COD} \times 80\%) / 4$
3. Pipet 20 ml contoh air dan masukkan ke dalam piala gelas di atas
4. Tambahkan lagi air pengencer hingga 200 ml (pengenceran 10 kali)
5. Pipet 10 ml larutan di atas, tuang ke dalam piala gelas 1 liter dan encerkan hingga tanda batas (pengenceran 1000 kali)
6. Tuang sampel ini ke dalam 2 botol winkler hingga penuh
7. Tutup botol BOD dan buang sisa larutan yang terdapat dalam mulut botol
8. Beri kode masing-masing  $\text{DO}_0$  dan  $\text{DO}_5$
9. Kerjakan blanko dengan perlakuan yang sama, dengan menggunakan sisa air pengencer dan menggunakan kode  $\text{BO}_0$  dan  $\text{BO}_5$
10. Masukkan masing-masing 1 ml mangan sulfat dan 1 ml natrium-iodida-azida ke dalam botol berkode  $\text{DO}_0$  dan  $\text{BO}_0$  kemudian botol tutup kembali.
11. Masukkan semua botol di atas ke dalam inkubator  $20^\circ\text{C}$  dalam suasana gelap

Pereaksi:

1. Larutan mangan sulfat  
Dilarutkan 480 g  $\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ , 400 g  $\text{MnSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  atau 364 g  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  dalam air suling, saring bila perlu dan tepatkan volume menjadi 1 L
2. Larutan alkali-iodida-azida  
Dilarutkan 500 g NaOH (atau 700 g KOH) dan 135 g NaI (atau 150 g KI) dalam air suling dan tepatkan volume menjadi 1 L. Tambahkan 10 g  $\text{NaN}_3$  yang dilarutkan dalam 40 ml air suling
3.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat  
1 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat ekuivalen dengan 3 ml alkali-azida-iodida
4. Larutan Kanji  
Dilarutkan 2 g kanji dan 0,2 g asam salisilat sebagai pengawet dalam 100 ml air suling panas
5. Larutan standart thiosulfat 0,025 N  
Dilarutkan 6,205 g  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  dalam air suling. Tambah dengan NaOH 6 N atau 0,4 g NaOH dan tepatkan menjadi 1 L
6. Larutan standart bi-iodat 0,0021 M  
Dilarutkan 812,40 mg  $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$  dengan air suling dan tepatkan volume menjadi 1 L
7. Larutan buffer fosfat

Dilarutkan 8,5 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 21,75 g  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 33,4 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  dan 1,7 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dalam 500 ml air suling atur pH hingga mencapai 7,4 dan tepatkan volume menjadi 1 L. Ganti larutan bila terlihat adanya pertumbuhan biologis

8. Larutan magnesium sulfat

Dilarutkan 22,5 g  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  dalam air suling dan tepatkan volume hingga 1 L

9. Larutan kalsium klorida

Dilarutkan 27,5 g  $\text{CaCl}_2$  dengan air suling dan tepatkan volume hingga 1 L

10. Larutan ferri klorida

Dilarutkan 0,25 g  $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  dengan air suling dan tepatkan volume hingga 1 L

Alat-alat:

1. Botol winkler (BOD)
2. Inkubator
3. Peralatan titrasi
4. Aerator

Cara Kerja:

1. Persiapan air pengencer
  - Disiapkan air pengencer di dalam botol yang bersih
  - Tambahkan larutan buffer fosfat,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{FeCl}_3$  masing-masing 1 ml/liter air
  - Sebelum digunakan simpan pada suhu  $20^\circ\text{C}$  dan jenuhkan dengan oksigen melalui aerator, lalu simpan pada botol bertutup kapas
2. Perlakuan sampel
  - Masukkan sampel ke dalam botol BOD 250-300 ml sampai meluap
  - Kemudian tutup botol BOD, hindarkan terjadinya turbulensi dengan gelembung udara selama pengisian berlangsung
  - Sampel siap diperiksa kadar oksigen terlarut pada nol hari dan 5 hari
3. Pemeriksaan oksigen terlarut
  - Periksa kadar oksigen terlarut nol hari dari salah satu botol BOD yang tidak diamankan dengan penambahan 1 ml larutan  $\text{MnSO}_4$  dan 1 ml alkali-iodida-azida
  - Hindari terbentuknya gelembung udara, lalu botol ditutup, dan dikocok beberapa saat

- Ketika endapan yang terbentuk mulai turun, tambahkan 1 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, tutup kembali dan kocok beberapa saat sampai homogen
- Kemudian ± 100 ml sampel dibuang dan sisa sampel dititrasi (± 200 ml) dengan larutan N<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,025 M sampai warna kuning muda, tambahkan beberapa tetes larutan kanji dan titrasi kembali hingga warna biru hilang. Catat volume penitar
- Botol yang lain dimasukkan ke dalam inkubator (dieramkan) selama 5 hari pada suhu 20°C
- Setelah 5 hari dieramkan, periksa kadar oksigen terlarut seperti perlakuan di atas

Perhitungan:

$$1. \text{ Oksigen Terlarut (OT)} = \frac{a \times N \times 8000}{V - 4}$$

Dimana:

OT = Oksigen terlarut (mg/O<sub>2</sub>/l)

a = Volume titran natrium sulfat

N = Normalitas larutan natrium thiosulfat (ek/l)

V = Volume botol winkler (ml)

2. Bila air pengencer menggunakan seed

$$\text{BOD}_5 \text{ (mg/l)} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)}{P} \times f$$

Dimana:

D<sub>1</sub> = Oksigen terlarut dari sampel 0 hari (mg/l)

D<sub>2</sub> = Oksigen terlarut dari sampel 5 hari, 20°C (mg/l)

P = Faktor pengencer

B<sub>1</sub> = Oksigen terlarut dari seed 0 hari (mg/l)

B<sub>2</sub> = Oksigen terlarut dari seed 5 hari, 20°C (mg/l)

f = Ratio dari seed

#### 3.4.4.2. Prosedur analisa COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Peralatan:

1. Labu digesti, sebaiknya digunakan tabung kultur borosilikat dengan tutup (model TFE-lined screw)
2. Heating block
3. Spektrofotometer, untuk digunakan pada panjang gelombang nm

Pereaksi:

1. Pereaksi destruksi

Larutkan 3,07 g  $K_2Cr_2O_7$  yang telah dikeringkan pada suhu  $103^\circ C$  selama 2 jam dalam 250 ml air suling. Tambah dengan 50 ml  $H_2SO_4$  pekat dan 10 g  $HgSO_4$ . Larutkan, dinginkan hingga sama dengan suhu ruangan, dan encerkan hingga 1 liter.

2. Pereaksi asam sulfat

Masukkan  $Ag_2SO_4$ , kristal ataupun serbuk ke dalam  $H_2SO_4$  pekat dengan perbandingan 7,10 g  $Ag_2SO_4$  / 700 ml  $H_2SO_4$ . Biarkan selama 1 atau 2 hari untuk melarutkan  $Ag_2SO_4$ .

3. Asam sulfamat

Hanya dibutuhkan jika pengganggu nitrit harus dihilangkan.

4. Standard kalium hidrogen phtalat

Hancurkan dengan hati-hati lalu keringkan hidrogen phtalat ( $HOOC_6H_4COOK$ ) pada suhu  $120^\circ C$  hingga bobot konstan. Larutkan 500 mg dalam air suling dan encerkan hingga 1 liter. KHP memiliki COD teoritis 1,176 mg  $O_2$ /mg dan larutan ini memiliki COD teoritis  $500 \mu g O_2$ /ml. Larutan ini stabil selama 3 bulan jika di refrigator tanpa adanya pertumbuhan biologis.

Cara Kerja:

a. Sampel

Ambil 1 ml sampel tambahkan 2 ml reagen, panaskan selama 2 jam dengan suhu  $150^\circ C$  dinginkan ukur absorbansinya dengan spektrometer panjang gelombang 600 nm. Baca absorbansinya dan bandingkan dengan kurva kalibrasi.

b. Deret standart

Buat larutan dari standart kalium phtlat dengan konsentrasi 50 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 400 ppm, 600 ppm, dan 800 ppm. Ukur absorbansinya dengan spektrofotometer 600 nm. Buat kurva kalibrasi.

c. Blangko

1 ml air suling dan 2 ml reagen panaskan 2 jam dengan suhu  $150^\circ C$  kemudian dinginkan, ukur dengan spektrofotometer.

**3.4.4.3. Prosedur analisa  $NH_3$**

Alat:

1. Peralatan destilasi
2. Labu takar
3. Spektrofotometer

4. Tabung nessler
5. Pipet

Bahan:

1. Pereaksi nessler
2. Larutan K-Na tartrat pekat
3. Larutan induk  $\text{NH}_4^+$
4. Larutan standart
5. Aquades

Cara Kerja:

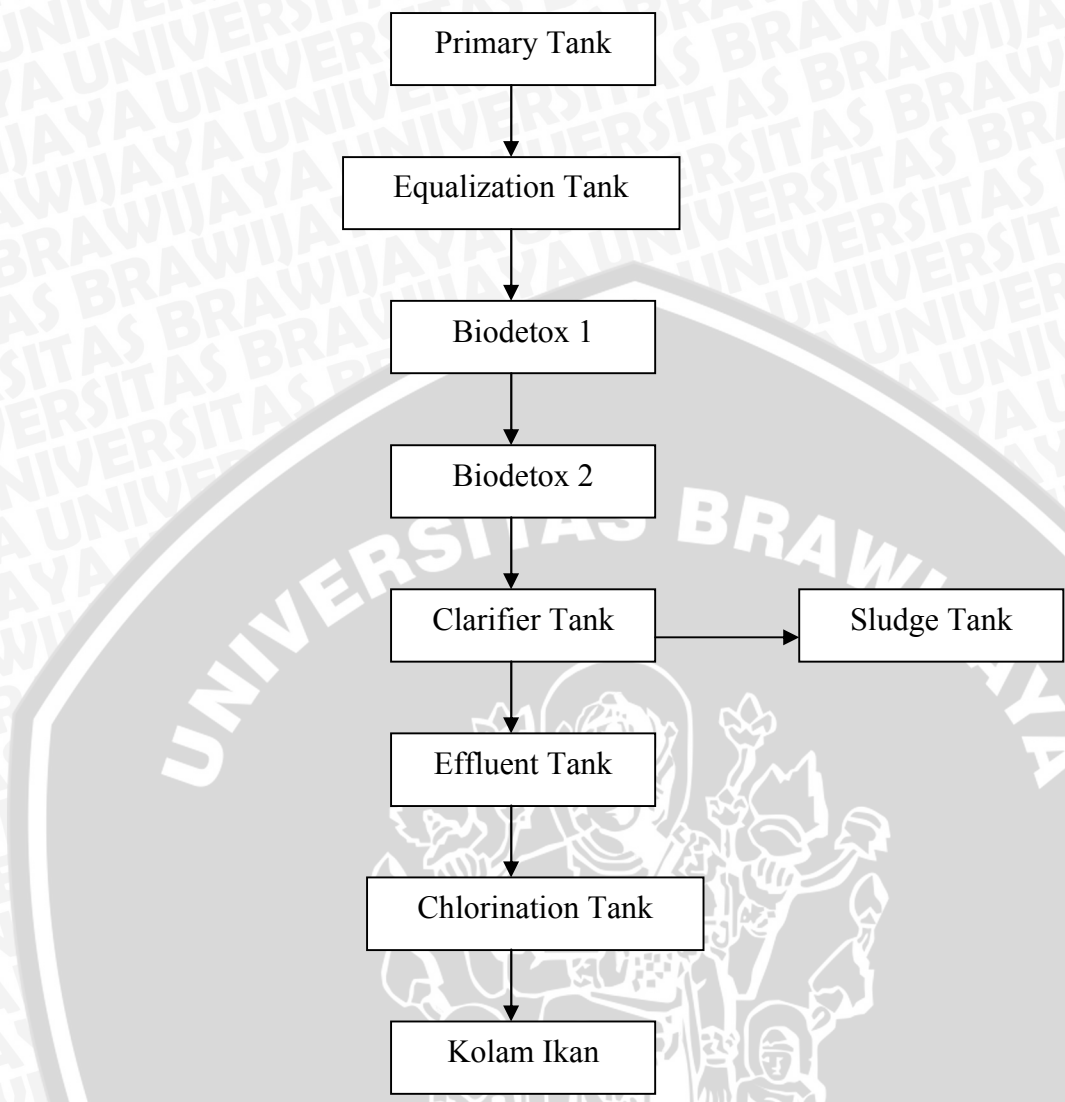
Sampel air yang diperiksa sebaiknya didinginkan sekitar  $5^\circ\text{C}$  dan penetapan harus dilakukan secepat mungkin sesudah pengambilan sample. Apabila sample diperkirakan mengandung  $\text{NH}_3 < 5 \text{ mg/l}$ , volume sample yang dianalisa adalah 50 ml, bila  $> 5 \text{ mg/l}$  digunakan volume yang lebih kecil, tapi diencerkan sampai volume

Pembuatan kurva kalibrasi  $\text{NH}_3$

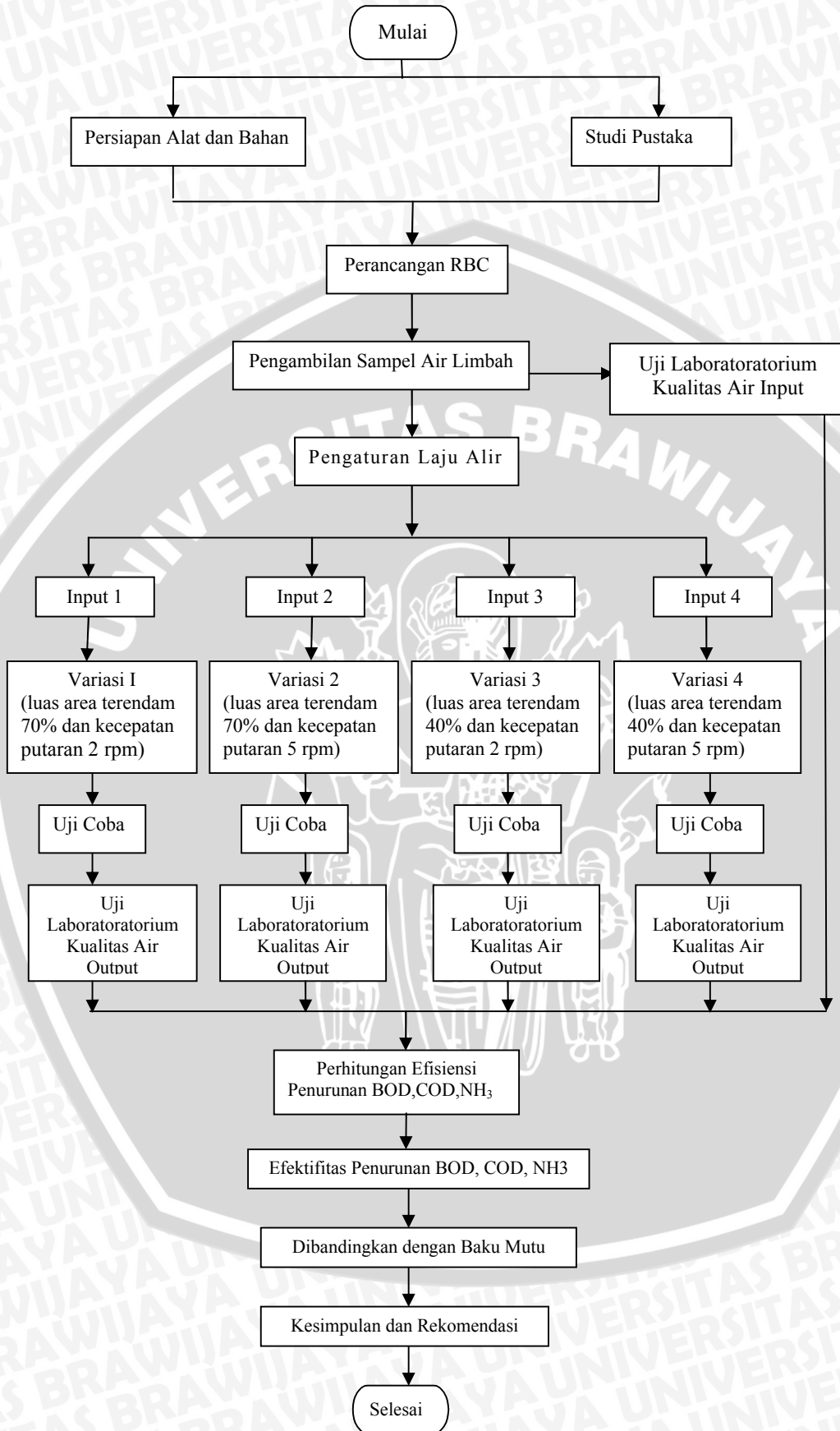
- a. Siapkan 8 buah labu ukur 50 ml dan isi masing-masing dengan larutan standart  $\text{NH}_3$  sebanyak 0; 1; 2; 5; 10; 15; 20; 25 ml. Yang berarti masing-masing berisi 0; 10; 20; 50; 100; 150; 200; 250  $\mu\text{g}$   $\text{NH}_3$
- b. Buat volume menjadi 50 ml dengan menambah aquades
- c. Tambahkan 2 ml larutan K-Na tartrat, dan kocok dengan baik
- d. Bubuhkan 2 ml pereaksi nessler dan kocok lagi
- e. Tunggu 10 menit sebelum diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm
- f. Catat pembacaan tiap labu ukur dan buat gambar grafik antara konsentrasi  $\text{NH}_3$  terhadap absorbansi. Akan didapatkan garis lurus melalui titik nol apabila aquades yang digunakan bebas  $\text{NH}_3$

Penetapan  $\text{NH}_3$  sampel air

- a. Sampel air yang diperiksa sebanyak 50 ml atau diencerkan menjadi 50 ml diberi perlakuan yang sama dengan prosedur pembuatan kurva kalibrasi seperti yang telah diuraikan di atas
- b. Catat pembacaan pada spektrofotometer dan diplotkan pada kurva kalibrasi untuk memperoleh kadar  $\text{NH}_3$  dalam sampel



Gambar 3.5. Diagram Proses Pengolahan Limbah Cair Pada IPAL RSUD Kepanjen



Gambar 3.6. Diagram Alir Penelitian



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Umum

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperlukan adanya analisa data dan pembahasan. Pembahasan dilakukan untuk menjawab formulasi masalah sekaligus tujuan dari penelitian ini

### 4.2. Perancangan *Rotating Biological Contactor*

Untuk merancang unit pengolahan air limbah dengan sistem RBC, beberapa parameter desain yang harus diperhatikan antara lain adalah parameter yang berhubungan dengan beban (*loading*). Dalam penelitian ini debit yang direncanakan adalah 6 liter/jam atau  $1,67 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dtk}$ .

Tabel 4.1 Nilai Parameter yang Direncanakan

Parameter	Asumsi <i>influent</i>	Target <i>effluent</i>
BOD	150 mg/l	< 30 mg/l
COD	350 mg/l	< 80 mg/l
NH <sub>3</sub>	0,3 mg/l	< 0,1 mg/l

Sumber: Penelitian 2010

#### 4.2.1. Perhitungan Beban Limbah

Beban pencemaran dapat ditentukan dengan mengukur kadar parameter pencemaran dan volume atau debit aliran air atau limbah yang bersangkutan. Nilai beban pencemaran tersebut dihitung dengan:

$$L = Q_0 \times C_0 \quad (4 - 1)$$

Untuk mengubah data limbah menjadi data beban digunakan rumus sebagai berikut:

$$L = 86.4 \times Q \times C \quad (4 - 2)$$

Dengan :

L = beban pencemaran (kg/hari)

Q = debit limbah ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

C = konsentrasi parameter pencemaran (mg/ltr)

Angka 86.4 dari persamaan berasal dari konversi satuan yaitu :

$$L = \text{m}^3 / \text{detik} \times \text{mg/ltr}$$

$$= 10^3 \text{ ltr} / (8.64 \times 10^4)^{-1} \text{ hari} \times 10^{-6} \text{ kg/ltr}$$

$$= 86.4 \text{ kg/hari}$$

Perhitungan Beban Limbah

Diketahui :  $Q_{\text{rencana}} = 1,67 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik}$

$$C_{\text{BOD inlet}} = 150 \text{ mg/l}$$

$$C_{\text{COD inlet}} = 350 \text{ mg/l}$$

$$C_{\text{NH}_3 \text{ inlet}} = 0,3 \text{ mg/l}$$

Perhitungan :

#### 1. Beban BOD

$$L = Q_o \times C_{\text{BOD}} \times 86,4$$

$$L = 1,67 \times 10^{-6} \times 150 \times 86,4$$

$$= 0,0216 \text{ kg/hari}$$

#### 2. Beban COD

$$L = Q_o \times C_{\text{COD}} \times 86,4$$

$$L = 1,67 \times 10^{-6} \times 350 \times 86,4$$

$$= 0,0505 \text{ kg/hari}$$

#### 3. Beban NH<sub>3</sub>

$$L = Q_o \times C_{\text{NH}_3} \times 86,4$$

$$L = 1,67 \times 10^{-6} \times 0,3 \times 86,4$$

$$= 4,329 \times 10^{-5} \text{ kg/hari}$$

#### 4.2.2. Perencanaan Desain RBC

Dalam perencanaan desain RBC digunakan tipikal desain RBC pada Tabel 4.2 untuk mendapatkan kadar *effluent* yang diharapkan.

Tabel 4.2 Tipikal Desain RBC

Parameter	Satuan	Nilai		
		Penguraian BOD	Penguraian BOD dan NH <sub>3</sub>	Penguraian NH <sub>3</sub>
<i>Hydraulic Loading</i>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	0,08-0,16	0,03-0,08	0,04-0,10
<i>Organik Loading</i>	g.BOD/m <sup>2</sup> .hari	8-20	5-16	0,5-1,0
<i>Maximum organik loading</i>	g.BOD/m <sup>2</sup> .hari	24-30	24-30	1-2
<i>NH<sub>3</sub> loading</i>	g.N/m <sup>2</sup> .hari		0,75-1,5	1,2-3
<i>Hydraulic retention time</i>	jam	0,7-1,5	1,5-4	7-15
<i>Effluent BOD</i>	mg/l	15-30	7-15	
<i>Effluent NH<sub>3</sub></i>	mg/l		<2	1-2

Sumber: Metcalf & Eddy (2003)

Diketahui :

$Q_{\text{air limbah}}$	$= 0,1443 \text{ m}^3/\text{hari}$
Beban BOD	$= 0,0216 \times 10^{-3} \text{ kg/hari} = 21,6 \text{ gBOD/hari}$
Beban $\text{NH}_3$	$= 4,329 \times 10^{-5} \text{ kg/hari} = 4,329 \times 10^{-2} \text{ gN/hari}$
BOD yang ditargetkan	$= 15 \text{ mg/l}$ (di bawah baku mutu)
$\text{NH}_3$ yang ditargetkan	$= 0,1 \text{ mg/l}$ (di bawah baku mutu)

Berdasarkan tabel untuk mendapatkan kadar  $\text{BOD}_{\text{outlet}}$  sebesar 15 mg/l dibutuhkan organik loading (OL) sebesar 16 g BOD/m<sup>2</sup>.hari, dan untuk mendapatkan kadar  $\text{NH}_3$  outlet sebesar 0,1 mg/l dibutuhkan  $\text{NH}_3$  loading (NL) sebesar 1,5 g N/m<sup>2</sup>.hari.

Luas permukaan *biofilm* untuk BOD :

$$A_{\text{BOD}} = \frac{\text{beban BOD}}{\text{OL}}$$

$$A_{\text{BOD}} = \frac{21,6 \text{ g.BOD/hari}}{16 \text{ g.BOD/m}^2.\text{hari}}$$

$$A_{\text{BOD}} = 1,35 \text{ m}^2$$

Luas permukaan *biofilm* untuk  $\text{NH}_3$  :

$$A_{\text{NH}_3} = \frac{\text{beban NH}_3}{\text{NL}}$$

$$A_{\text{NH}_3} = \frac{0,04329 \text{ g.N/hari}}{1,5 \text{ g.N/m}^2.\text{hari}}$$

$$A_{\text{NH}_3} = 0,0289 \text{ m}^2$$

Total luas permukaan yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_{\text{total}} &= A_{\text{BOD}} + A_{\text{NH}_3} \\ &= 1,35 \text{ m}^2 + 0,0289 \text{ m}^2 \\ &= 1,3789 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Waktu tinggal = 4 jam (Tabel Tipikal Desain RBC)

$$Q = 6 \text{ l/jam}$$

$$t = \frac{V}{Q}$$

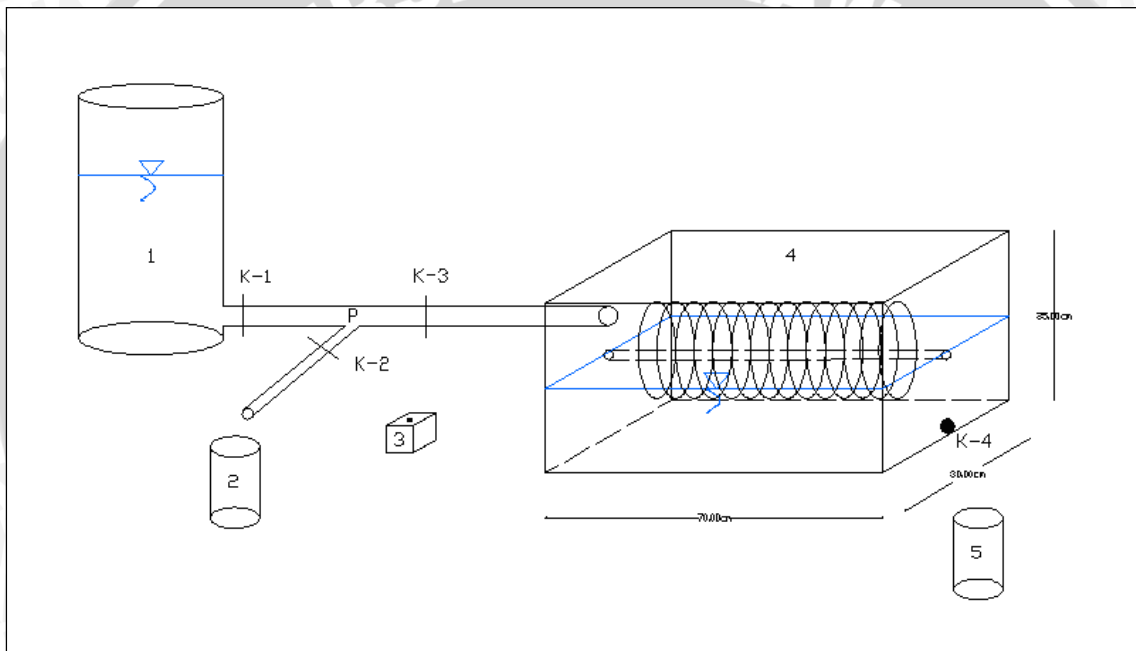
$$4 = \frac{V}{6 \text{ l/jam}}$$

$$V = 24 \text{ liter} = 24000 \text{ cm}^3$$

**Dimensi bak RBC adalah sebagai berikut :**

Agar volume bak RBC sebesar 24000 cm<sup>3</sup>, dimensi bak adalah

$$\begin{aligned}
 p &= 70 \text{ cm} \\
 l &= 30 \text{ cm} \\
 t_{\text{air}} &= \frac{V}{pxl} \\
 &= 11,43 \text{ cm} \\
 \text{tinggi jagaan} &= 23,57 \text{ cm} \\
 \text{tinggi total} &= 11,43 + 23,57 = 35 \text{ cm} \\
 \text{Volume reaktor} &= 73500 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$



Gambar 4.1 Sketsa peralatan utama RBC (*Rotating Biological Contactor*)  
Sumber: Penelitian 2010

Keterangan Gambar:

1. Tangki penampung air limbah ukuran 30 liter
2. Botol penampung pengaturan laju aliran ukuran 1,5 liter
3. *Driving gear* dengan kecepatan putaran 2-5 rpm

4. Reaktor RBC

Dimensi reaktor RBC adalah panjang 70 cm, lebar 30 cm dan tinggi 35 cm.

Diameter *disc* 20 cm, tebal 0,3 cm dan berjumlah 60 buah. Bahan media *polietilen*.

Bentuk *disc* plat datar. Panjang *Shaft* (as) 90 cm terbuat dari baja bulat

5. Tangki penampung *effluent* ukuran 1,5 liter

K = Kran

P = Pipa

#### 4.3. Kondisi Lingkungan Selama Penelitian

Selama penelitian dilakukan pengamatan terhadap kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi proses penguraian zat pencemar pada reaktor RBC. Pengamatan terhadap kondisi lingkungan pada reaktor RBC meliputi pH dan temperatur.

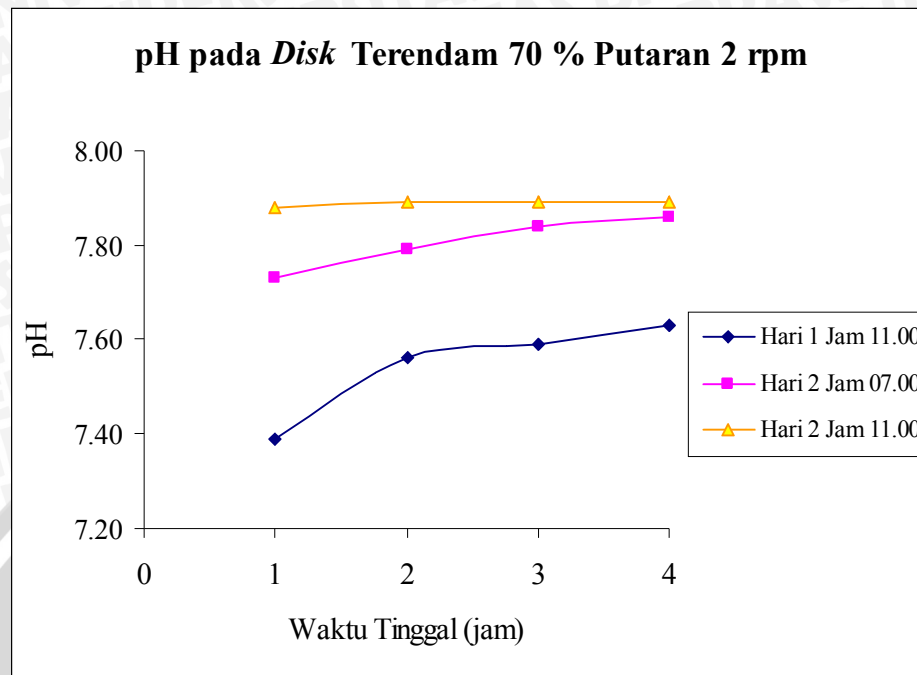
##### 4.3.1. Parameter pH

Untuk mengetahui perubahan pH dilakukan pengukuran pH dengan menggunakan pHmeter pada reaktor RBC yang menunjukkan nilai berkisar antara pH 7,25 – 7,94 seperti terlihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.2 sampai Gambar 4.5. Nilai pH dalam air limbah sangat dipengaruhi oleh kegiatan mikroba dalam memecah bahan organik. Pada rentang ini mikroba jenis bakteri sangat dominan dari mikroorganisme lain terhadap proses penguraian zat pencemar pada reaktor RBC.

Tabel 4.3 Tabel Pengamatan pH Reaktor RBC

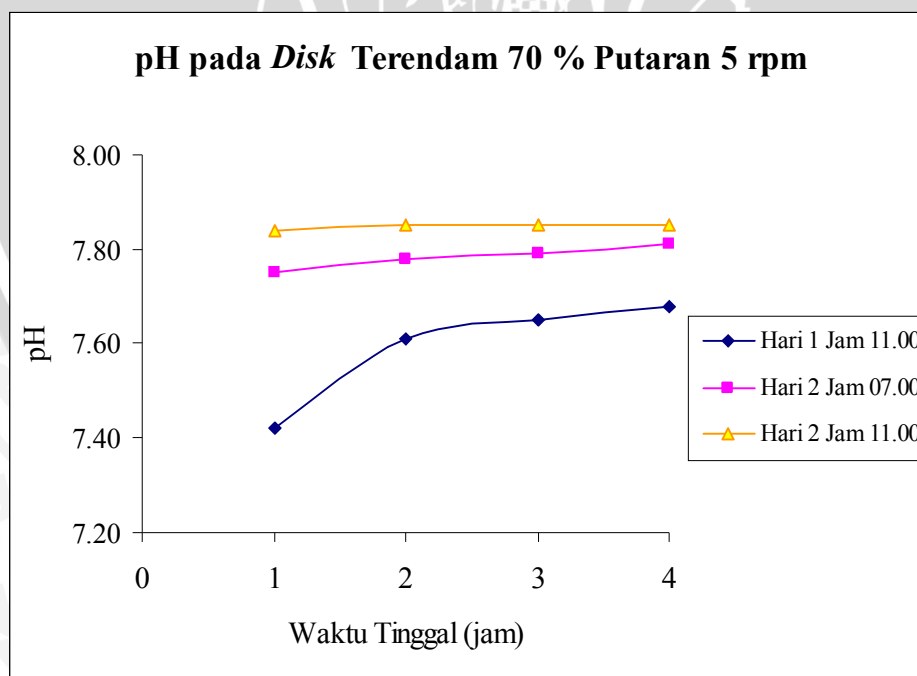
Waktu Penelitian	Waktu Tinggal (jam)	pH			
		Disc Terendam 70%		Disc Terendam 40%	
		2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm
Hari 1 Jam 11.00	1	7.39	7.42	7.46	7.25
	2	7.56	7.61	7.63	7.38
	3	7.59	7.65	7.66	7.44
	4	7.63	7.68	7.68	7.51
Hari 2 Jam 07.00	1	7.73	7.75	7.78	7.57
	2	7.79	7.78	7.83	7.66
	3	7.84	7.79	7.89	7.77
	4	7.86	7.81	7.90	7.79
Hari 2 Jam 11.00	1	7.88	7.84	7.92	7.82
	2	7.89	7.85	7.94	7.83
	3	7.89	7.85	7.94	7.83
	4	7.89	7.85	7.94	7.83

Sumber: Penelitian 2010



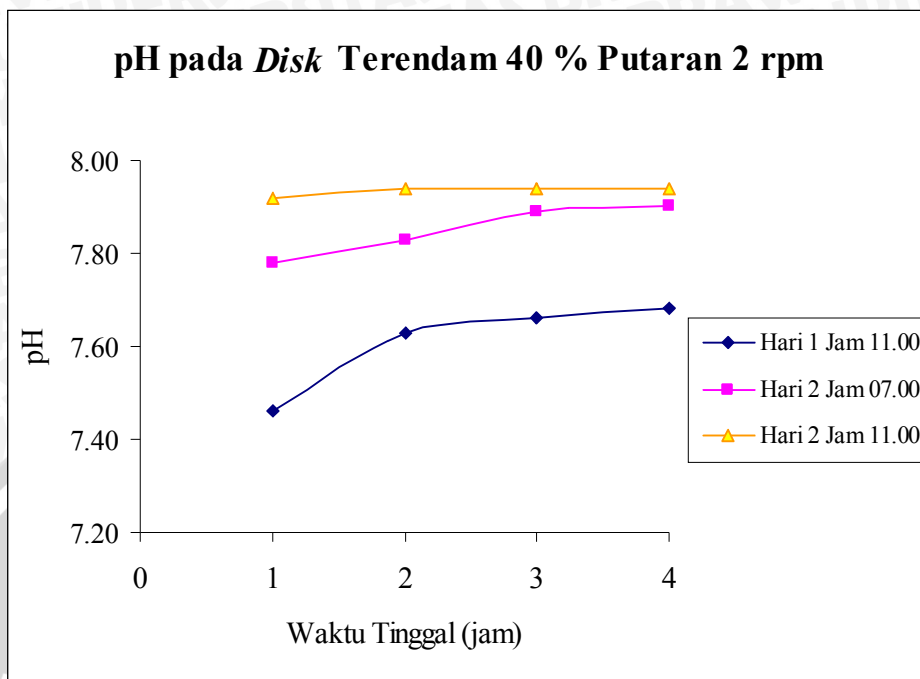
Gambar 4.2 Pengamatan pH Reaktor RBC dengan variasi *disc* terendam 70 % dan putaran 2 rpm

Sumber: Tabel Pengamatan pH Reaktor RBC



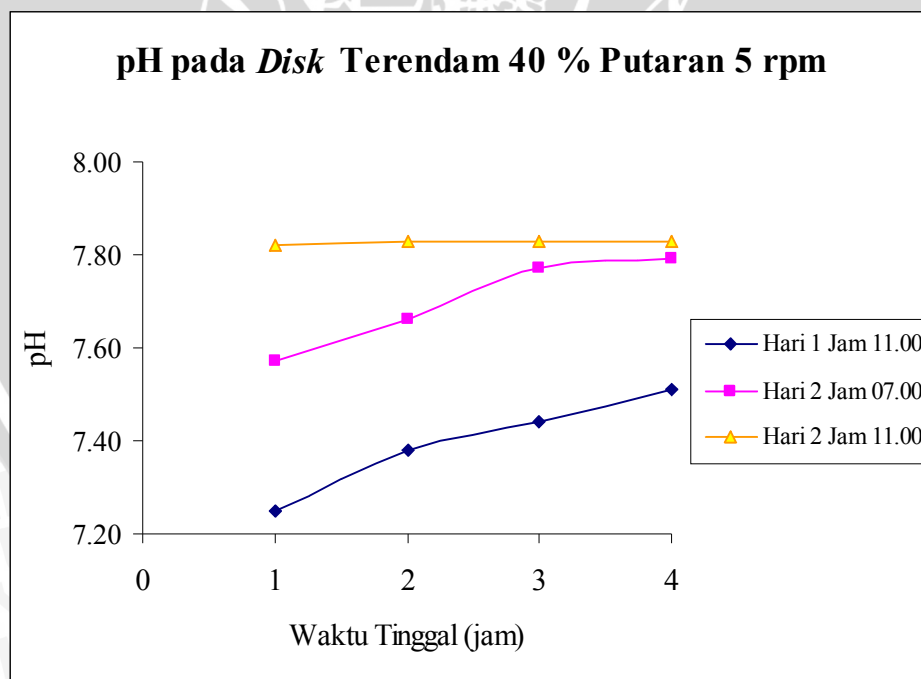
Gambar 4.3 Pengamatan pH Reaktor RBC dengan variasi *disc* terendam 70 % dan putaran 5 rpm

Sumber: Tabel Pengamatan pH Reaktor RBC



Gambar 4.4 Pengamatan pH Reaktor RBC dengan variasi *disc* terendam 40 % dan putaran 2 rpm

Sumber: Tabel Pengamatan pH Reaktor RBC



Gambar 4.5 Pengamatan pH Reaktor RBC dengan variasi *disc* terendam 40 % dan putaran 5 rpm

Sumber: Tabel Pengamatan pH Reaktor RBC

Parameter pH lingkungan media sangat mempengaruhi proses pengolahan limbah secara biologis, kisarannya antara 6,5 – 8,5. Nilai pH yang terlalu tinggi (> 8,5) akan menghambat aktivitas mikroorganisme sedangkan nilai pH di bawah 6,5 akan mengakibatkan pertumbuhan jamur dan terjadi persaingan dengan bakteri dalam metabolisme materi organik.

Perhitungan selisih pH pada hari kedua dengan waktu pengamatan yang berbeda yaitu pukul 07.00 dan pukul 11.00 dengan cara mencari selisih pH kemudian dibagi dengan pH pada pukul 07.00 setelah itu dikali 100%. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan dalam contoh perhitungan berikut.

Diketahui data hasil pengamatan pH:

$$pH_1 \text{ (pukul 07.00)} = 7,73$$

$$pH_2 \text{ (pukul 11.00)} = 7,88$$

$$\begin{aligned} \Delta pH &= \left| \frac{pH_1 - pH_2}{pH_1} \right| \times 100\% && (4-3) \\ &= \left| \frac{7,73 - 7,88}{7,73} \right| \times 100\% \\ &= 1,94\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya akan ditabelkan dan disajikan dalam grafik.

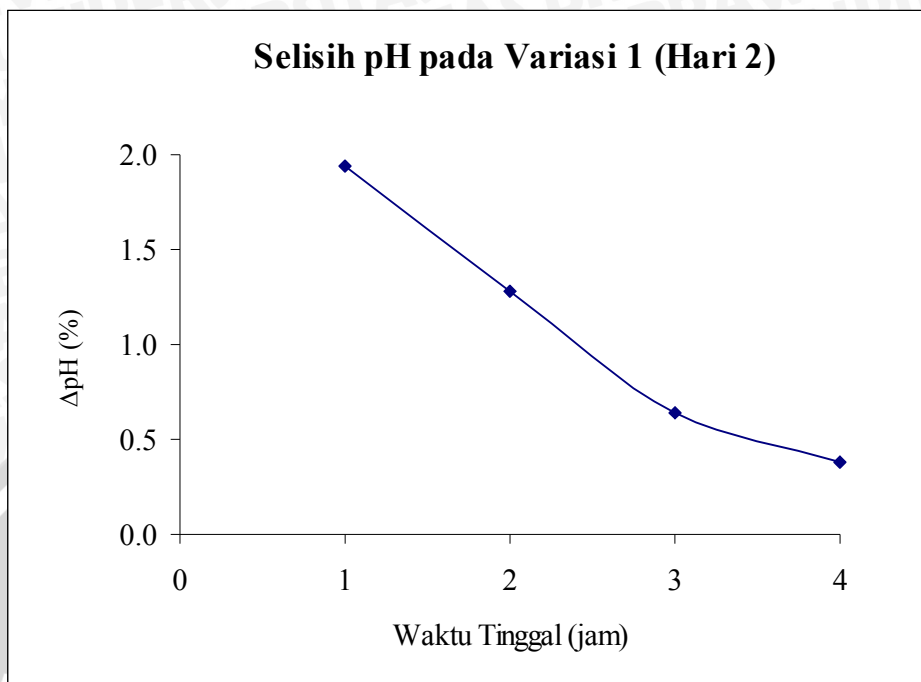
Tabel 4.4 Tabel Perhitungan Selisih pH pada Hari Kedua

Waktu Tinggal (jam)	$\Delta$ pH (%)			
	Disc Terendam 70%		Disc Terendam 40%	
	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm
1	1.94	1.16	1.80	3.30
2	1.28	0.90	1.40	2.22
3	0.64	0.77	0.63	0.77
4	0.38	0.51	0.51	0.51

Sumber: Hasil Perhitungan

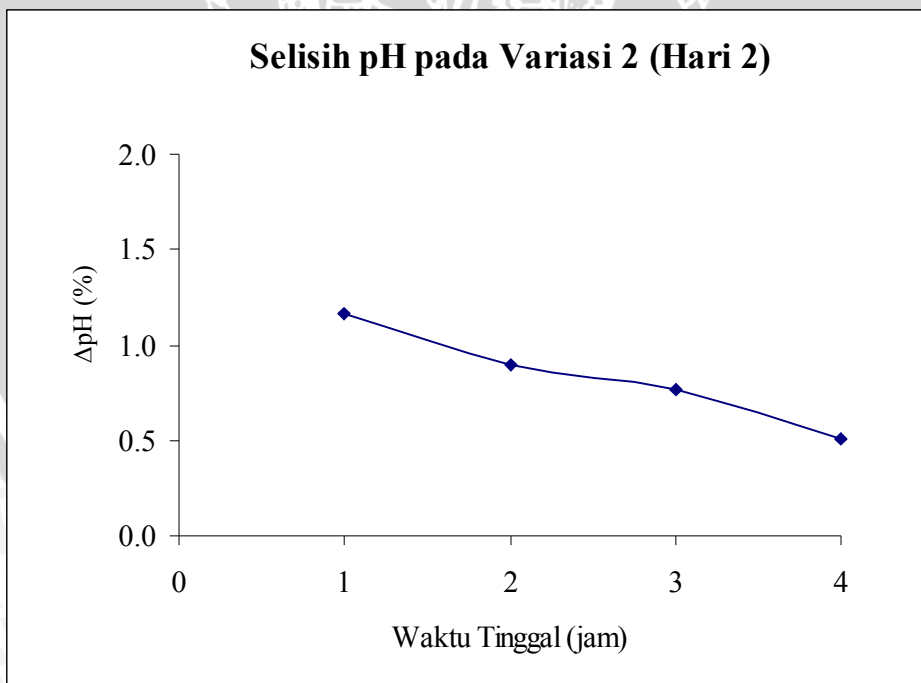
Dari Gambar 4.6 sampai dengan Gambar 4.9 terlihat bahwa secara umum selisih pH semakin menurun dengan bertambahnya waktu operasi untuk setiap variasi.





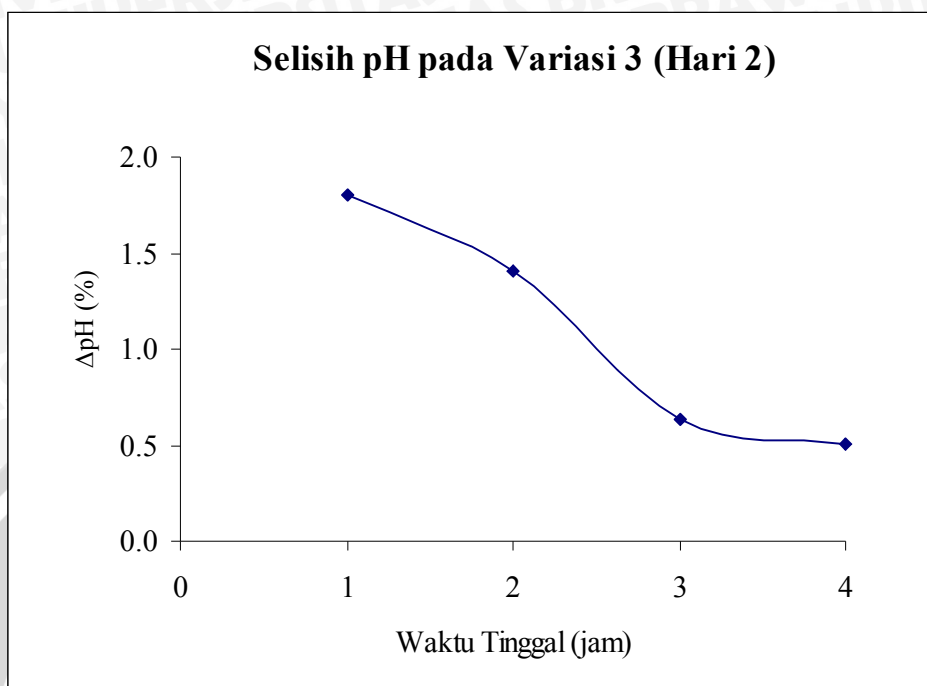
Gambar 4.6 Selisih pH (variasi *disc* terendam 70 % dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 2

Sumber: Tabel Perhitungan Selisih pH pada Hari Kedua

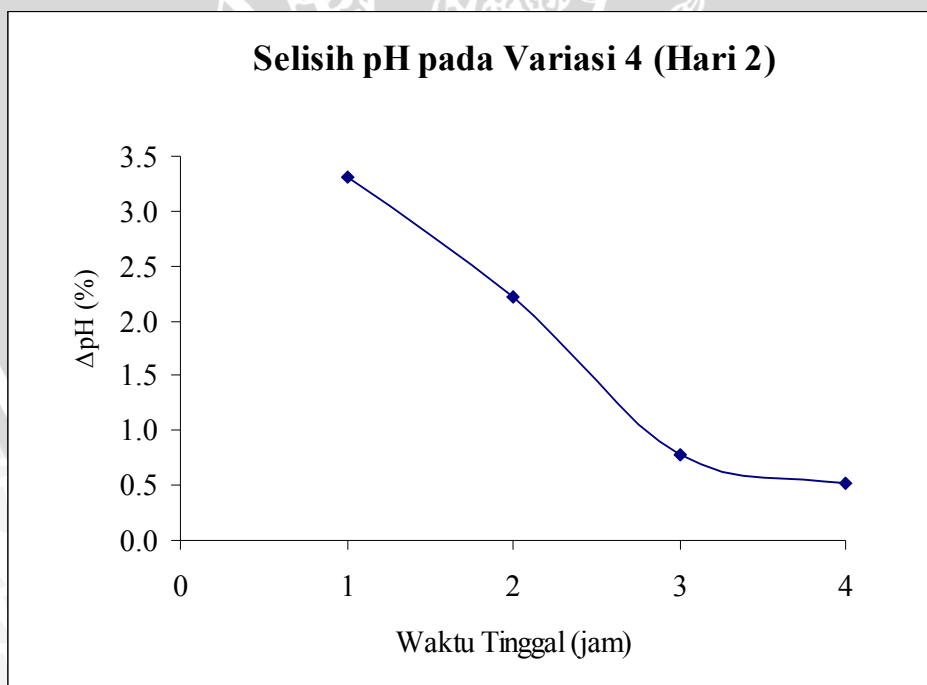


Gambar 4.7 Selisih pH (variasi *disc* terendam 70 % dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 2

Sumber: Tabel Perhitungan Selisih pH pada Hari Kedua



Gambar 4.8 Selisih pH (variasi *disc* terendam 40 % dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 2  
 Sumber: Tabel Perhitungan Selisih pH pada Hari Kedua



Gambar 4.9 Selisih pH (variasi *disc* terendam 40 % dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 2  
 Sumber: Tabel Perhitungan Selisih pH pada Hari Kedua

Perhitungan selisih pH pada hari pertama dan kedua dengan waktu pengamatan yang sama yaitu pukul 11.00 dengan cara mencari selisih pH kemudian dibagi dengan pH pada hari pertama setelah itu dikali 100%. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan dalam contoh perhitungan berikut.

Diketahui data hasil pengamatan pH:

$$pH_1 \text{ (hari pertama)} = 7,39$$

$$pH_2 \text{ (hari kedua)} = 7,88$$

$$\begin{aligned} \Delta pH &= \left| \frac{pH_1 - pH_2}{pH_1} \right| \times 100\% & (4-4) \\ &= \left| \frac{7,39 - 7,88}{7,39} \right| \times 100\% \\ &= 6,63\% \end{aligned}$$

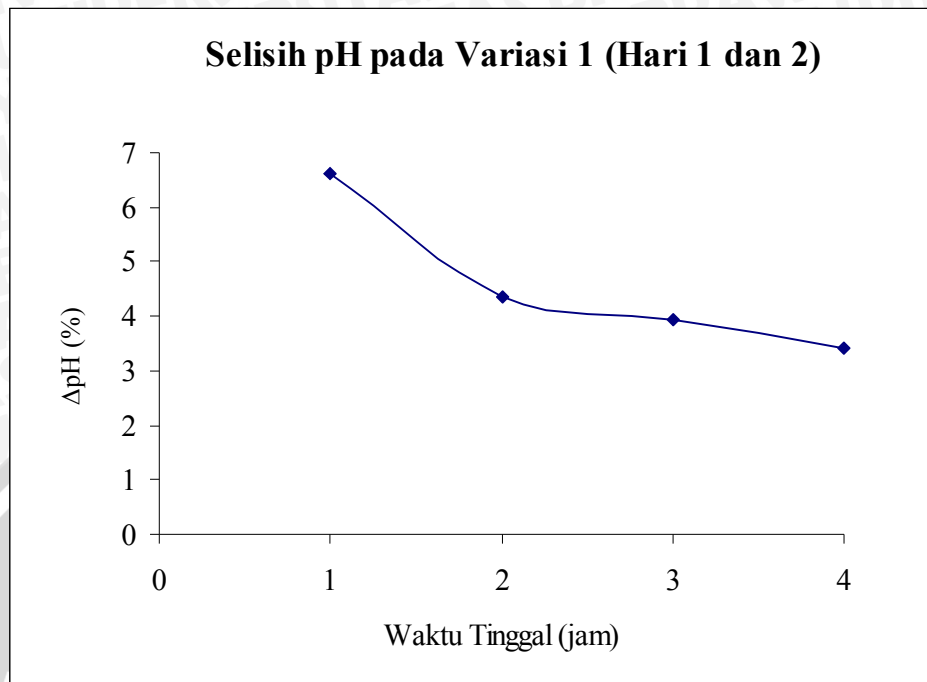
Hasil perhitungan selanjutnya akan ditabelkan dan disajikan dalam grafik.

Tabel 4.5 Tabel Perhitungan Selisih pH Pada Hari Pertama dan Kedua

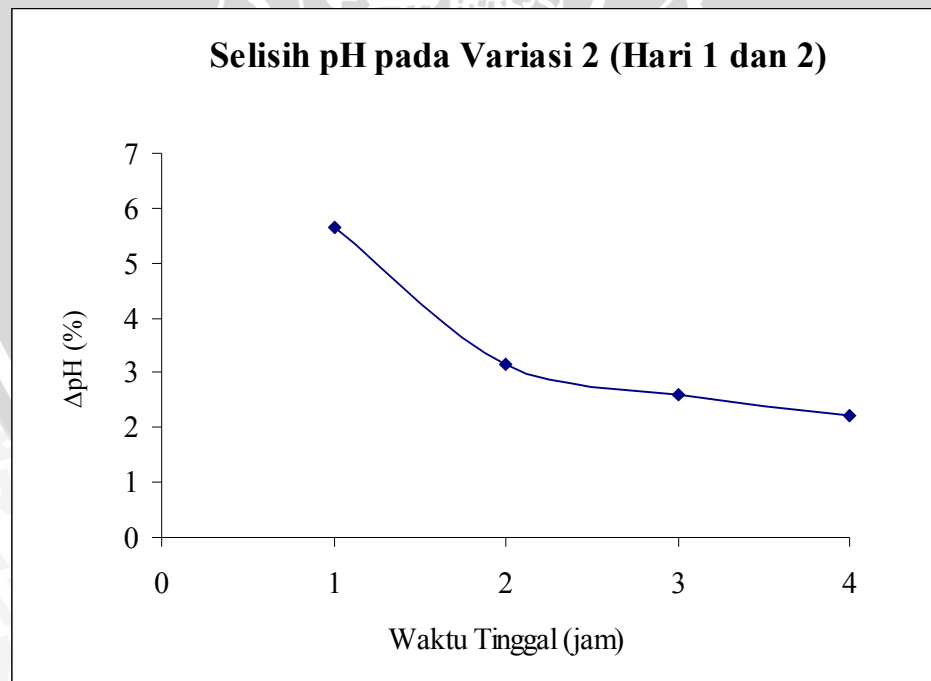
Waktu Tinggal (jam)	$\Delta$ pH (%)			
	Disc Terendam 70%		Disc Terendam 40%	
	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm
1	6.63	5.66	6.17	7.86
2	4.37	3.15	4.06	6.10
3	3.95	2.61	3.66	5.24
4	3.41	2.21	3.39	4.26

Sumber: Hasil Perhitungan

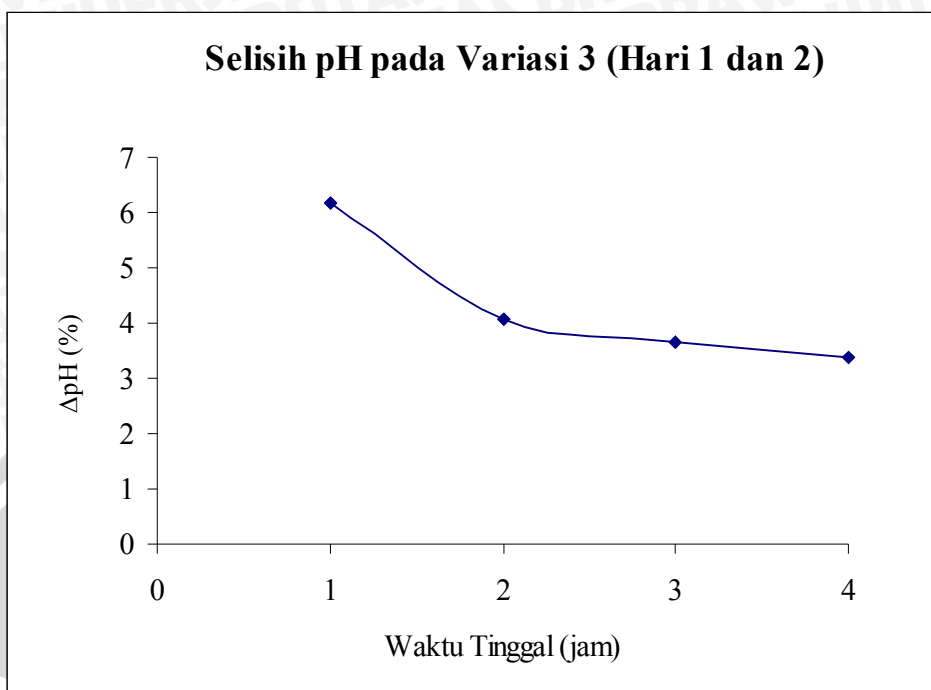
Dari Gambar 4.10 sampai dengan Gambar 4.14 terlihat bahwa secara umum selisih pH semakin menurun dengan bertambahnya waktu operasi untuk setiap variasi.



Gambar 4.10 Selisih pH (variasi *disc* terendam 70% dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2  
 Sumber: Tabel Perhitungan Selisih pH Pada Hari Pertama dan Kedua

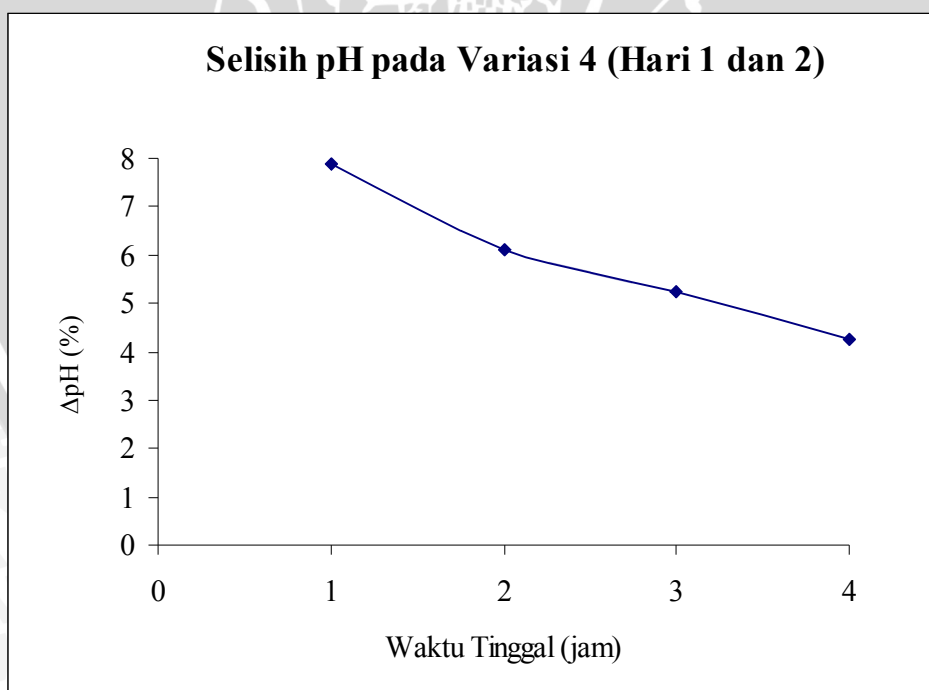


Gambar 4.11 Selisih pH (variasi *disc* terendam 70% dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2  
 Sumber: Tabel Perhitungan Selisih pH Pada Hari Pertama dan Kedua



Gambar 4.12 Selisih pH (variasi *disc* terendam 40% dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2

Sumber: Tabel Perhitungan Selisih pH Pada Hari Pertama dan Kedua



Gambar 4.13 Selisih pH (variasi *disc* terendam 40% dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2

Sumber: Tabel Perhitungan Selisih pH Pada Hari Pertama dan Kedua

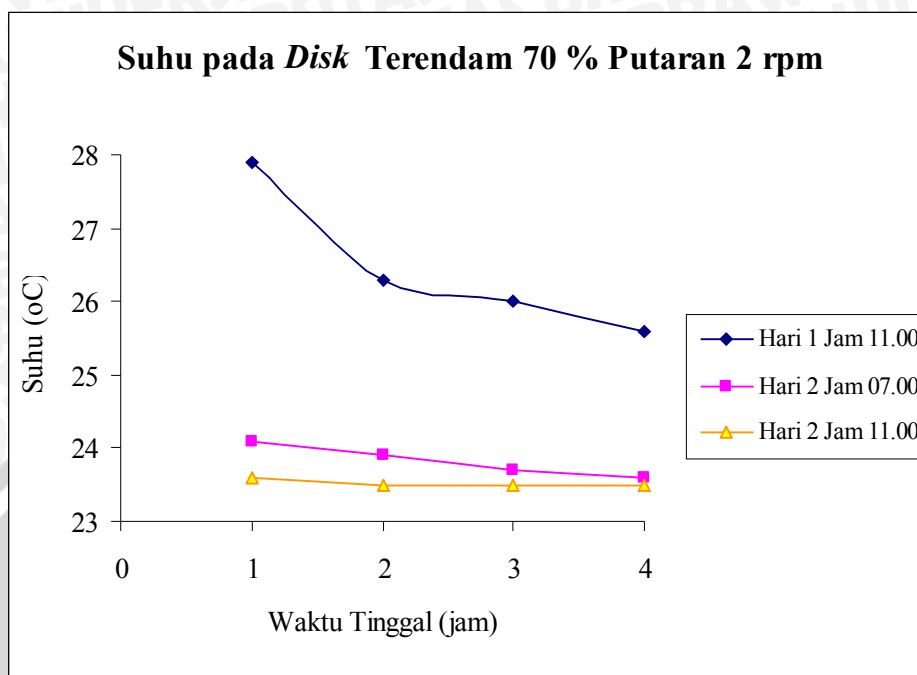
### 4.3.2. Temperatur

Suhu air limbah pada reaktor RBC senantiasa menunjukkan angka yang berkisar antara 23,5°C – 28 °C seperti ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan gambar 4.14 sampai gambar 4.17. Hal ini menunjukkan mikroorganisme mesofilik mendominasi proses penguraian zat pencemar pada reaktor RBC. Sistem RBC relatif sensitif terhadap perubahan suhu. Suhu optimal untuk proses RBC berkisar antara 15°C - 40°C. Temperatur yang tinggi akan merusak proses dengan mencegah aktifitas enzim dalam sel. Peningkatan temperatur dapat menyebabkan penurunan efisiensi pengolahan.

Tabel 4.6 Tabel Pengamatan Suhu Reaktor RBC

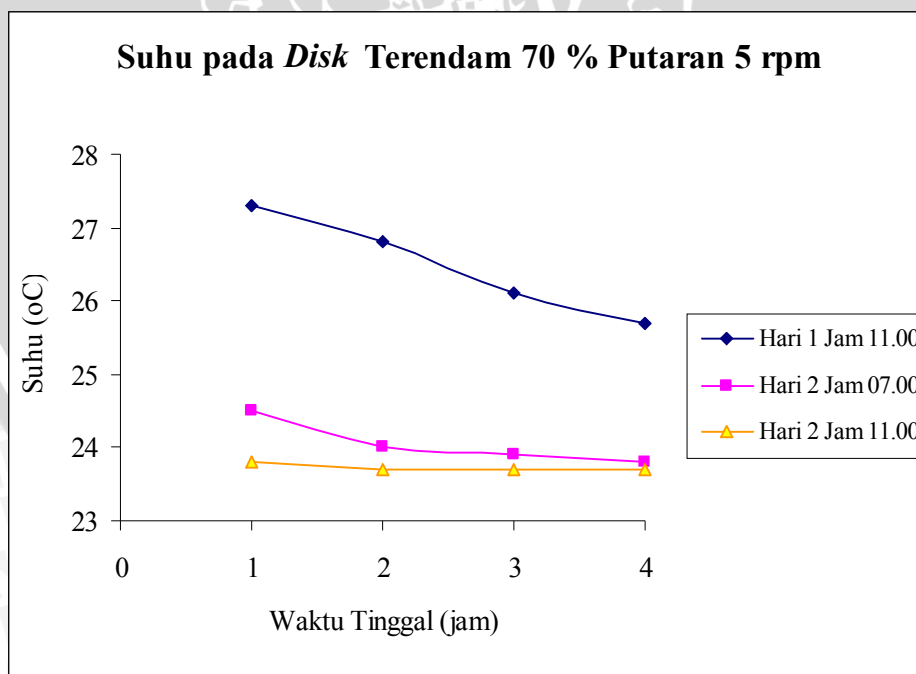
Waktu Penelitian	Waktu Tinggal (jam)	Suhu (°C)			
		Disc Terendam 70%		Disc Terendam 40%	
		2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm
Hari 1 Jam 11.00	1	27.9	28.0	27.3	27.3
	2	26.3	26.6	26.8	26.9
	3	26.0	25.6	26.1	26.5
	4	25.6	25.2	25.7	26.1
Hari 2 Jam 07.00	1	24.1	24.5	24.7	24.9
	2	23.9	24.0	24.4	24.5
	3	23.7	23.9	24.2	24.2
	4	23.6	23.8	24.1	24.0
Hari 2 Jam 11.00	1	23.6	23.8	24.1	23.7
	2	23.5	23.7	24.1	23.5
	3	23.5	23.7	24.0	23.4
	4	23.5	23.7	24.0	23.4

Sumber : Penelitian 2010



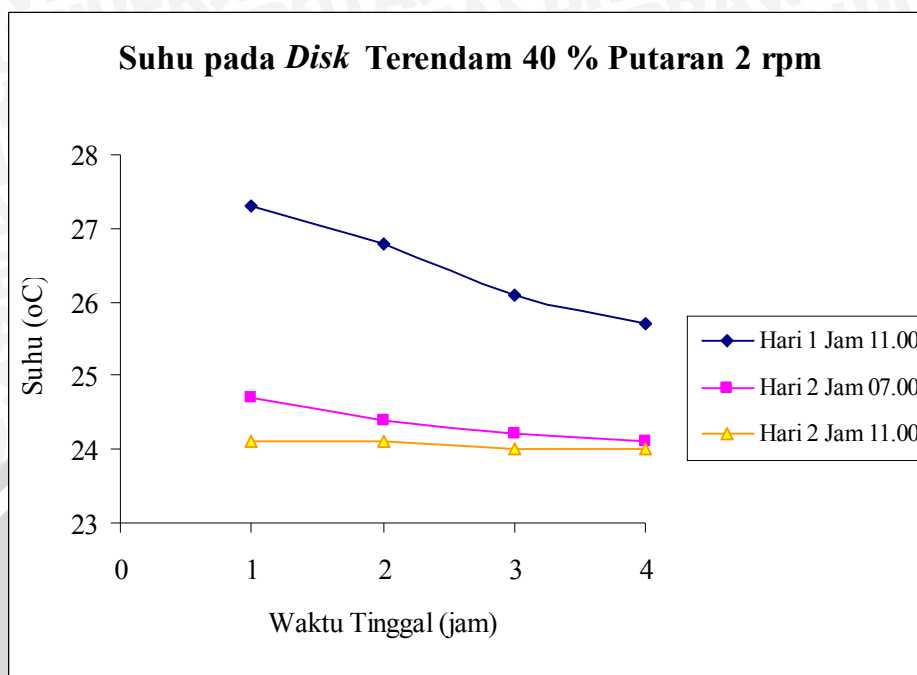
Gambar 4.14 Pengamatan suhu Reaktor RBC dengan variasi *disc* terendam 70 % dan putaran 2 rpm

Sumber: Tabel Pengamatan Suhu Reaktor RBC



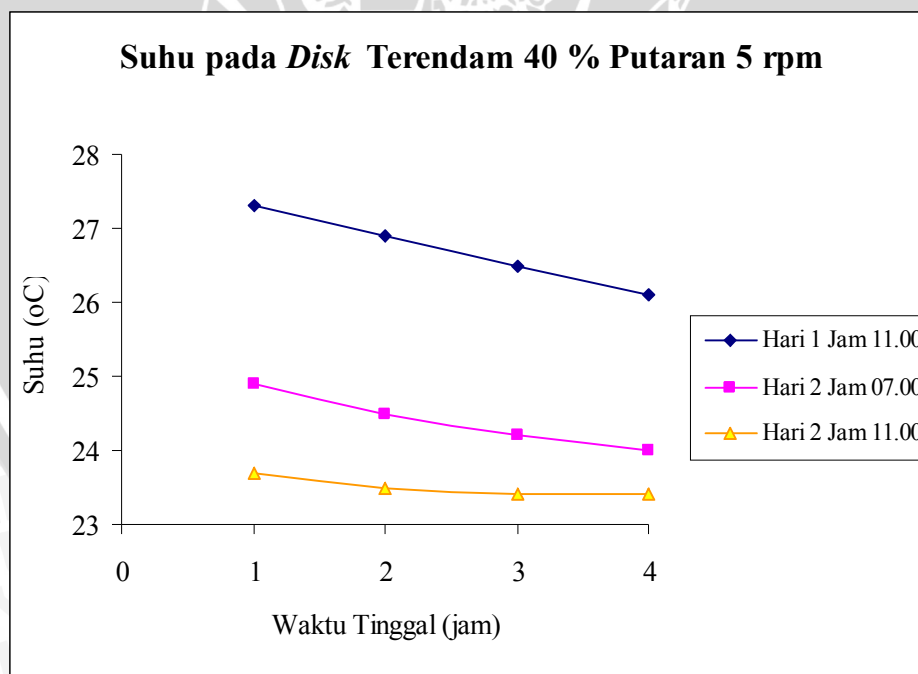
Gambar 4.15 Pengamatan suhu Reaktor RBC dengan variasi *disc* terendam 70 % dan putaran 5 rpm

Sumber: Tabel Pengamatan Suhu Reaktor RBC



Gambar 4.16 Pengamatan suhu Reaktor RBC dengan variasi *disc* terendam 40 % dan putaran 2 rpm

Sumber: Tabel Pengamatan Suhu Reaktor RBC



Gambar 4.17 Pengamatan suhu Reaktor RBC dengan variasi *disc* terendam 40 % dan putaran 5 rpm

Sumber: Tabel Pengamatan Suhu Reaktor RBC



Perhitungan selisih penurunan suhu pada hari kedua dengan waktu pengamatan yang berbeda yaitu pukul 07.00 dan pukul 11.00 dengan cara mencari selisih suhu kemudian dibagi dengan suhu pada pukul 07.00 setelah itu dikali 100%. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan dalam contoh perhitungan berikut.

Diketahui data hasil pengamatan pH:

$$\text{suhu}_1 \text{ (pukul 07.00)} = 24,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{suhu}_2 \text{ (pukul 11.00)} = 23,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{suhu} &= \frac{\text{suhu}_1 - \text{suhu}_2}{\text{suhu}_1} \times 100\% \\ &= \frac{24,1 - 23,6}{24,1} \times 100\% \\ &= 2,07\% \end{aligned} \quad (4 - 5)$$

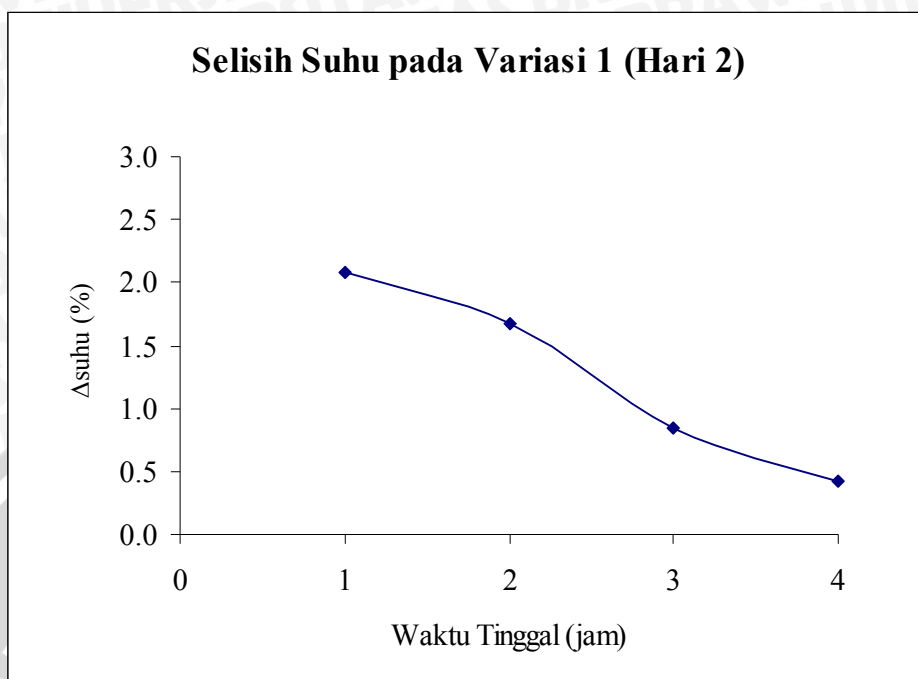
Hasil perhitungan selanjutnya akan ditabelkan dan disajikan dalam grafik.

Tabel 4.7 Tabel Perhitungan Selisih Penurunan Suhu pada Hari Kedua

Waktu Tinggal (jam)	$\Delta$ Suhu (%)			
	Disc Terendam 70%		Disc Terendam 40%	
	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm
1	2.07	2.86	2.43	4.82
2	1.67	1.25	1.23	4.08
3	0.84	0.84	0.83	3.31
4	0.42	0.42	0.41	2.50

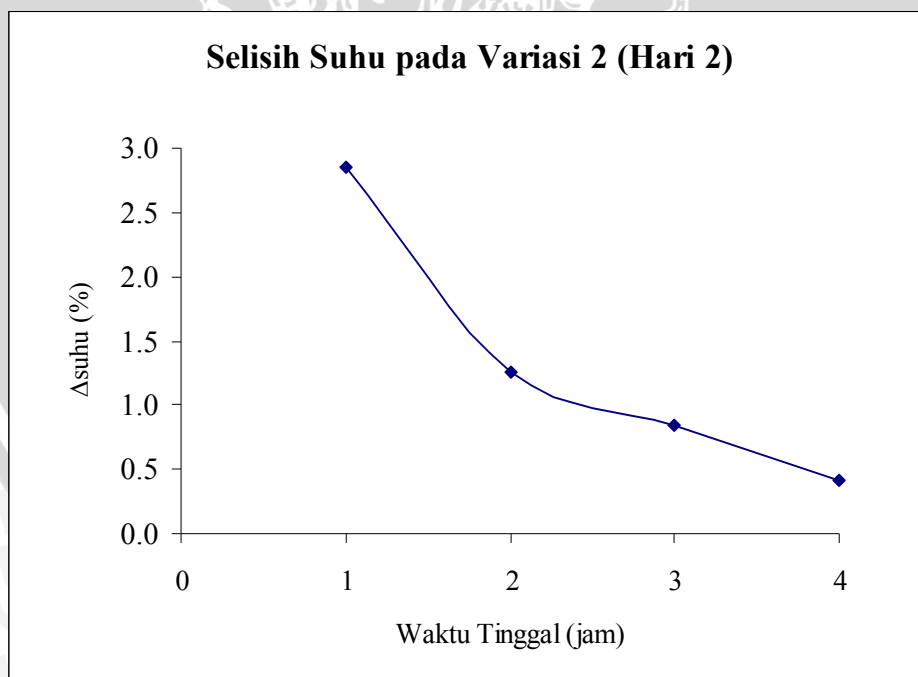
Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Gambar 4.18 sampai dengan Gambar 4.21 terlihat bahwa secara umum selisih suhu semakin menurun dengan bertambahnya waktu operasi untuk setiap variasi.



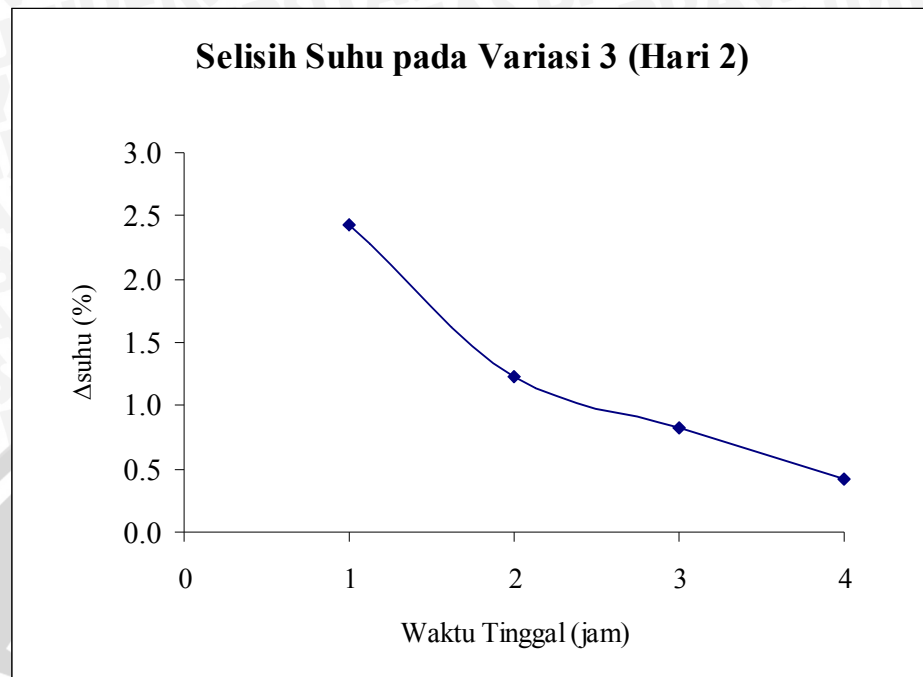
Gambar 4.18 Selisih suhu (variasi *disc* terendam 70 % dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 2

Sumber: Tabel Perhitungan Selisih Penurunan Suhu pada Hari Kedua



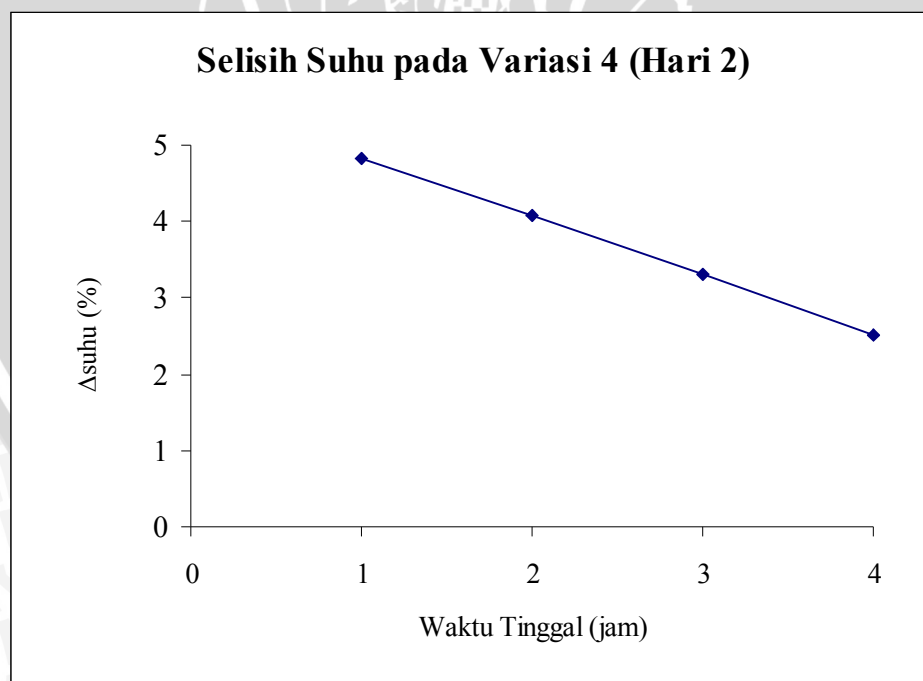
Gambar 4.19 Selisih suhu (variasi *disc* terendam 70 % dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 2

Sumber: Tabel Perhitungan Selisih Penurunan Suhu pada Hari Kedua



Gambar 4.20 Selisih suhu (variasi *disc* terendam 40 % dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 2

Sumber: Tabel Perhitungan Selisih Penurunan Suhu pada Hari Kedua



Gambar 4.21 Selisih suhu (variasi *disc* terendam 40 % dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 2

Sumber: Tabel Perhitungan Selisih Penurunan Suhu pada Hari Kedua

Perhitungan selisih penurunan suhu pada hari pertama dan kedua dengan waktu pengamatan yang sama yaitu pukul 11.00 dengan cara mencari selisih suhu kemudian dibagi dengan suhu pada hari pertama setelah itu dikali 100%. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan dalam contoh perhitungan berikut.

Diketahui data hasil pengamatan suhu:

$$\text{suhu}_1 (\text{pukul } 07.00) = 27,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{suhu}_2 (\text{pukul } 11.00) = 23,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{suhu} &= \frac{\text{suhu}_1 - \text{suhu}_2}{\text{suhu}_1} \times 100\% \\ &= \frac{27,9 - 23,6}{27,9} \times 100\% \\ &= 15,41 \text{ } \% \end{aligned} \quad (4 - 6)$$

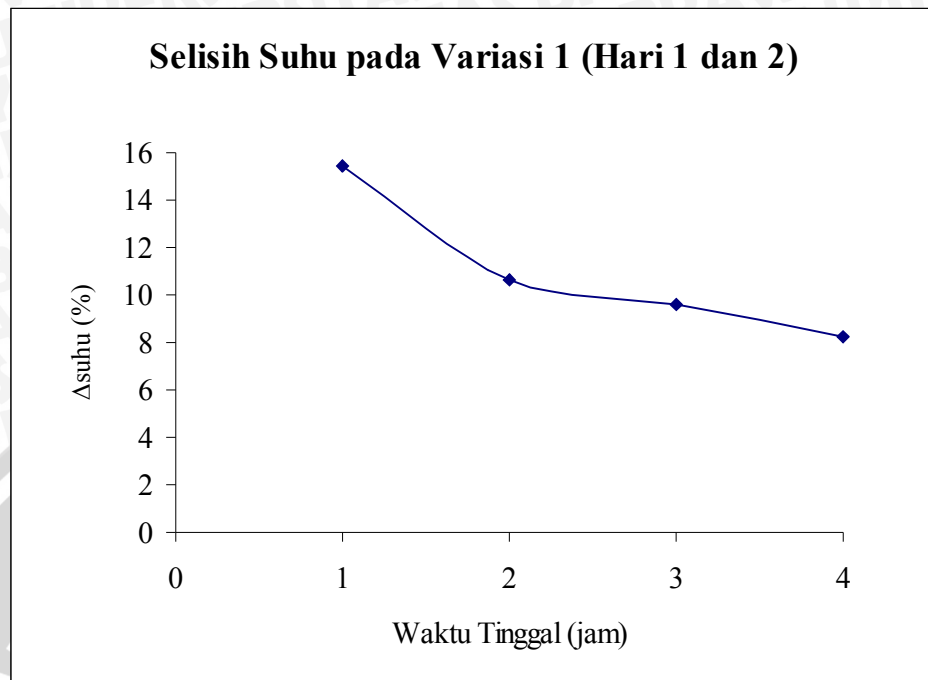
Hasil perhitungan selanjutnya akan ditabelkan dan disajikan dalam grafik.

Tabel 4.8 Tabel Perhitungan Selisih Penurunan Suhu pada Hari Pertama dan Kedua

Waktu Tinggal (jam)	$\Delta$ Suhu (%)			
	Disc Terendam 70%		Disc Terendam 40%	
	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm
1	15.41	15.00	11.72	13.19
2	10.65	10.90	10.07	12.64
3	9.62	7.42	8.05	11.70
4	8.20	5.95	6.61	10.34

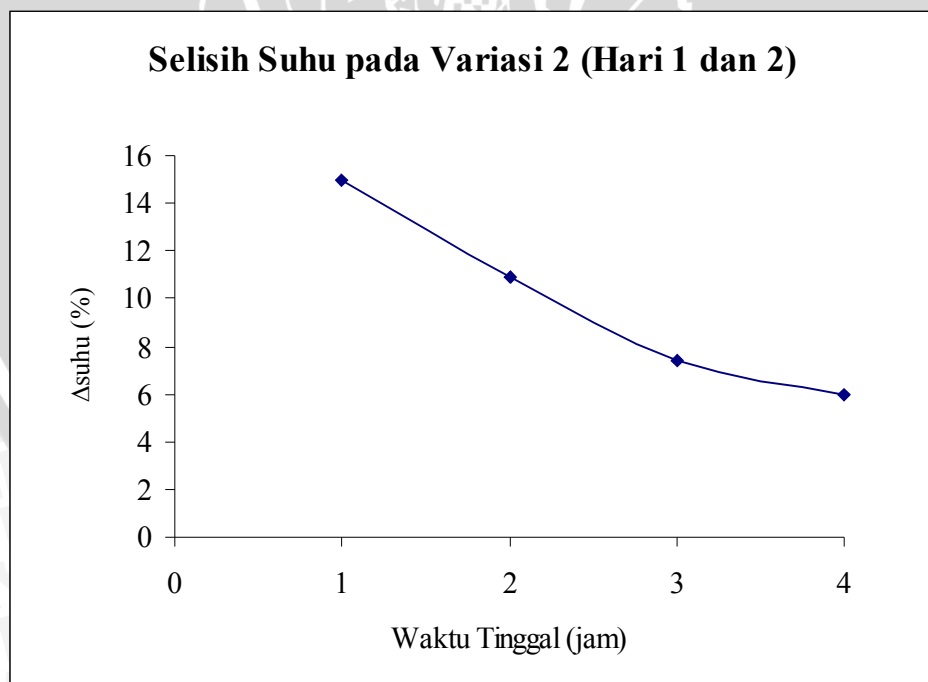
Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Gambar 4.22 sampai dengan Gambar 4.25 terlihat bahwa secara umum selisih suhu semakin menurun dengan bertambahnya waktu operasi untuk setiap variasi.



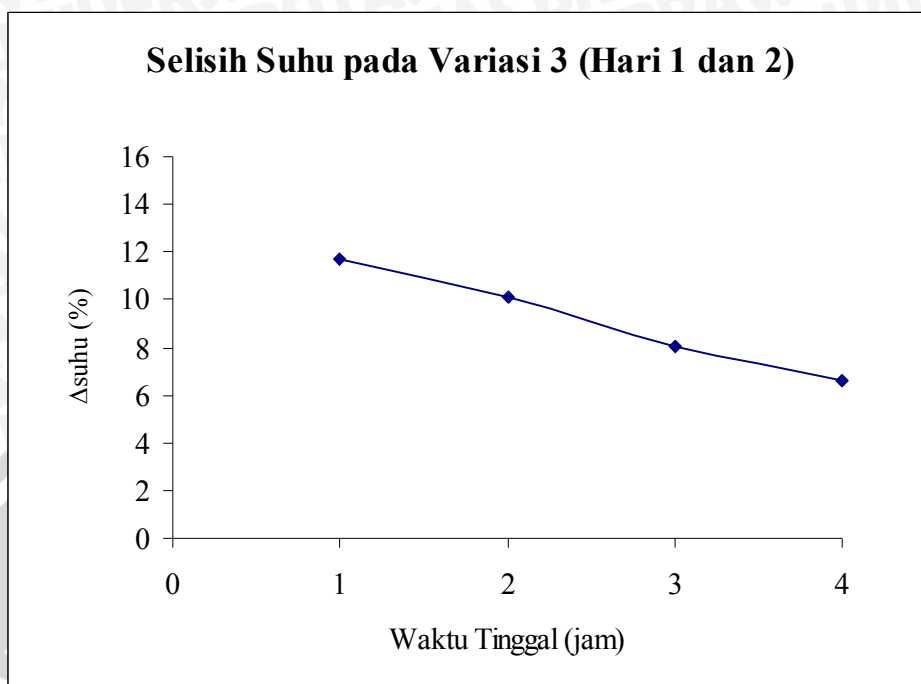
Gambar 4.22 Selisih suhu (variasi *disc* terendam 70 % dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2

Sumber: Tabel Perhitungan Selisih Penurunan Suhu pada Hari Pertama dan Kedua



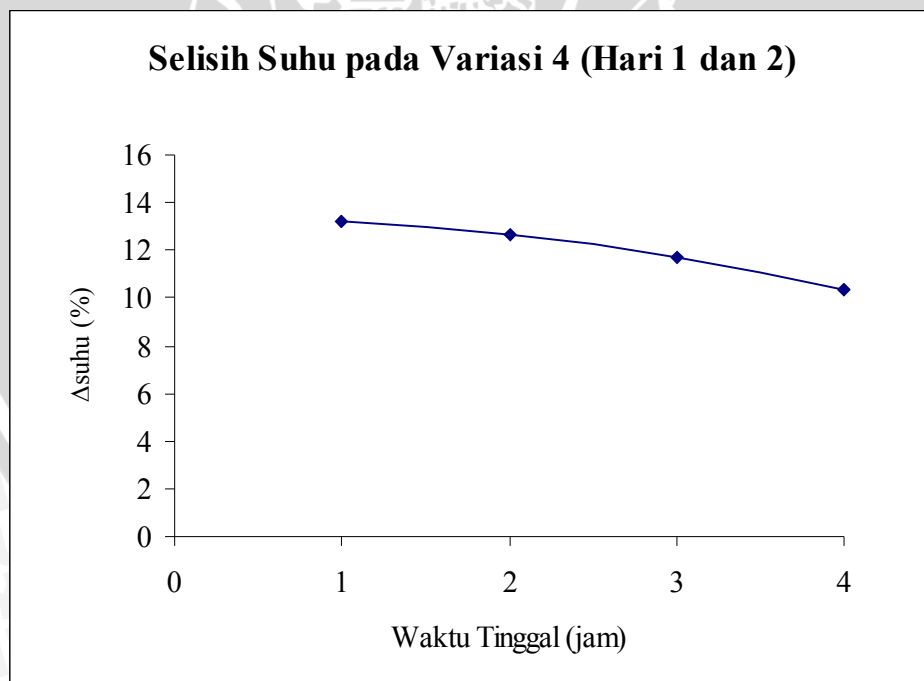
Gambar 4.23 Selisih suhu (variasi *disc* terendam 70 % dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2

Sumber: Tabel Perhitungan Selisih Penurunan Suhu pada Hari Pertama dan Kedua



Gambar 4.24 Selisih suhu (variasi *disc* terendam 40 % dan putaran 2 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2

Sumber: Tabel Perhitungan Selisih Penurunan Suhu pada Hari Pertama dan Kedua



Gambar 4.25 Selisih suhu (variasi *disc* terendam 40 % dan putaran 5 rpm) pada waktu penelitian hari 1 dan 2

Sumber: Tabel Perhitungan Selisih Penurunan Suhu pada Hari Pertama dan Kedua

#### 4.4. Penurunan Kadar Parameter BOD, COD dan NH<sub>3</sub>

Air limbah rumah sakit yang akan digunakan dalam penelitian ini, terlebih dahulu diujikan di laboratorium. Hal ini dimaksudkan agar dapat mengetahui besarnya kandungan awal (kadar parameter di inlet RBC) dari parameter BOD, COD dan NH<sub>3</sub> sebelum melalui proses pengolahan pada pemodelan *Rotating Biological Contactor*. Hasil uji yang didapat akan dibandingkan dengan hasil pengujian dari outlet RBC setelah melalui proses percobaan pada pemodelan *Rotating Biological Contactor* selama waktu tinggal limbah yang telah ditentukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui besarnya penurunan kadar polutan pada limbah rumah sakit untuk parameter BOD, COD dan NH<sub>3</sub>. Selain itu, juga untuk mengetahui efektifitas dari keempat macam variasi perlakuan *Rotating Biological Contactor* dalam menurunkan kadar BOD, COD dan NH<sub>3</sub> pada air limbah rumah sakit.

Pada penelitian ini, menggunakan empat macam variasi perlakuan. Variasi perlakuan yang pertama (variasi I) menggunakan *disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 2 rpm. Variasi perlakuan yang kedua (variasi II) menggunakan *disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 5 rpm. Variasi perlakuan yang ketiga (variasi III) menggunakan *disc* terendam 40% dengan kecepatan putaran 2 rpm. Variasi perlakuan yang keempat (variasi IV) menggunakan *Disc* terendam 40% dengan kecepatan putaran 5 rpm.

##### 4.4.1. Penurunan Kadar Parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau milligram per liter (mg/L) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri (Sugiharto, 198:6). Apabila dalam air banyak mengandung bahan-bahan organik, akan mengakibatkan semakin banyaknya oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan bahan-bahan organik tersebut, sehingga kandungan oksigen dalam air akan semakin menurun.

Pemeriksaan kadar BOD pada air limbah rumah sakit sangat penting, karena nilai BOD merupakan parameter pencemar air limbah yang dapat menunjukkan derajat pengotoran air limbah dan BOD juga merupakan petunjuk dari pengaruh yang diperkirakan terjadi pada badan air penerima berkaitan dengan penurunan kandungan oksigen.

Evaluasi efektifitas terhadap penurunan parameter BOD pada air limbah dilakukan dengan menghitung kemampuan penurunan pada parameter tersebut. Perhitungan penurunan parameter limbah adalah sebagai berikut:

$$\eta_{BOD} = \frac{BOD_{inlet} - BOD_{outlet}}{BOD_{inlet}} \times 100\% \quad (4-7)$$

Dimana,  $\eta_{BOD}$  = Penurunan BOD yang dikaji (%)

$BOD_{inlet}$  = Kadar BOD di inlet (mg/l)

$BOD_{outlet}$  = Kadar BOD di outlet (mg/l)

Contoh perhitungan untuk penurunan BOD pada variasi perlakuan I (*disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 2 rpm) pada hari 1 pukul 11.00.

Diketahui data hasil uji laboratorium:

Kadar BOD di inlet = 326,9 mg/l

Kadar BOD di outlet = 10,85 mg/l

$$\begin{aligned} \eta_{BOD} &= \frac{BOD_{inlet} - BOD_{outlet}}{BOD_{inlet}} \times 100\% \\ &= \frac{326,9 - 10,85}{326,9} \times 100\% \\ &= 96,681\% \end{aligned}$$

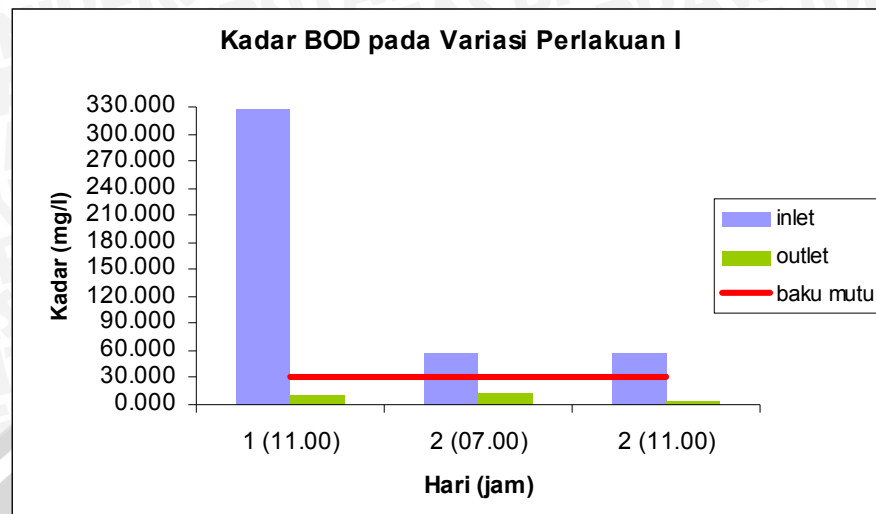
Hasil perhitungan selanjutnya akan ditabelkan dan disajikan dalam grafik.

Tabel 4.9. Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter BOD pada Variasi Perlakuan I (*Disc* Terendam 70% dan Kecepatan Putaran 2 rpm)

Parameter	BOD			Baku Mutu (mg/l)	Keterangan
	1 (11.00)	2 (07.00)	2 (11.00)		
Hasil Pengukuran inlet (mg/l)	326.900	58.400	58.400	-	-
Hasil Pengukuran outlet (mg/l)	10.850	12.450	3.550	30	Memenuhi
Penurunan (%)	96.681	78.682	93.921	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan





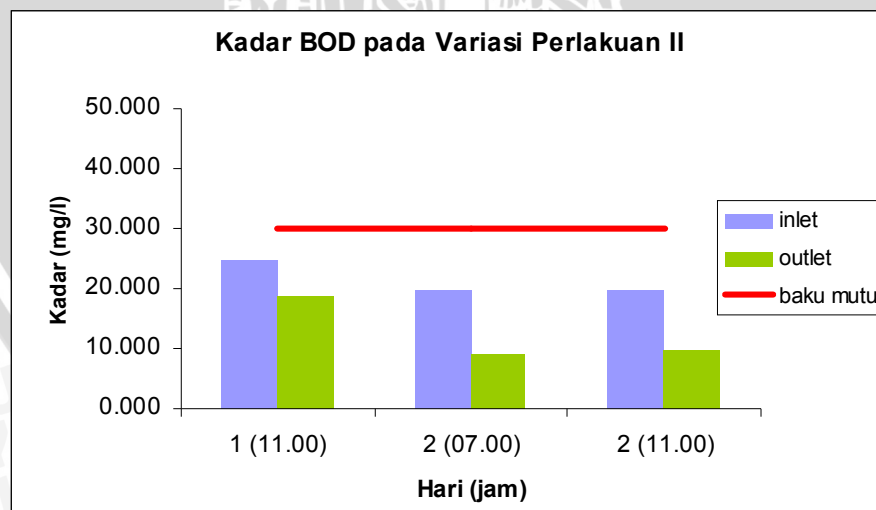
Gambar 4.26 Kadar BOD pada variasi perlakuan I

Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter BOD

Tabel 4.10. Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter BOD pada Variasi Perlakuan II (*Disc* Terendam 70% dan Kecepatan Putaran 5 rpm)

Parameter	BOD			Baku Mutu (mg/l)	Keterangan
	Hari (jam)	1 (11.00)	2 (07.00)		
Hasil Pengukuran inlet (mg/l)		24.600	19.600	19.600	-
Hasil Pengukuran outlet (mg/l)		18.730	8.950	9.550	30
Penurunan (%)		23.862	54.337	51.276	-

Sumber: Hasil Perhitungan



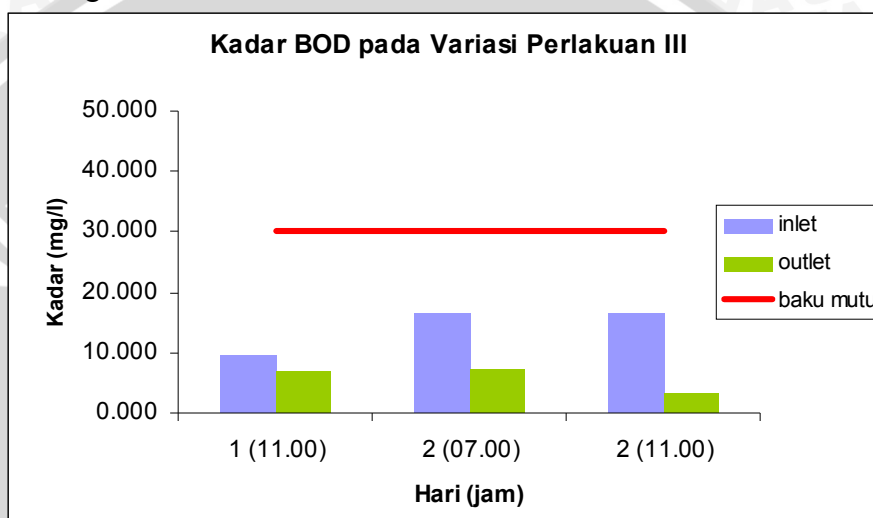
Gambar 4.27 Kadar BOD pada variasi perlakuan II

Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter BOD pada Variasi Perlakuan II

Tabel 4.11. Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter BOD pada Variasi Perlakuan III (*Disc* Terendam 40% dan Kecepatan Putaran 2 rpm)

Parameter	BOD			Baku Mutu (mg/l)	Keterangan
	Hari (jam)	1 (11.00)	2 (07.00)		
Hasil Pengukuran inlet (mg/l)		9.750	16.400	16.400	-
Hasil Pengukuran outlet (mg/l)		6.850	7.250	3.200	30
Penurunan (%)		29.744	55.793	80.488	-

Sumber: Hasil Perhitungan



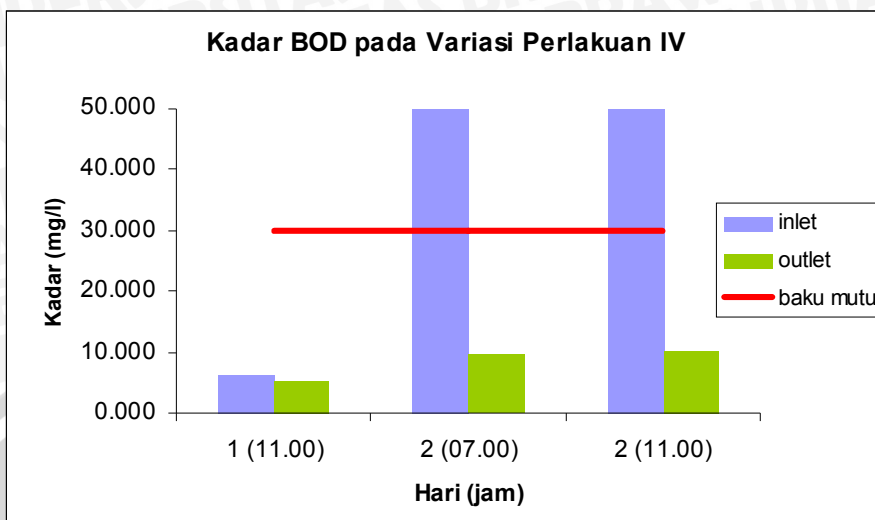
Gambar 4.28 Kadar BOD pada variasi perlakuan III

Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter BOD pada Variasi Perlakuan III

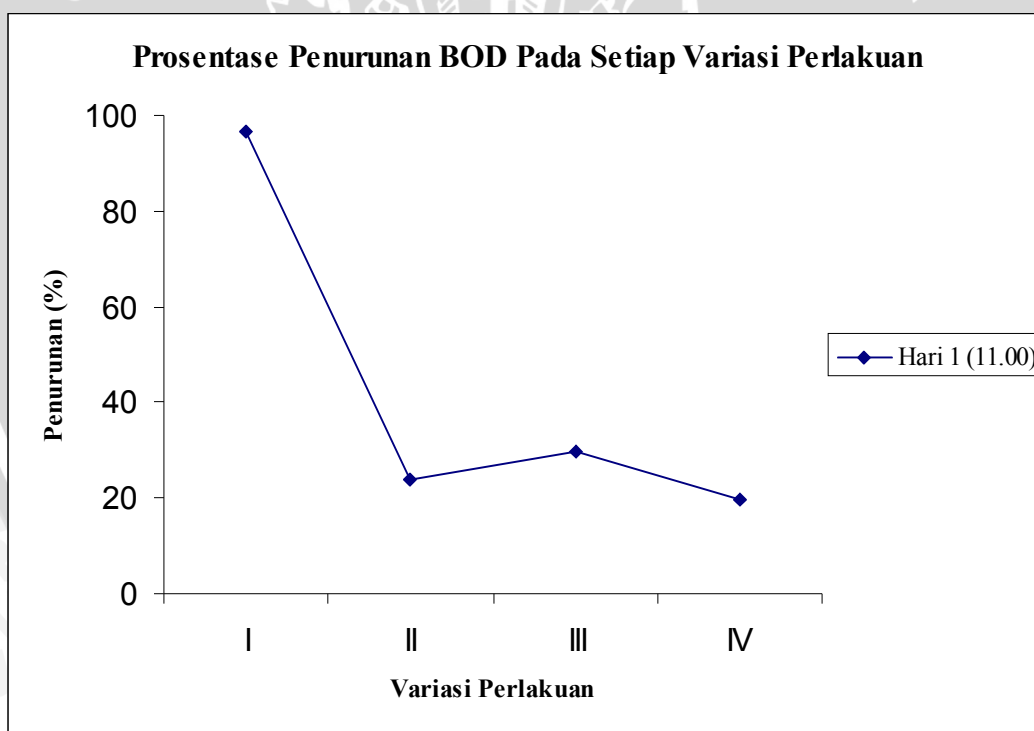
Tabel 4.12. Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter BOD pada Variasi Perlakuan IV (*Disc* Terendam 40% dan Kecepatan Putaran 5 rpm)

Parameter	BOD			Baku Mutu (mg/l)	Keterangan
	Hari (jam)	1 (11.00)	2 (07.00)		
Hasil Pengukuran inlet (mg/l)		6.350	49.900	49.900	-
Hasil Pengukuran outlet (mg/l)		5.100	9.400	10.150	30
Penurunan (%)		19.685	81.162	79.659	-

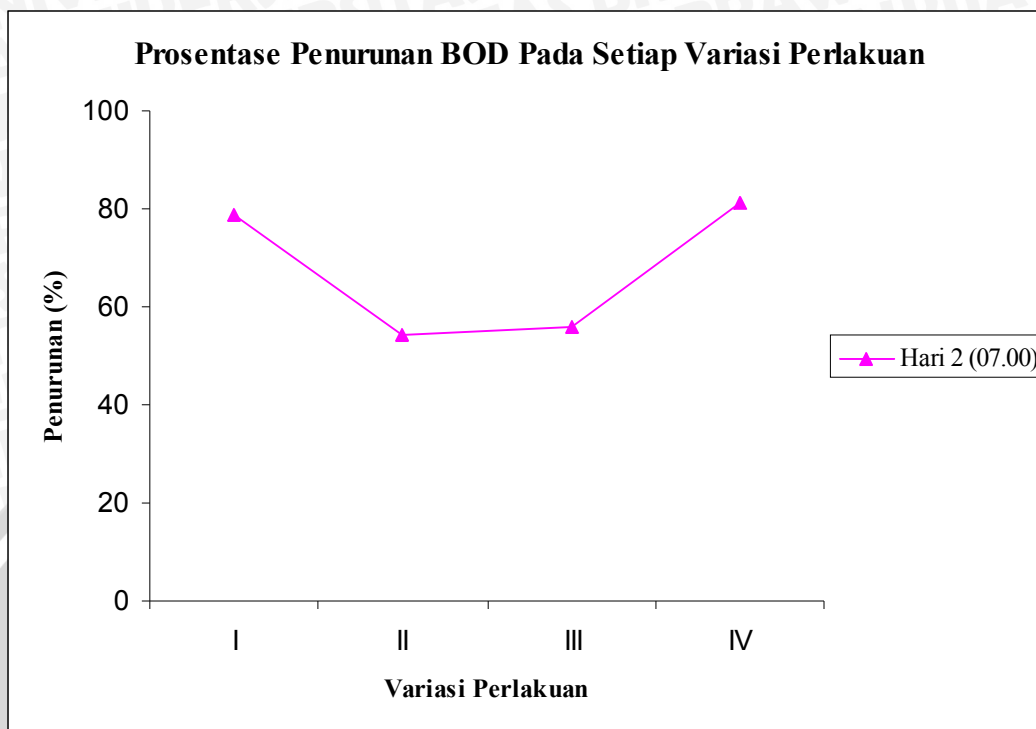
Sumber: Hasil Perhitungan



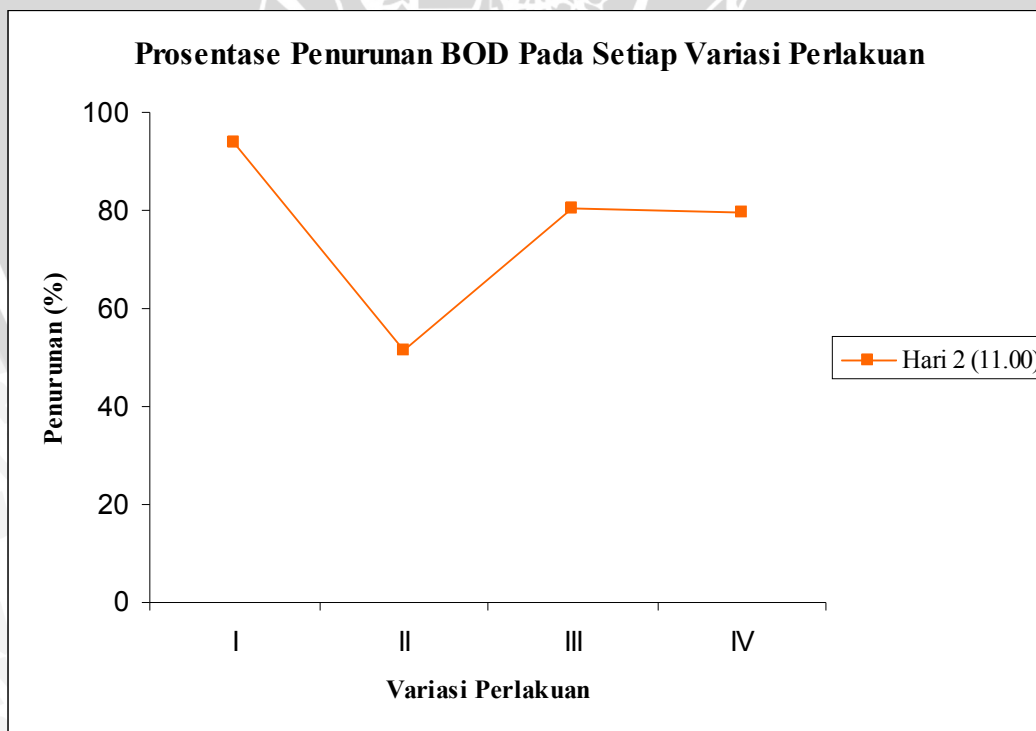
Gambar 4.29 Kadar BOD pada variasi perlakuan IV  
 Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter BOD pada Variasi Perlakuan IV



Gambar 4.30 Prosentase penurunan BOD pada setiap variasi perlakuan  
 Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter BOD



Gambar 4.31 Prosentase penurunan BOD pada setiap variasi perlakuan  
 Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter BOD



Gambar 4.32 Prosentase penurunan BOD pada setiap variasi perlakuan  
 Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter BOD

Berdasarkan Gambar 4.26 sampai dengan Gambar 4.32 terlihat bahwa secara umum setiap variasi perlakuan mampu menurunkan kadar BOD dan konsentrasi *effluent* memenuhi baku mutu untuk limbah rumah sakit sesuai dengan Kep.Gub. No. 61 Tahun 1999. Prosentase penurunan terbesar 96,681% pada variasi perlakuan I (*disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 2 rpm) pada hari 1 pukul 11.00.

Ebie Kunio dan Ashidate Noriatsu, “Eisie Kougaku Enshu – Jousuidou to gesuidou”, Morikita Shupan, Tokio, 1992 menunjukkan hubungan antara beban BOD dengan efisiensi penghilangan BOD untuk air limbah domestik seperti pada Tabel 4.13. Berdasarkan tabel tersebut, efisiensi penghilangan BOD dapat dihitung. Hasil perhitungan tersebut nantinya akan dibandingkan dengan efisiensi penghilangan BOD aktual.

Tabel 4.13. Hubungan antara beban BOD dengan efisiensi penghilangan BOD untuk air limbah domestik

Beban BOD, $L_A$ (gr/m <sup>2</sup> .hari)	Efisiensi penghilangan BOD (%)
6	93
10	92
25	90
30	81
60	60

Sumber: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, 2001

Beban BOD dapat ditentukan dengan mengukur kadar BOD inlet, debit aliran air limbah yang bersangkutan dan luas permukaan media RBC. Nilai beban pencemaran tersebut dihitung dengan:

$$L_A = \frac{Q \times C}{A} \quad (4-8)$$

Untuk mengubah data limbah menjadi data beban digunakan rumus sebagai berikut:

$$L_A = \frac{8,64 \cdot 10^4 \times Q \times C}{A} \quad (4-9)$$

Dengan :

$L_A$  = beban BOD (g/m<sup>2</sup>.hari)

Q = debit limbah (m<sup>3</sup>/detik)

C = konsentrasi BOD inlet (mg/ltr)

$A$  = luas permukaan media RBC ( $m^2$ )

Angka 86400 dari persamaan berasal dari konversi satuan yaitu :

$$\begin{aligned} L &= (m^3/detik) \times (mg/ltr) \times (m^2)^{-1} \\ &= 10^3 \text{ ltr} / (8,64 \times 10^4)^{-1} \text{ hari} \times 10^{-3} \text{ g/ltr} \times (m^2)^{-1} \\ &= 8,64 \times 10^4 \text{ g/m}^2 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan untuk efisiensi penghilangan BOD pada variasi *disc* terendam 70% dengan putaran 2 rpm pada hari 1 pukul 11.00 adalah sebagai berikut:

Diketahui:  $Q = 1,67 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik}$

$C_{\text{BOD inlet}} = 326,9 \text{ mg/l}$

$A = \pi \cdot r^2 \cdot 60 = 1,884 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga beban BOD, } L_A &= \frac{8,64 \cdot 10^4 \times Q \times C}{A} \\ &= \frac{8,64 \cdot 10^4 \times 1,67 \cdot 10^{-6} \times 326,9}{1,884} \\ &= 25,036 \text{ g/m}^2 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

Beban BOD diinterpolasikan pada Tabel 4.13 sehingga didapat efisiensi penghilangan 89,935%. Untuk perhitungan selanjutnya akan ditabelkan.

Perhitungan selisih penurunan BOD teoritis dengan penurunan aktual adalah sebagai berikut:

Penurunan teoritis = 89,935%

Penurunan aktual = 96,681%

$$\begin{aligned} \Delta &= \left| \frac{89,935 - 96,681}{89,935} \right| \times 100\% \\ &= 7,501 \% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya akan ditabelkan.

Berdasarkan Tabel 4.15 penurunan aktual untuk *disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 2 rpm pada hari pertama dan kedua jam 11.00 menunjukkan hasil yang lebih besar daripada perhitungan secara teoritis. Sedangkan untuk variasi lainnya menunjukkan hasil yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan variasi *disc* terendam 70% dengan kecepatan 2 rpm lebih efektif dalam menyisihkan BOD.

Tabel 4.14. Perhitungan Penurunan BOD teoritis

Parameter	Hari (jam)	Beban BOD (gr/m <sup>2</sup> .hari)				Penurunan teori (%)			
		Disk Terendam 70%		Disk Terendam 40%		Disk Terendam 70%		Disk Terendam 40%	
		2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm
BOD	1 (11.00)	25.036	1.884	0.747	0.486	89.935	94.029	94.313	94.378
	2 (07.00)	4.473	1.501	1.256	3.822	93.382	94.125	94.186	93.545
	2 (11.00)	4.473	1.501	1.256	3.822	93.382	94.125	94.186	93.545
	Rerata (%)	11.327	1.629	1.086	2.710	92.233	94.093	94.228	93.823

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.15. Perhitungan Selisih Penurunan BOD teoritis dan aktual

Parameter	Hari (jam)	Penurunan teori (%)				Penurunan aktual (%)				Δ (%)			
		Disc Terendam 70%		Disc Terendam 40%		Disc Terendam 70%		Disc Terendam 40%		Disc Terendam 70%		Disc Terendam 40%	
		2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm
BOD	1 (11.00)	89.935	94.029	94.313	94.378	<b>96.681</b>	23.862	29.744	19.685	<b>7.501</b>	74.623	68.463	79.142
	2 (07.00)	93.382	94.125	94.186	93.545	78.682	54.337	55.793	81.162	15.742	42.272	40.763	13.237
	2 (11.00)	93.382	94.125	94.186	93.545	<b>93.921</b>	51.276	80.488	79.659	<b>0.578</b>	45.524	14.544	14.843
	Rerata (%)	92.233	94.093	94.228	93.823	89.761	43.158	55.341	60.169	2.680	54.133	41.269	35.869

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.4.2. Penurunan Kadar Parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau millimeter per liter (mg/L) yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi (Sugiharto, 1987:6). Pemeriksaan kadar COD penting, karena angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen di dalam air.

Evaluasi efektifitas terhadap penurunan parameter COD pada air limbah dilakukan dengan menghitung kemampuan penurunan pada parameter tersebut. Perhitungan penurunan parameter limbah adalah sebagai berikut:

$$\eta_{COD} = \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \times 100\% \quad (4-10)$$

Dimana,  $\eta_{COD}$  = Penurunan COD yang dikaji (%)

$COD_{inlet}$  = Kadar COD di inlet (mg/l)

$COD_{outlet}$  = Kadar COD di outlet (mg/l)

Contoh perhitungan untuk penurunan COD pada variasi perlakuan I (*disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 2 rpm) pada hari 1 pukul 11.00.

Diketahui data hasil uji laboratorium:

Kadar COD di inlet = 1162,3 mg/l

Kadar COD di outlet = 30,538 mg/l

$$\begin{aligned} \eta_{COD} &= \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \times 100\% \\ &= \frac{1162,3 - 30,538}{1162,3} \times 100\% \\ &= 97,373 \% \end{aligned}$$

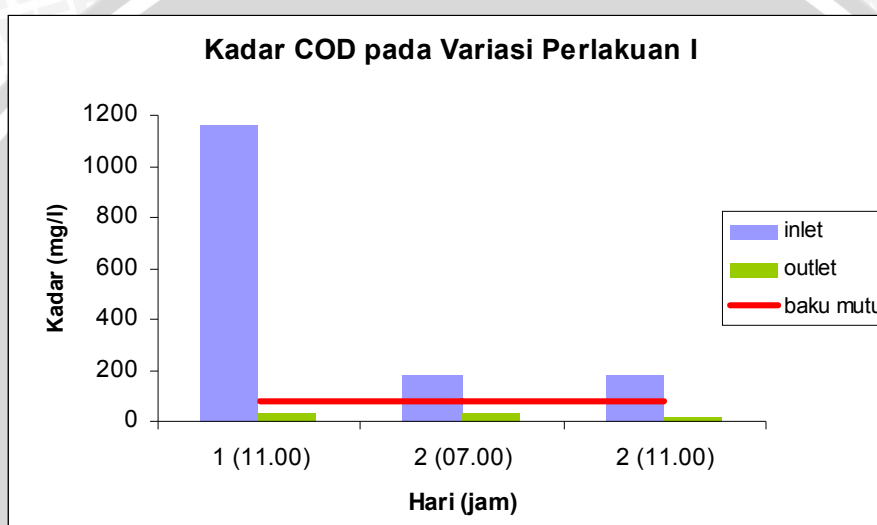
Hasil perhitungan selanjutnya akan ditabelkan dan disajikan dalam grafik.



Tabel 4.16. Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter COD pada Variasi Perlakuan I (*Disc* Terendam 70% dan Kecepatan Putaran 2 rpm)

Parameter	COD			Baku Mutu (mg/l)	Keterangan
	Hari (jam)	1 (11.00)	2 (07.00)		
Hasil Pengukuran inlet (mg/l)	1162.300	179.710	179.710	-	-
Hasil Pengukuran outlet (mg/l)	30.538	33.119	14.626	80	Memenuhi
Penurunan (%)	97.373	81.571	91.861	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan



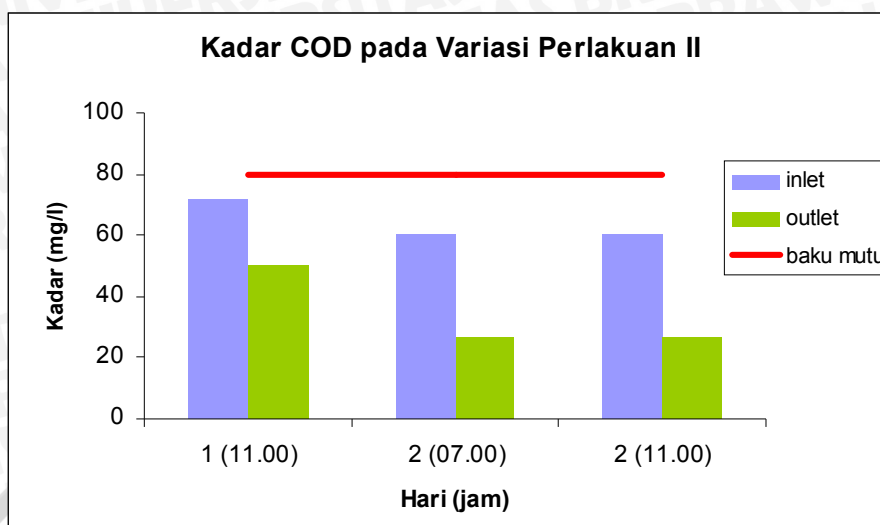
Gambar 4.33 Kadar COD pada variasi perlakuan I

Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter COD pada Variasi Perlakuan I

Tabel 4.17. Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter COD pada Variasi Perlakuan II (*Disc* Terendam 70% dan Kecepatan Putaran 5 rpm)

Parameter	COD			Baku Mutu (mg/l)	Keterangan
	Hari (jam)	1 (11.00)	2 (07.00)		
Hasil Pengukuran inlet (mg/l)	71.754	59.936	59.936	-	-
Hasil Pengukuran outlet (mg/l)	50.104	26.524	26.763	80	Memenuhi
Penurunan (%)	30.173	55.746	55.347	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan

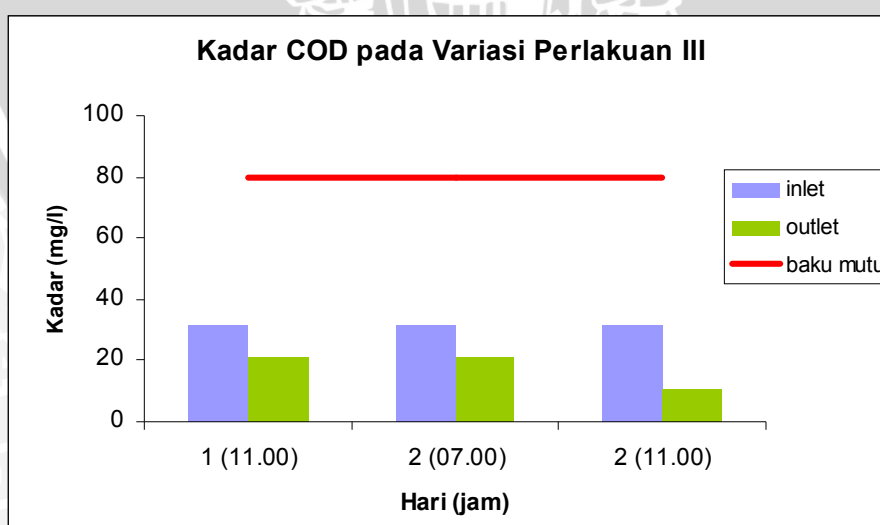


Gambar 4.34 Prosentase penurunan COD pada variasi perlakuan II  
Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter COD pada Variasi Perlakuan II

Tabel 4.18. Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter COD pada Variasi Perlakuan III (*Disc* Terendam 40% dan Kecepatan Putaran 2 rpm)

Parameter	COD			Baku Mutu (mg/l)	Keterangan
	Hari (jam)	1 (11.00)	2 (07.00)		
Hasil Pengukuran inlet (mg/l)		31.559	31.080	31.080	-
Hasil Pengukuran outlet (mg/l)		21.105	20.769	10.410	80
Penurunan (%)		33.125	33.176	66.506	-

Sumber: Hasil Perhitungan

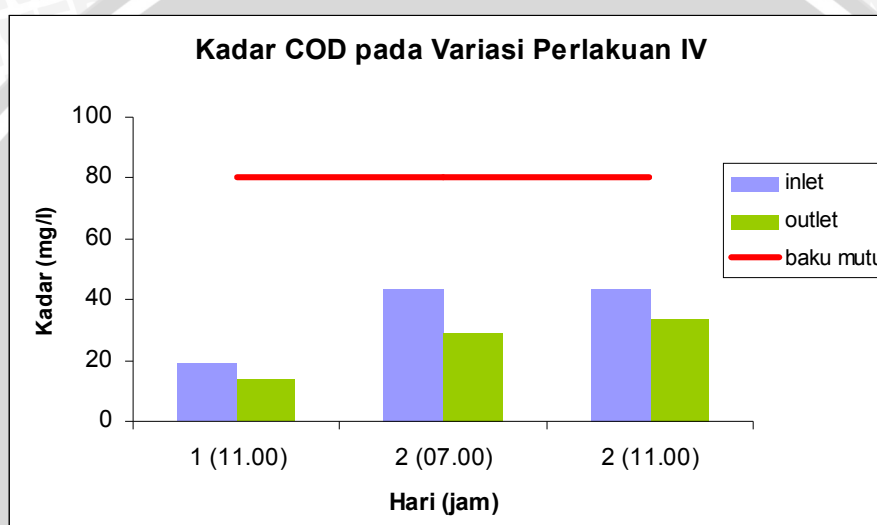


Gambar 4.35 Kadar COD pada variasi perlakuan III  
Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter COD pada Variasi Perlakuan III

Tabel 4.19. Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter COD pada Variasi Perlakuan IV (*Disc* Terendam 40% dan Kecepatan Putaran 5 rpm)

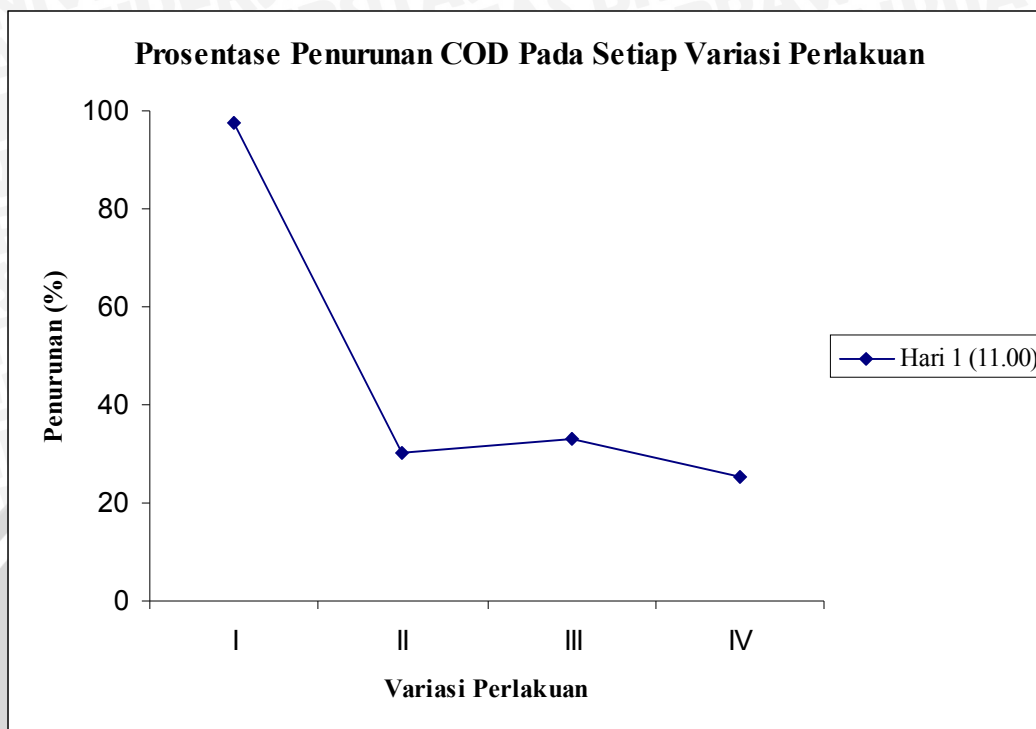
Parameter	COD			Baku Mutu (mg/l)	Keterangan
	Hari (jam)	1 (11.00)	2 (07.00)		
Hasil Pengukuran inlet (mg/l)	18.870	43.110	43.110	-	-
Hasil Pengukuran outlet (mg/l)	14.069	28.726	33.669	80	Memenuhi
Penurunan (%)	25.443	33.366	21.900	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan

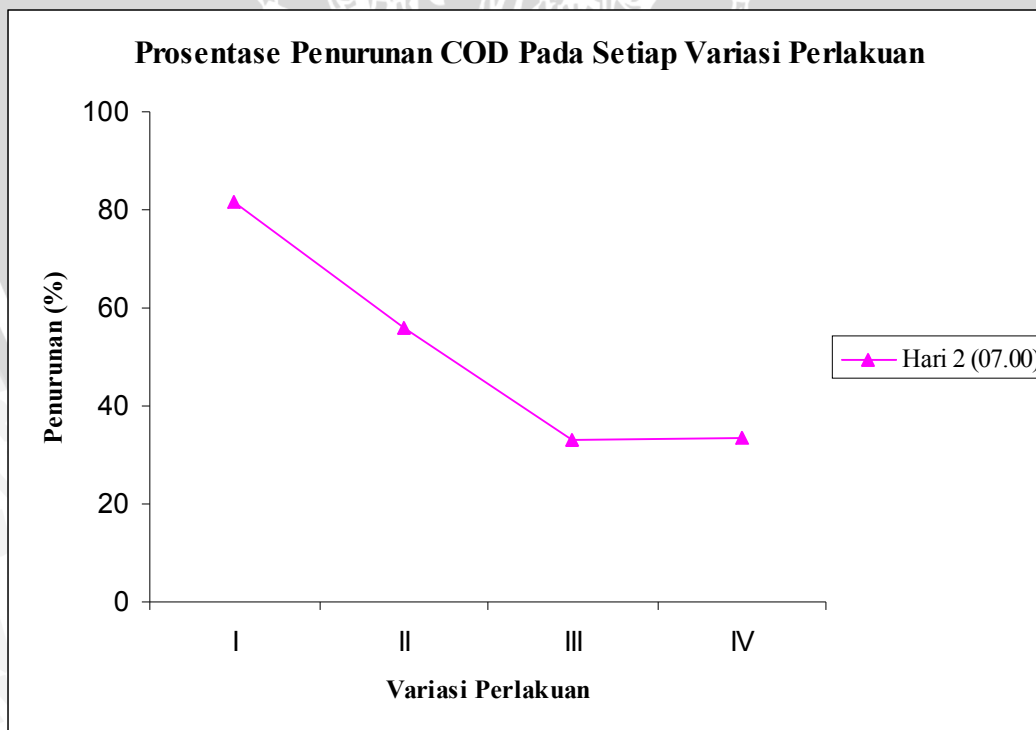


Gambar 4.36 Prosentase penurunan COD pada variasi perlakuan IV

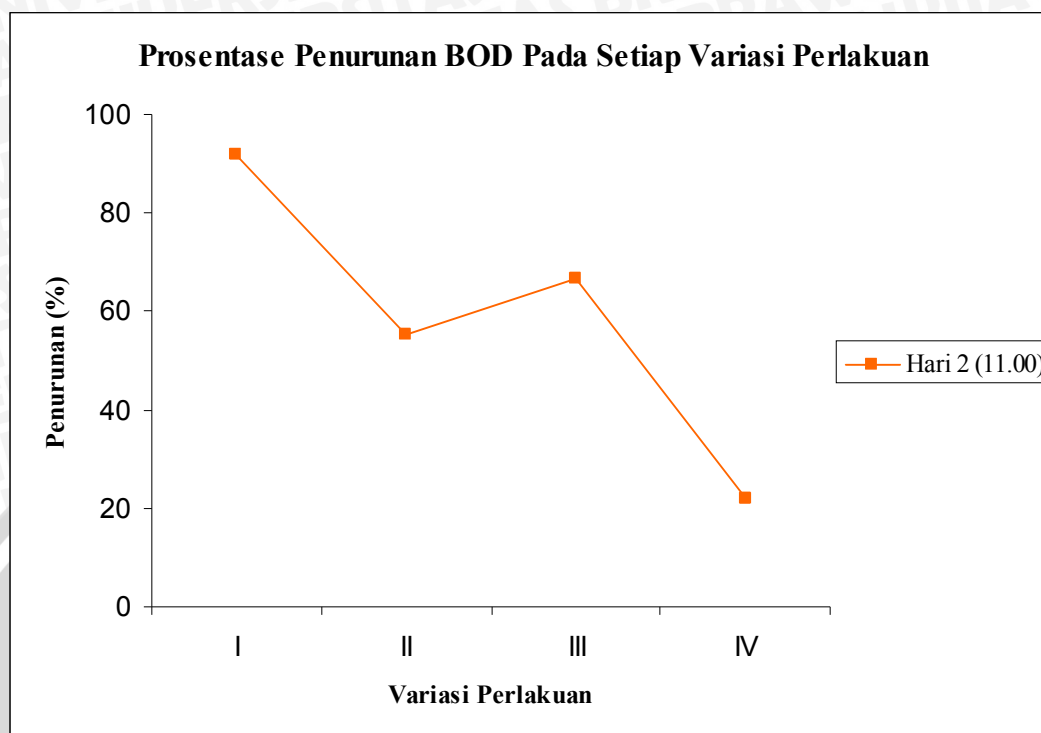
Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter COD pada Variasi Perlakuan IV



Gambar 4.37 Prosentase penurunan COD pada setiap variasi perlakuan  
 Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter COD



Gambar 4.38 Prosentase penurunan COD pada setiap variasi perlakuan  
 Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter COD



Gambar 4.39 Prosentase penurunan COD pada setiap variasi perlakuan  
 Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter COD

Berdasarkan Gambar 4.33 sampai dengan Gambar 4.39 terlihat bahwa secara umum setiap variasi perlakuan mampu menurunkan kadar COD dan konsentrasi *effluent* memenuhi baku mutu untuk limbah rumah sakit sesuai dengan Kep.Gub. No. 61 Tahun 1999. Prosentase penurunan terbesar 97,373% pada variasi perlakuan I (*disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 2 rpm) pada hari 1 pukul 11.00.

#### 4.4.3. Penurunan Kadar Parameter $\text{NH}_3$

Sumber amonia di perairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air. Nitrogen organik dan anorganik berasal dari dekomposisi bahan organik yang terdapat di dalam tanah dan air. Sumber amonia yang lain adalah reduksi gas nitrogen yang berasal dari proses difusi udara atmosfer, limbah industri, limbah rumah sakit dan domestik. Amonia yang terdapat dalam mineral masuk ke badan air melalui erosi tanah.

Evaluasi efektifitas terhadap penurunan parameter  $\text{NH}_3$  pada air limbah dilakukan dengan menghitung kemampuan penurunan pada parameter tersebut. Perhitungan penurunan parameter limbah adalah sebagai berikut:

$$\eta_{NH_3} = \frac{NH_{3inlet} - NH_{3outlet}}{NH_{3inlet}} \times 100\% \quad (4-11)$$

Dimana,  $\eta_{NH_3}$  = Penurunan  $NH_3$  yang dikaji (%)

$NH_{3inlet}$  = Kadar  $NH_3$  di inlet (mg/l)

$NH_{3outlet}$  = Kadar  $NH_3$  di outlet (mg/l)

Contoh perhitungan untuk penurunan  $NH_3$  pada variasi perlakuan I (*Disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 2 rpm) pada hari 1 pukul 11.00.

Diketahui data hasil uji laboratorium:

Kadar  $NH_3$  di inlet = 0,129 mg/l

Kadar  $NH_3$  di outlet = 0,005 mg/l

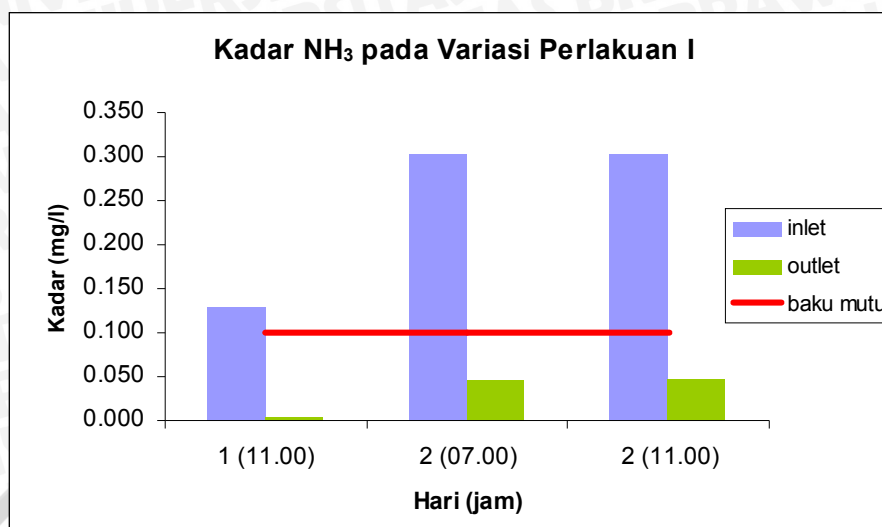
$$\begin{aligned} \eta_{NH_3} &= \frac{NH_{3inlet} - NH_{3outlet}}{NH_{3inlet}} \times 100\% \\ &= \frac{0,129 - 0,005}{0,129} \times 100\% \\ &= 96,124\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya akan ditabelkan dan disajikan dalam grafik.

Tabel 4.20. Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter  $NH_3$  pada Variasi Perlakuan I (*Disc* Terendam 70% dan Kecepatan Putaran 2 rpm)

Parameter	NH <sub>3</sub>			Baku Mutu (mg/l)	Keterangan
	Hari (jam)	1 (11.00)	2 (07.00)		
Hasil Pengukuran inlet (mg/l)		0.129	0.303	0.303	-
Hasil Pengukuran outlet (mg/l)		0.005	0.046	0.048	0.10
Penurunan (%)		96.124	84.818	84.158	-

Sumber: Hasil Perhitungan



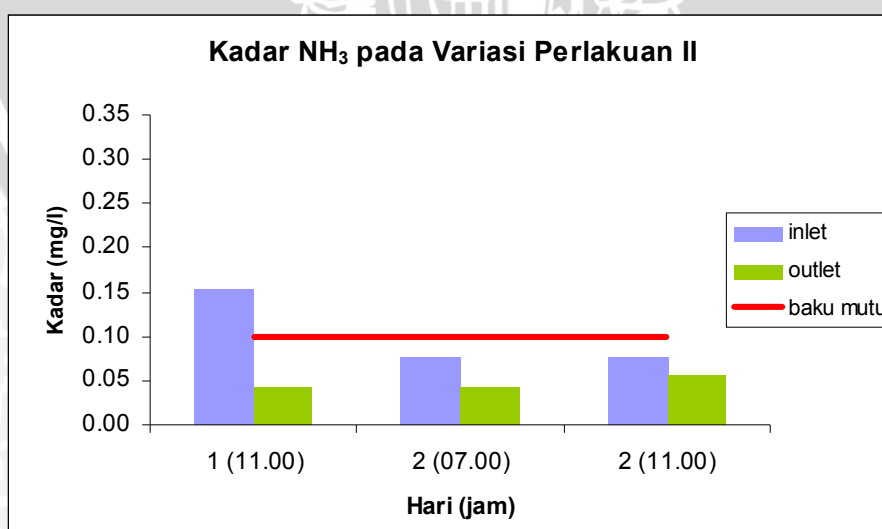
Gambar 4.40 Kadar NH<sub>3</sub> pada variasi perlakuan I

Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter NH<sub>3</sub> pada Variasi Perlakuan I

Tabel 4.21. Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter NH<sub>3</sub> pada Variasi Perlakuan II (*Disc* Terendam 70% dan Kecepatan Putaran 5 rpm)

Parameter	NH <sub>3</sub>			Baku Mutu (mg/l)	Keterangan
	Hari (jam)	1 (11.00)	2 (07.00)		
Hasil Pengukuran inlet (mg/l)		0.154	0.076	0.076	-
Hasil Pengukuran outlet (mg/l)		0.042	0.044	0.057	0.10
Penurunan (%)		72.727	42.105	25.000	-

Sumber: Hasil Perhitungan



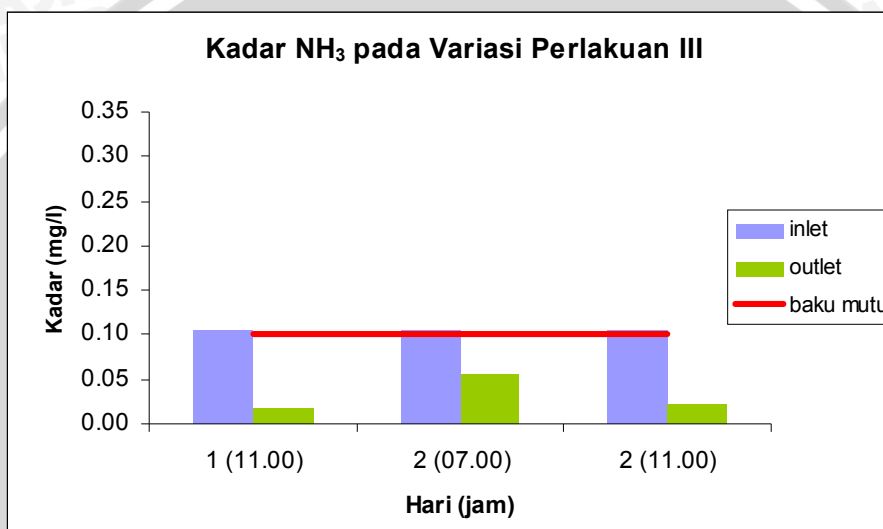
Gambar 4.41 Kadar NH<sub>3</sub> pada variasi perlakuan II

Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter NH<sub>3</sub> pada Variasi Perlakuan II

Tabel 4.22. Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter  $\text{NH}_3$  pada Variasi Perlakuan III (*Disc* Terendam 40% dan Kecepatan Putaran 2 rpm)

Parameter	$\text{NH}_3$			Baku Mutu (mg/l)	Keterangan
	Hari (jam)	1 (11.00)	2 (07.00)		
Hasil Pengukuran inlet (mg/l)	0.105	0.105	0.105	-	-
Hasil Pengukuran outlet (mg/l)	0.018	0.056	0.023	0.10	Memenuhi
Penurunan (%)	82.857	46.667	78.095	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.42 Kadar  $\text{NH}_3$  pada variasi perlakuan III

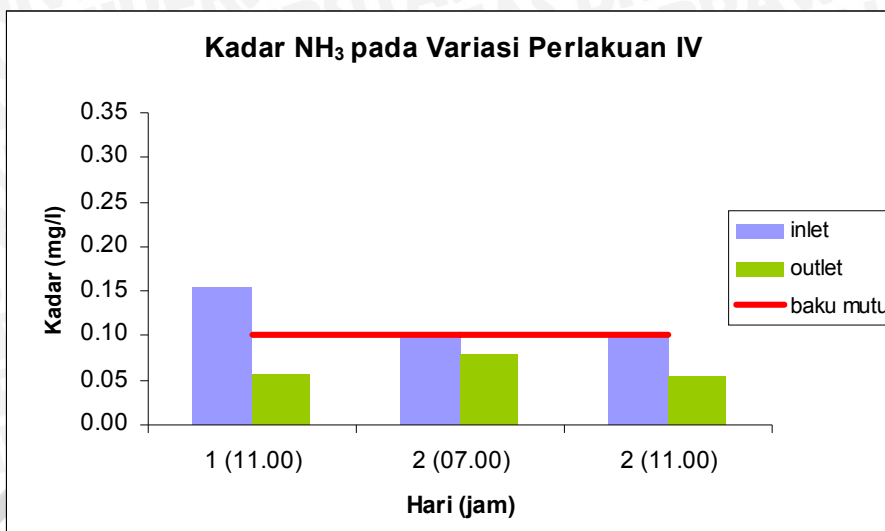
Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter  $\text{NH}_3$  pada Variasi Perlakuan III

Tabel 4.23. Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter  $\text{NH}_3$  pada Variasi Perlakuan IV (*Disc* Terendam 40% dan Kecepatan Putaran 5 rpm)

Parameter	$\text{NH}_3$			Baku Mutu (mg/l)	Keterangan
	Hari (jam)	1 (11.00)	2 (07.00)		
Hasil Pengukuran inlet (mg/l)	0.155	0.104	0.104	-	-
Hasil Pengukuran outlet (mg/l)	0.056	0.078	0.053	0.10	Memenuhi
Penurunan (%)	63.871	25.000	49.038	-	-

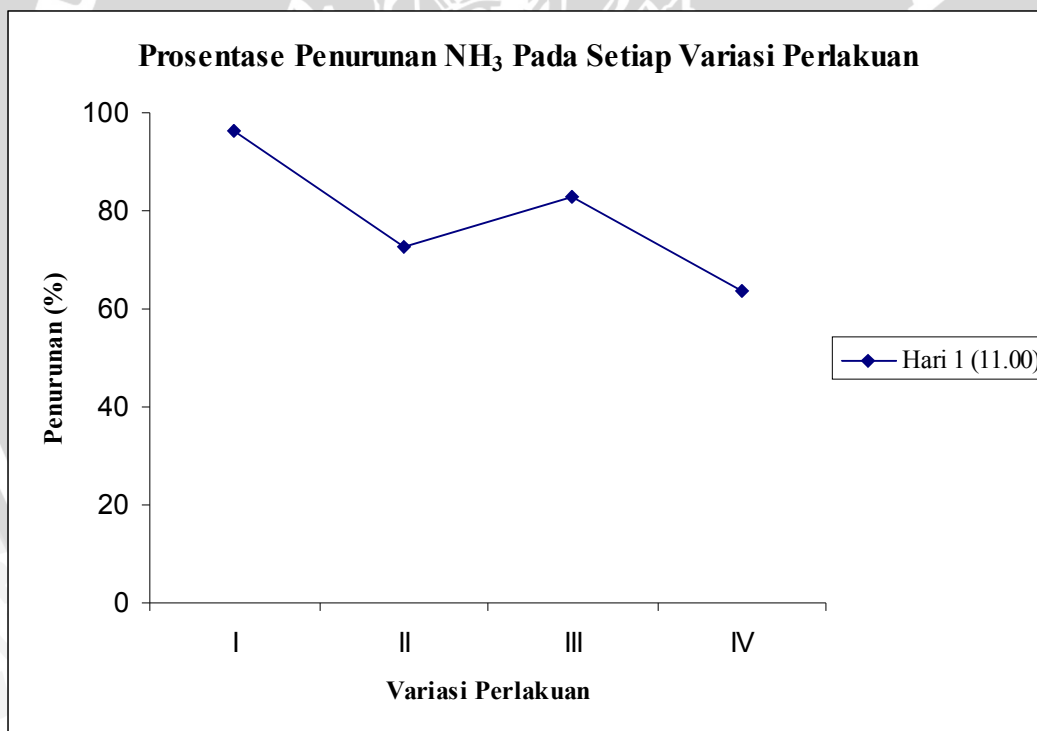
Sumber: Hasil Perhitungan





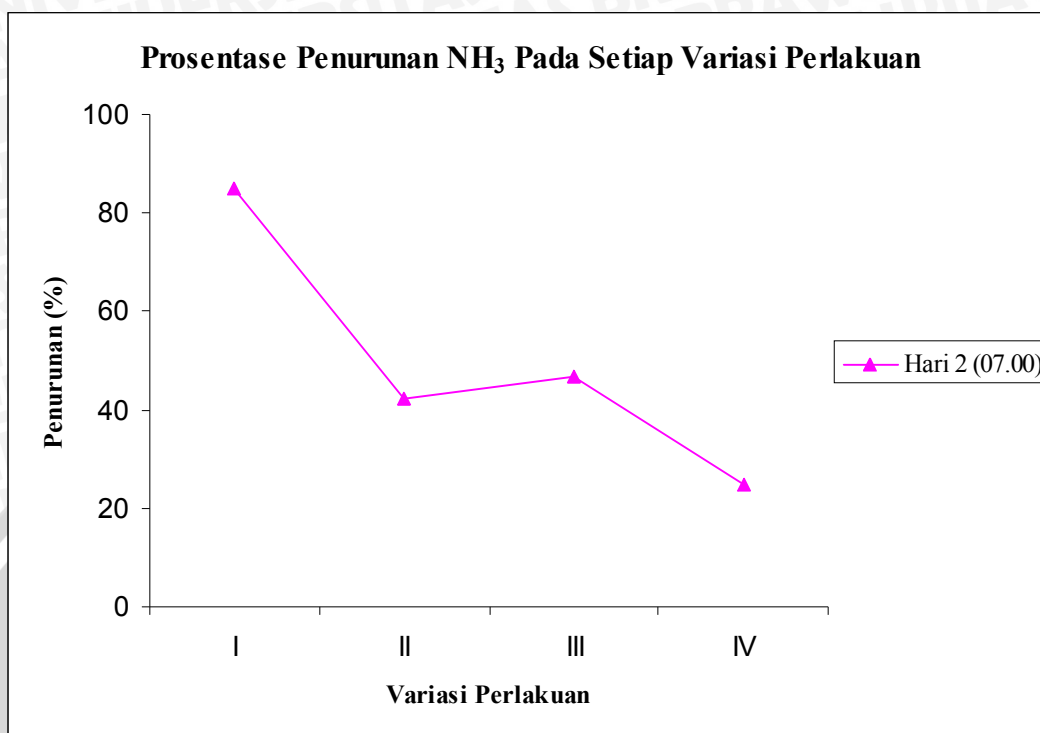
Gambar 4.43 Kadar NH<sub>3</sub> pada variasi perlakuan IV

Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter NH<sub>3</sub> pada Variasi Perlakuan IV

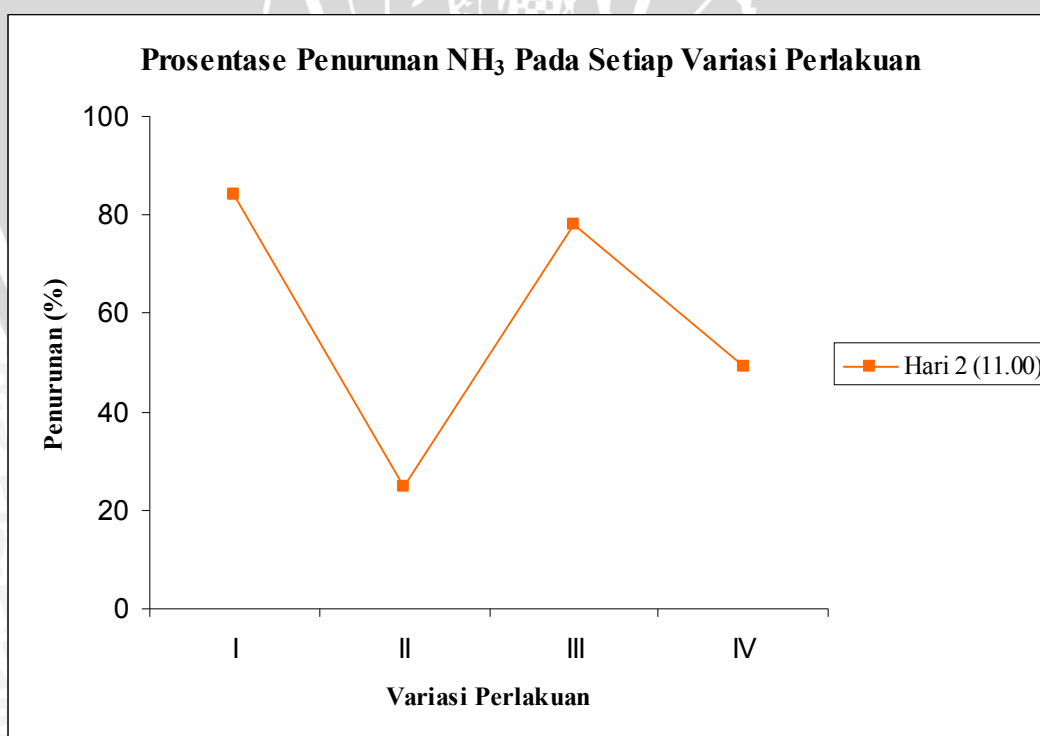


Gambar 4.44 Prosentase penurunan NH<sub>3</sub> pada setiap variasi perlakuan

Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter NH<sub>3</sub>



Gambar 4.45 Prosentase penurunan NH<sub>3</sub> pada setiap variasi perlakuan  
 Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter NH<sub>3</sub>



Gambar 4.46 Prosentase penurunan NH<sub>3</sub> pada setiap variasi perlakuan  
 Sumber: Tabel Perhitungan Persentase Penurunan untuk Parameter NH<sub>3</sub>

Berdasarkan Gambar 4.40 sampai dengan Gambar 4.46 terlihat bahwa secara umum setiap variasi perlakuan mampu menurunkan kadar  $\text{NH}_3$  dan konsentrasi *effluent* memenuhi baku mutu untuk limbah rumah sakit sesuai dengan dengan Kep.Gub. No. 61 Tahun 1999. Prosentase penurunan terbesar 96,124% pada variasi perlakuan I (*disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 2 rpm) pada hari 1 pukul 11.00.

Pano dan Middlebrooks (1983) menunjukkan hubungan antara pengaruh beban BOD dalam menurunkan kadar  $\text{NH}_3$  seperti yang ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$Fr = 1 - 0,1 \text{ sBOD} \quad (4 - 12)$$

Dengan:

Fr = fraksi kadar  $\text{NH}_3$  yang mungkin terjadi

sBOD = beban BOD ( $\text{gr}/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$ )

Dari hasil perhitungan di atas akan diketahui efisiensi penghilangan  $\text{NH}_3$  secara teoritis dan nantinya akan dibandingkan dengan efisiensi penghilangan  $\text{NH}_3$  aktual.

Contoh perhitungan untuk fraksi kadar  $\text{NH}_3$  yang mungkin terjadi pada variasi *disc* terendam 70% dengan putaran 2 rpm pada hari 2 pukul 07.00 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } Q &= 1,67 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik} \\ C_{\text{BOD inlet}} &= 58,4 \text{ mg/l} \\ A &= \pi \cdot r^2 \cdot 60 = 1,884 \text{ m}^2 \\ \text{sBOD} &= \frac{8,64 \cdot 10^4 \times Q \times C}{A} \\ &= \frac{8,64 \cdot 10^4 \times 1,67 \cdot 10^{-6} \times 58,4}{1,884} \\ &= 4,473 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

Fraksi kadar  $\text{NH}_3$  yang mungkin terjadi

$$\begin{aligned} Fr &= 1 - 0,1 \text{ sBOD} \\ &= 1 - 0,1 \cdot 4,473 \\ &= 0,55274 \end{aligned}$$

Sehingga Penurunan yang terjadi 55,274%

Untuk perhitungan selanjutnya akan ditabelkan.

Perhitungan selisih penurunan  $\text{NH}_3$  teoritis dengan penurunan aktual pada variasi *disc* terendam 70% dengan putaran 2 rpm pada hari 2 pukul 07.00 adalah sebagai berikut:

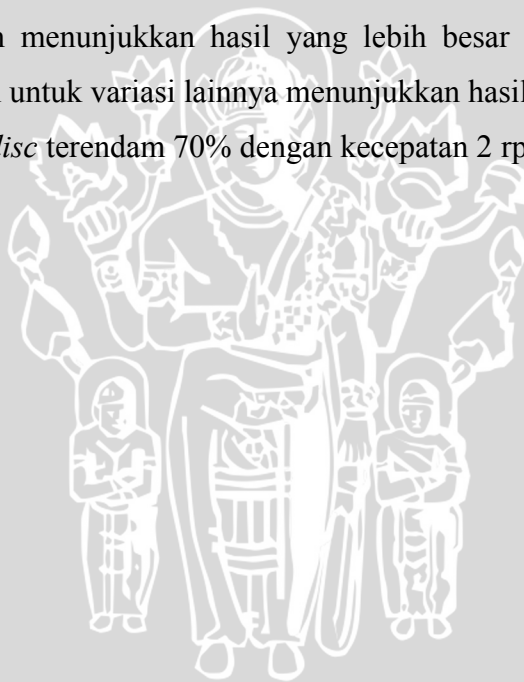
$$\text{Penurunan teoritis} = 55,274\%$$

$$\text{Penurunan aktual} = 84,818\%$$

$$\Delta = \left| \frac{55,274 - 84,818}{55,274} \right| \times 100\% \\ = 53,452 \%$$

Hasil perhitungan selanjutnya akan ditabelkan.

Dari Tabel 4.25 penurunan aktual untuk *disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 2 rpm menunjukkan hasil yang lebih besar daripada perhitungan secara teoritis. Sedangkan untuk variasi lainnya menunjukkan hasil yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan variasi *disc* terendam 70% dengan kecepatan 2 rpm lebih efektif dalam menyisihkan  $\text{NH}_3$ .



Tabel 4.24. Perhitungan Penurunan NH<sub>3</sub> teoritis

Parameter	Hari (jam)	Beban BOD (gr/m <sup>2</sup> .hari)				Penurunan teori (%)			
		Disk Terendam 70%		Disk Terendam 40%		Disk Terendam 70%		Disk Terendam 40%	
		2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm
NH <sub>3</sub>	1 (11.00)	25.036	1.884	0.747	0.486	0.000	81.160	92.533	95.137
	2 (07.00)	4.473	1.501	1.256	3.822	55.274	84.989	87.440	61.784
	2 (11.00)	4.473	1.501	1.256	3.822	55.274	84.989	87.440	61.784
	Rerata (%)	11.327	1.629	1.086	2.710	36.849	83.713	89.138	72.901

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.25. Perhitungan Selisih Penurunan NH<sub>3</sub> teoritis dan aktual

Parameter	Hari (jam)	Penurunan teori (%)				Penurunan aktual (%)				Δ (%)			
		Disk Terendam 70%		Disk Terendam 40%		Disk Terendam 70%		Disk Terendam 40%		Disk Terendam 70%		Disk Terendam 40%	
		2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm
NH <sub>3</sub>	1 (11.00)	0.000	81.160	92.533	95.137	<b>96.124</b>	72.727	82.857	63.871	0.000	10.390	10.457	32.864
	2 (07.00)	55.274	84.989	87.440	61.784	<b>84.818</b>	42.105	46.667	25.000	<b>53.452</b>	50.458	46.630	59.536
	2 (11.00)	55.274	84.989	87.440	61.784	<b>84.158</b>	25.000	78.095	49.038	<b>52.257</b>	70.584	10.687	20.629
	Rerata (%)	36.849	83.713	89.138	72.901	<b>88.367</b>	46.611	69.206	45.970	35.236	43.811	22.591	37.676

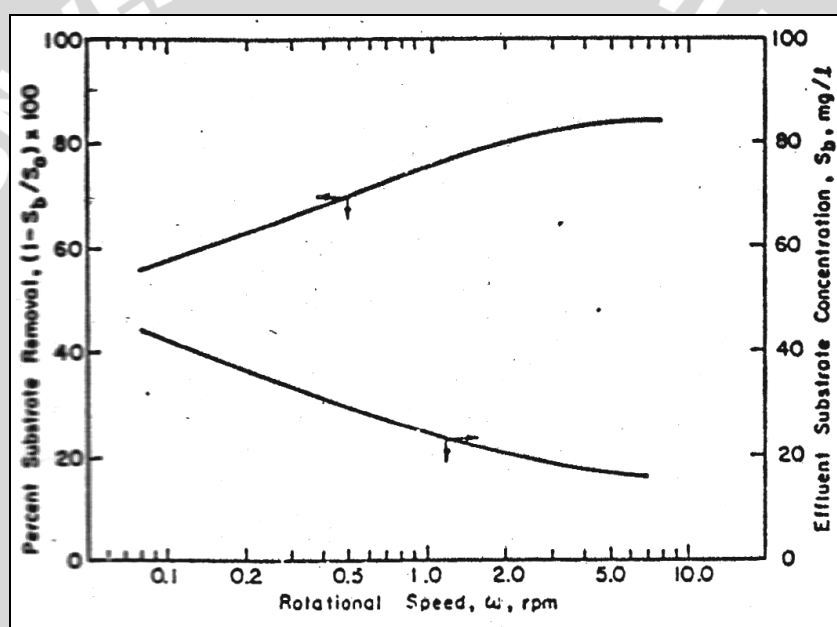
Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.5. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kemampuan Menurunkan Kadar Parameter

Dari hasil analisa efektifitas penurunan parameter menggunakan *Rotating Biological Contactor* di atas menunjukkan kadar BOD, COD dan  $\text{NH}_3$  mengalami penurunan untuk semua variasi perlakuan. Variasi perlakuan yang direncanakan ternyata sangat berpengaruh terhadap kemampuan menurunkan semua parameter.

##### 4.5.1. Pengaruh Kecepatan Putaran

Salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja *Rotating Biological Contactor* adalah kecepatan putaran *disc* karena mempengaruhi kecepatan aerasi dan intensitas kontak antara air limbah dengan *biofilm*. (Leslie, 1980:762)



Gambar 4.47 Pengaruh kecepatan putaran dalam kinerja *Rotating Biological Contactor*

Sumber: Leslie (1980:762)

Gambar 4.47 menunjukkan pengaruh kecepatan putaran pada saat RBC bekerja, semakin besar putaran akan menghasilkan prosentase penurunan yang semakin besar pula. Akan tetapi, kecepatan putaran yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan terkelupasnya biomassa yang terlalu besar dari *disc* dan hal ini dapat mengganggu kinerja RBC. (Leslie, 1980: 567)

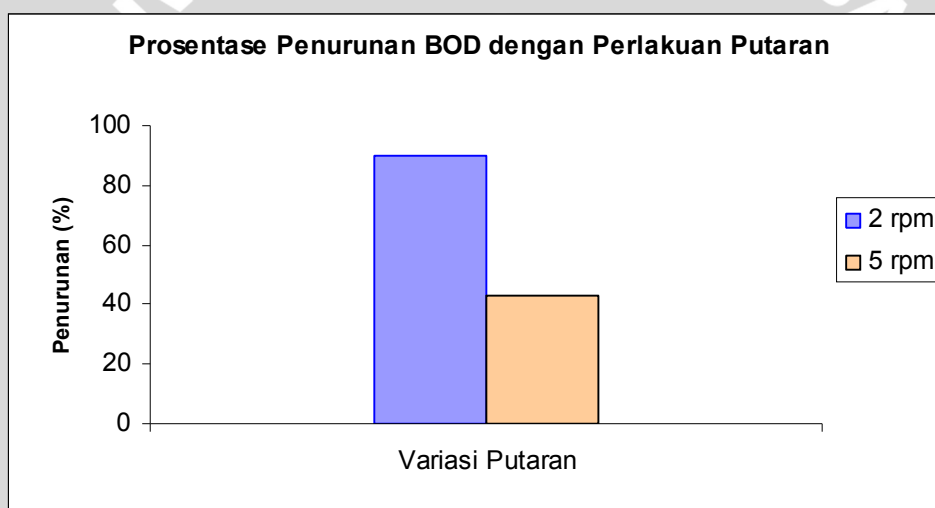
Berdasarkan Gambar 4.47, prosentase penurunan parameter BOD, COD dan  $\text{NH}_3$  dapat diprediksi. Kecepatan putaran 2 rpm akan menghasilkan prosentase penurunan sebesar 78% sedangkan kecepatan putaran 5 rpm akan menghasilkan

prosentase Penurunan sebesar 82%. Hasil prediksi tersebut nantinya dibandingkan dengan hasil penelitian.

#### 4.26. Pengaruh Putaran terhadap BOD

Parameter	Waktu (Jam)	Penurunan (%)	
		2 rpm	5 rpm
BOD	1 (11.00)	96.681	23.862
	2 (07.00)	78.682	54.337
	2 (11.00)	93.921	51.276
	Rerata (%)	89.761	43.158

Sumber: Hasil Perhitungan

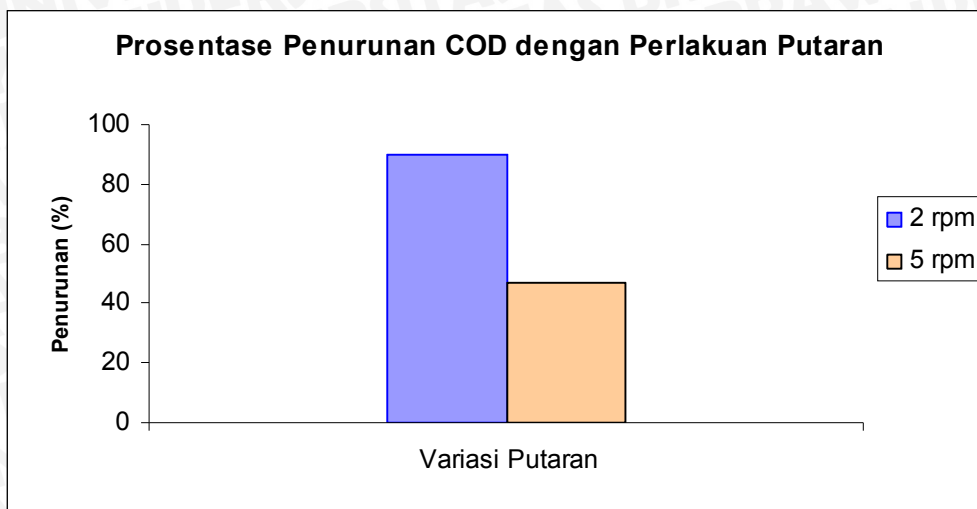


Gambar 4.28 Prosentase penurunan BOD terhadap pengaruh putaran  
Sumber: Tabel Pengaruh Putaran Terhadap BOD

#### Tabel 4.27. Pengaruh Putaran terhadap COD

Parameter	Waktu (Jam)	Penurunan (%)	
		2 rpm	5 rpm
COD	1 (11.00)	97.373	30.173
	2 (07.00)	81.571	55.746
	2 (11.00)	91.861	55.347
	Rerata (%)	90.268	47.089

Sumber: Hasil Perhitungan

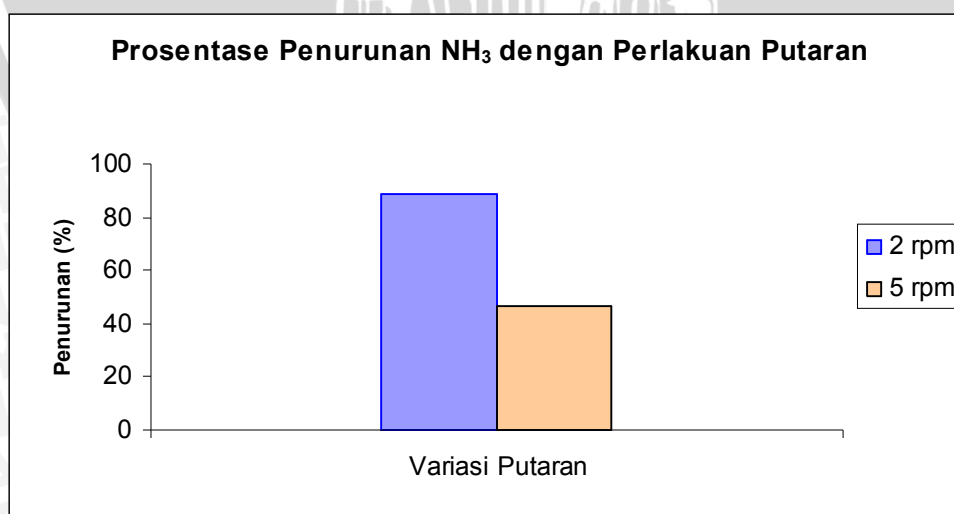


Gambar 4.49 Prosentase penurunan COD terhadap pengaruh putaran  
 Sumber: Tabel Pengaruh Putaran Terhadap COD

Tabel 4.28. Pengaruh Putaran terhadap NH<sub>3</sub>

Parameter	Waktu (Jam)	Penurunan (%)	
		2 rpm	5 rpm
NH <sub>3</sub>	1 (11.00)	96.124	72.727
	2 (07.00)	84.818	42.105
	2 (11.00)	84.158	25.000
	Rerata (%)	88.367	46.611

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.50 Prosentase penurunan NH<sub>3</sub> terhadap pengaruh putaran  
 Sumber: Tabel Pengaruh Putaran Terhadap NH<sub>3</sub>



Tabel 4.29. Perbandingan Penurunan Teori dan Penurunan Aktual Akibat Pengaruh Putaran

Parameter	Penurunan teori (%)	Penurunan aktual (%)	Penurunan teori (%)	Penurunan aktual (%)
	2 rpm	2 rpm	5 rpm	5 rpm
BOD	78	<b>89.761</b>	82	43.158
COD	78	<b>90.268</b>	82	47.089
NH <sub>3</sub>	78	<b>88.367</b>	82	46.611

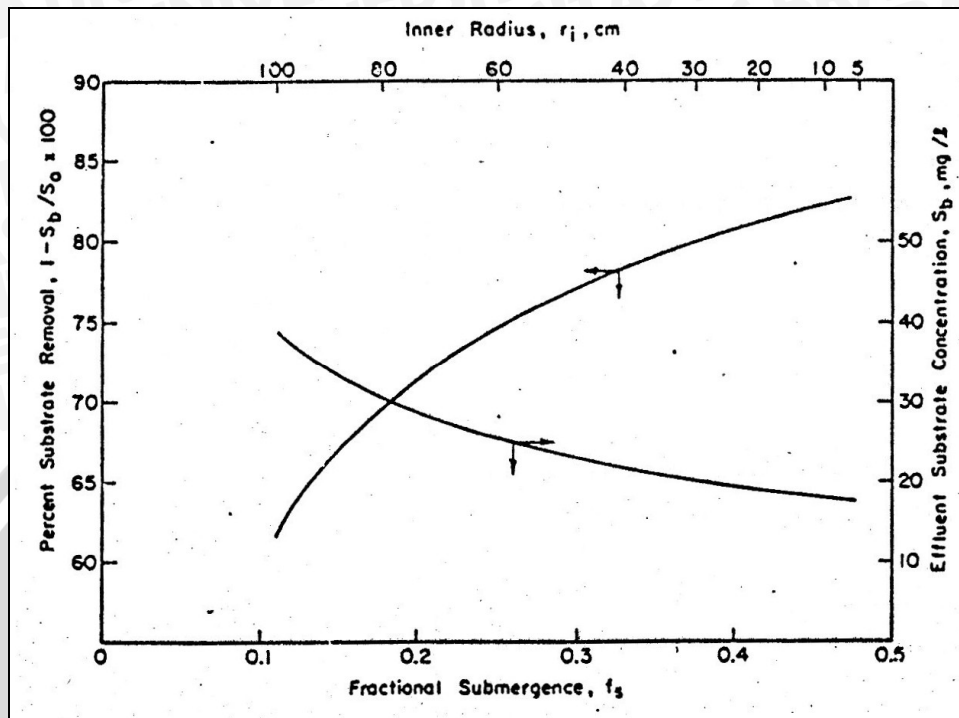
Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.29 pengaruh kecepatan putaran 2 rpm memberikan penurunan aktual yang lebih besar dari penurunan teori dan berlaku sebaliknya dengan kecepatan putaran 5 rpm. Hal ini menunjukkan dalam penelitian untuk model *Rotating Biological Contactor* ini lebih efektif menggunakan kecepatan putaran 2 rpm. Hal ini dikarenakan apabila kecepatan putaran lebih besar (5 rpm) proses pembentukan lapisan mikroorganisme pada permukaan media RBC akan menjadi kurang optimal karena waktu kontak antara biofilm dengan air limbah maupun udara kurang.

#### 4.5.2. Pengaruh Luas Area Terendam

Faktor lain yang mempengaruhi kinerja *Rotating Biological Contactor* adalah luas area terendam karena semakin besar area terendam akan mempermudah organisme untuk tumbuh dalam *disc* dengan jumlah yang dibutuhkan dan berakibat akan meningkatkan kemampuan penurunan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.51.(Leslie, 1980:569).

Berdasarkan Gambar 4.51, prosentase penurunan parameter BOD, COD dan NH<sub>3</sub> dapat diprediksi. Luas area terendam 40% akan menghasilkan prosentase penurunan sebesar 80% sedangkan Luas area terendam 70% akan menghasilkan prosentase penurunan sebesar 83%. Hasil prediksi tersebut nantinya dibandingkan dengan hasil penelitian.



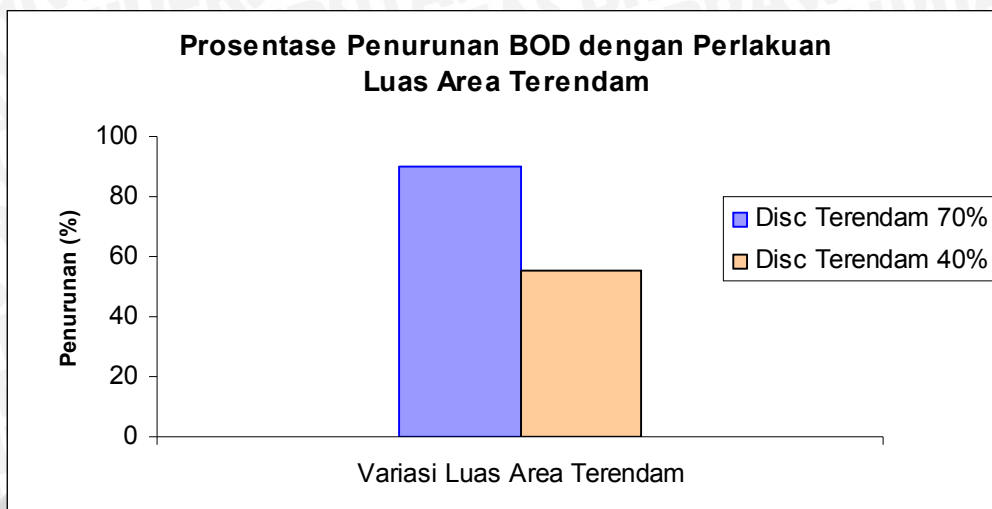
Gambar 4.51 Pengaruh luas area terendam dalam kinerja *Rotating Biological Contactor*

Sumber: Leslie (1980:569)

4.30. Pengaruh Luas Area Terendam terhadap BOD

Parameter	Waktu (Jam)	Penurunan (%)	
		Disc Terendam 70%	Disc Terendam 40%
BOD	1 (11.00)	96.681	29.744
	2 (07.00)	78.682	55.793
	2 (11.00)	93.921	80.488
	Rerata (%)	89.761	55.341

Sumber: Hasil Perhitungan

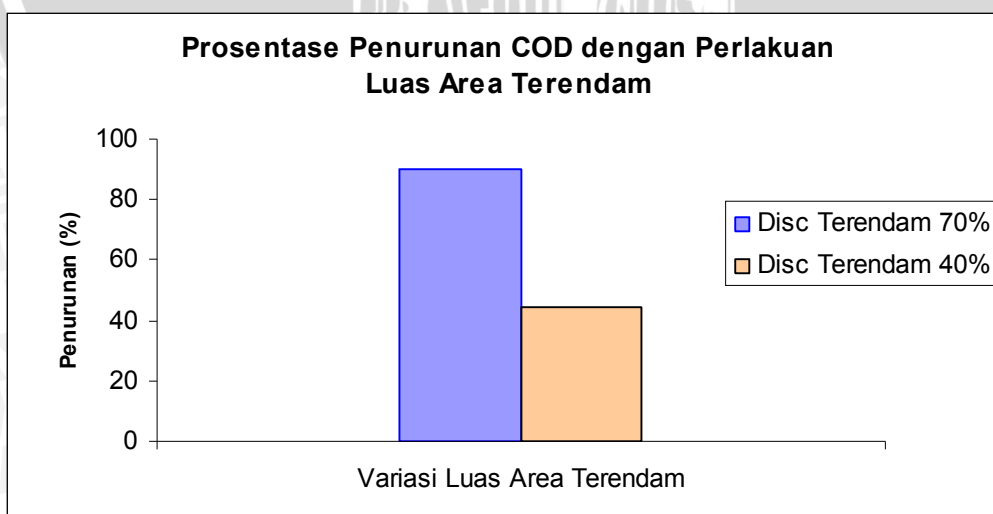


Gambar 4.52 Prosentase penurunan BOD terhadap pengaruh luas area terendam  
 Sumber: Tabel Pengaruh Luas Area Terendam terhadap BOD

4.31. Pengaruh Luas Area Terendam terhadap COD

Parameter	Waktu (Jam)	Penurunan (%)	
		Disc Terendam 70%	Disc Terendam 40%
COD	1 (11.00)	97.373	33.125
	2 (07.00)	81.571	33.176
	2 (11.00)	91.861	66.506
	Rerata (%)	90.268	44.269

Sumber: Hasil Perhitungan



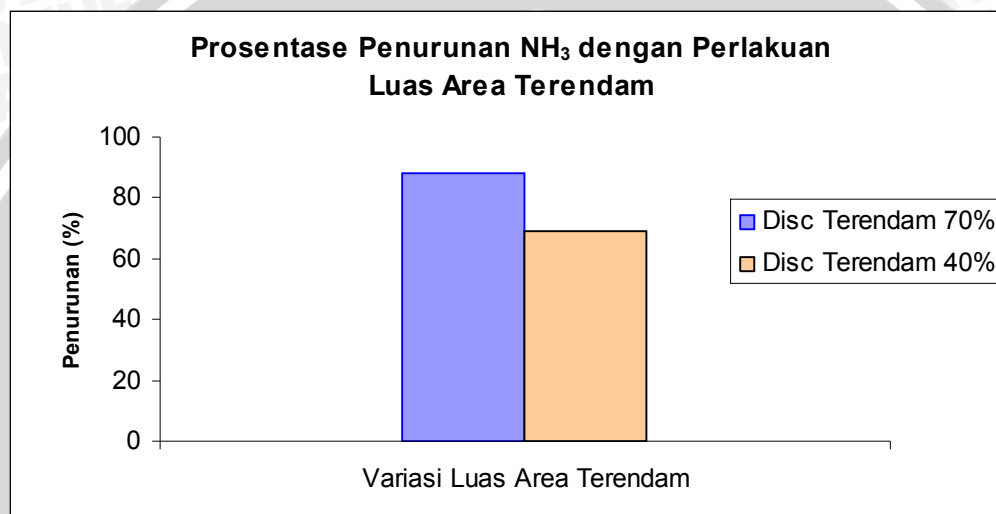
Gambar 4.53 Prosentase penurunan COD terhadap pengaruh luas area terendam  
 Sumber: Tabel Pengaruh Luas Area Terendam terhadap COD



4.32. Pengaruh Luas Area Terendam terhadap  $\text{NH}_3$ 

Parameter	Waktu (Jam)	Penurunan (%)	
		Disc Terendam 70%	Disc Terendam 40%
$\text{NH}_3$	1 (11.00)	96.124	82.857
	2 (07.00)	84.818	46.667
	2 (11.00)	84.158	78.095
	Rerata (%)	88.367	69.206

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.54 Prosentase penurunan  $\text{NH}_3$  terhadap pengaruh luas area terendam  
Sumber: Tabel Pengaruh Luas Area Terendam terhadap  $\text{NH}_3$

Tabel 4.33. Perbandingan Penurunan Teoritis dan Penurunan Aktual akibat Pengaruh Luas Area Terendam

Parameter	Penurunan teori (%)	Penurunan aktual (%)	Penurunan teori (%)	Penurunan aktual (%)
	Disc terendam 70%	Disc terendam 70%	Disc terendam 40%	Disc terendam 40%
BOD	83	89.761	80	55.341
COD	83	90.268	80	44.269
$\text{NH}_3$	83	88.367	80	69.206

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.33 pengaruh luas area terendam 70% memberikan penurunan aktual yang lebih besar dari penurunan teori dan berlaku sebaliknya dengan luas area terendam 40%. Hal ini menunjukkan dalam penelitian untuk model *Rotating*

*Biological Contactor* ini lebih efektif menggunakan luas area terendam 70%. Hal ini dikarenakan apabila semakin besar luas area yang tercelup (70%) maka pembentukan lapisan mikroorganisme pada permukaan media RBC akan menjadi optimal karena memberikan luas kontak dengan air limbah yang lebih besar juga.. Udara dari permukaan *disc* dibawa ke dalam air untuk menguraikan air limbah dan memfasilitasi proses aerobik. Selain itu, terjadi penurunan tekanan di media dan di poros karena sebagian besar dari permukaan dari RBC berada di dalam air.

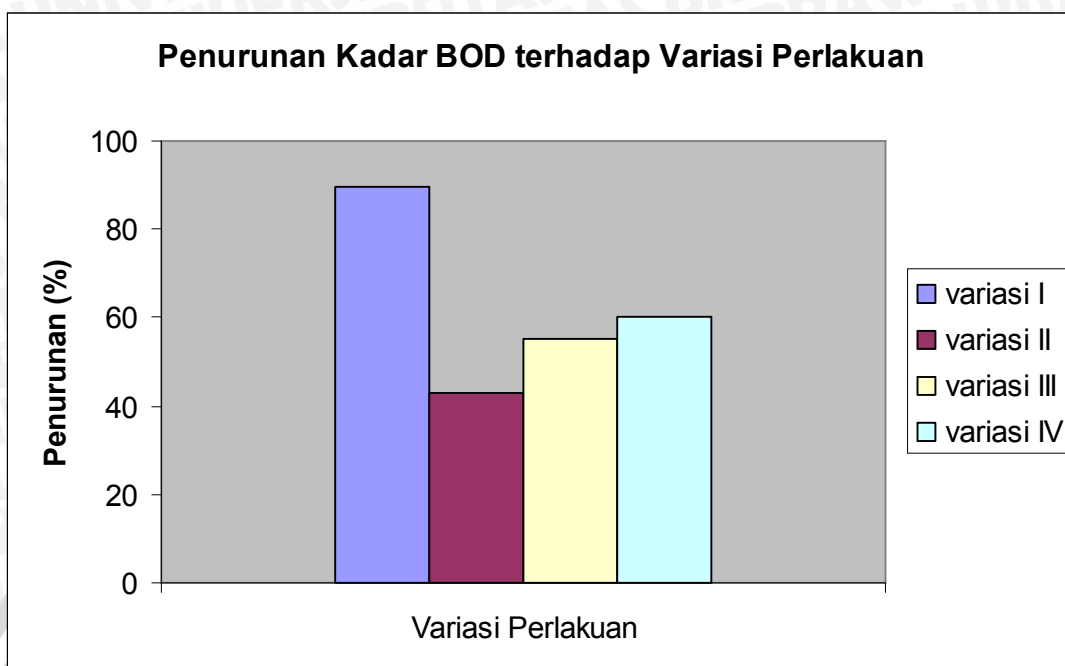
#### 4.6. Efektifitas Penurunan Parameter BOD, COD dan NH<sub>3</sub>

Dari hasil analisis dan pembahasan akan didapatkan rekapitulasi penurunan parameter BOD, COD dan NH<sub>3</sub> dengan empat macam variasi perlakuan. Variasi perlakuan yang pertama (variasi I) menggunakan *disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 2 rpm. Variasi perlakuan yang kedua (variasi II) menggunakan *disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 5 rpm. Variasi perlakuan yang ketiga (variasi III) menggunakan *disc* terendam 40% dengan kecepatan putaran 2 rpm. Variasi perlakuan yang keempat (variasi IV) menggunakan *disc* terendam 40% dengan kecepatan putaran 5 rpm. Dari keempat variasi tersebut nanti akan dipilih variasi perlakuan yang paling efektif dalam penurunan kadar BOD, COD dan NH<sub>3</sub> pada limbah cair rumah sakit.

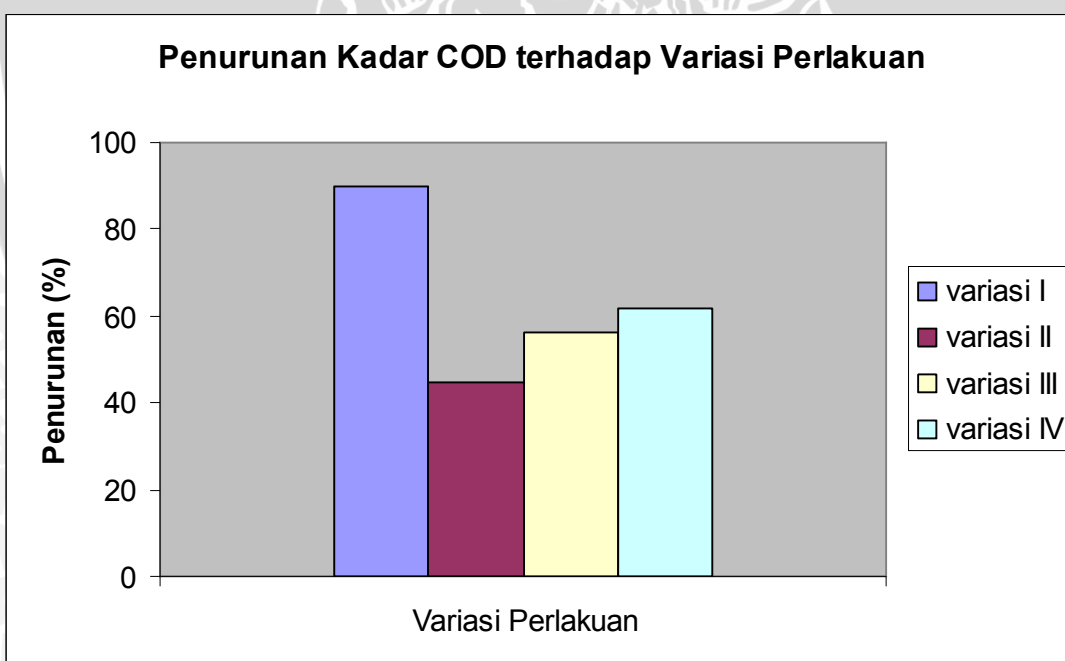
Tabel 4.34. Rekapitulasi Penurunan Parameter dengan Berbagai Variasi Perlakuan

Parameter	Hari (jam)	Penurunan (%)			
		Disc Terendam 70%		Disc Terendam 40%	
		2 rpm	5 rpm	2 rpm	5 rpm
BOD	1 (11.00)	96.681	23.862	29.744	19.685
	2 (07.00)	78.682	54.337	55.793	81.162
	2 (11.00)	93.921	51.276	80.488	79.659
	Rerata	89.761	43.158	55.341	60.169
COD	1 (11.00)	97.373	30.173	33.125	25.443
	2 (07.00)	81.571	55.746	33.176	33.366
	2 (11.00)	91.861	55.347	66.506	21.900
	Rerata	90.268	47.089	44.269	26.903
NH <sub>3</sub>	1 (11.00)	96.124	72.727	82.857	63.871
	2 (07.00)	84.818	42.105	46.667	25.000
	2 (11.00)	84.158	25.000	78.095	49.038
	Rerata	88.367	46.611	69.206	45.970

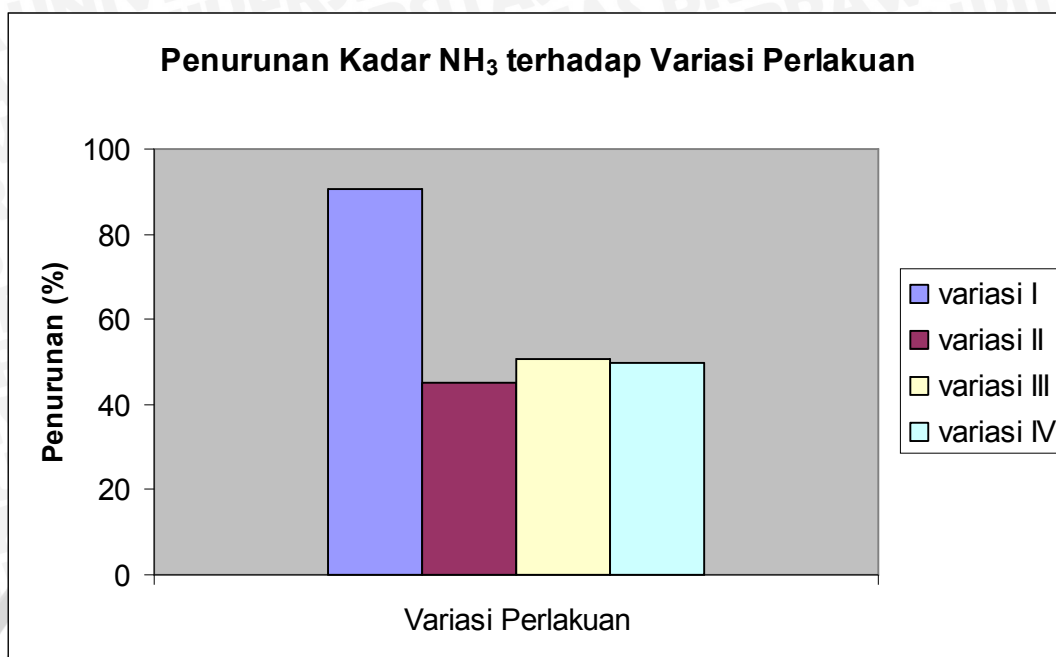
Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.55 Penurunan BOD terhadap Variasi Perlakuan  
 Sumber: Tabel Rekapitulasi Penurunan Parameter dengan Berbagai Variasi Perlakuan



Gambar 4.56 Penurunan COD terhadap Variasi Perlakuan  
 Sumber: Tabel Rekapitulasi Penurunan Parameter dengan Berbagai Variasi Perlakuan



Gambar 4.57 Penurunan NH<sub>3</sub> terhadap Variasi Perlakuan

Sumber: Tabel Rekapitulasi Penurunan Parameter dengan Berbagai Variasi Perlakuan

Berdasarkan Gambar 4.55 sampai dengan Gambar 4.57 secara umum penurunan kadar BOD, COD dan NH<sub>3</sub> terbesar pada variasi I (*disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 2 rpm). Variasi yang paling efektif dalam menurunkan kadar BOD, COD dan NH<sub>3</sub> adalah variasi I (*disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 2 rpm) dibandingkan dengan ketiga variasi yang lain. Hal ini dikarenakan apabila semakin besar luas area yang tercelup (70%) maka pembentukan lapisan mikroorganisme pada permukaan media RBC akan menjadi optimal karena memberikan luas kontak dengan air limbah yang lebih besar juga. Udara dari permukaan *disc* dibawa ke dalam air untuk menguraikan air limbah dan memfasilitasi proses aerobik. Pada kecepatan putaran 2 rpm proses pembentukan lapisan mikroorganisme pada permukaan media RBC optimal karena waktu kontak antara *biofilm* dengan air limbah maupun udara cukup.

## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil percobaan menggunakan *Rotating Biological Contactor* pada sampel air limbah RSUD Kepanjen Kabupaten Malang dengan input sampel yang berbeda untuk berbagai variasi perlakuan tetapi dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. RBC (*Rotating Biological Contactor*) mampu menurunkan kadar BOD, COD, dan  $\text{NH}_3$  pada setiap variasi perlakuan. Prosentase penurunan terbesar 96,681% untuk BOD, 97,373% untuk COD dan 96,124% untuk  $\text{NH}_3$  terjadi pada variasi perlakuan I (*disc* terendam 70% dengan kecepatan putaran 2 rpm). Kadar BOD, COD dan  $\text{NH}_3$  *effluent* pada setiap variasi perlakuan memenuhi baku mutu untuk limbah rumah sakit sesuai dengan Kep.Gub. No. 61 Tahun 1999. Kadar *effluent* rerata adalah 8,836 mg/l untuk BOD, 25,869 mg/l untuk COD dan 0,044 mg/l untuk  $\text{NH}_3$ .
2. Hubungan setiap variasi perlakuan terhadap kemampuan menurunkan kadar BOD, COD dan  $\text{NH}_3$ .
  - a. Pengaruh kecepatan putaran 2 rpm memberikan prosentase penurunan parameter BOD, COD dan  $\text{NH}_3$  yang lebih besar daripada kecepatan putaran 5 rpm. Prosentase penurunan parameter BOD, COD dan  $\text{NH}_3$  rerata pada kecepatan putaran 2 rpm berturut-turut adalah 89,761%, 90,268% dan 88,367%. Sedangkan prosentase penurunan parameter BOD, COD dan  $\text{NH}_3$  rerata pada kecepatan putaran 5 rpm berturut-turut adalah 43,158%, 47,089% dan 46,611%.
  - b. Pengaruh luas area terendam 70% memberikan prosentase penurunan parameter BOD, COD dan  $\text{NH}_3$  yang lebih besar daripada luas area terendam 40%. Prosentase penurunan parameter BOD, COD dan  $\text{NH}_3$  rerata pada luas area terendam 70% berturut-turut adalah 89,761%, 90,268% dan 88,367%. Sedangkan prosentase penurunan parameter BOD, COD dan  $\text{NH}_3$  rerata pada luas area terendam 40% berturut-turut adalah 55,341%, 44,269% dan 69,206%.



### 5.2. Saran

Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan menggunakan input sampel yang sama untuk berbagai variasi serta menambahkan variasi bentuk *disc* yang bergelombang atau bentuk sarang tawon dan menambahkan jumlah stage untuk memperoleh sistem pengolahan limbah cair rumah sakit yang maksimal. Pengolahan limbah cair rumah sakit menggunakan *Rotating Biological Contactor* terbukti efektif menurunkan kadar BOD, COD dan  $\text{NH}_3$ .



## DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Santika, SS. 1984. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan. 2001. *Bab 7 Pengolahan Air Limbah dengan Proses Reaktor Biologis Putar (RBC)*. [www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuUjiPerform/BAB7.pdf](http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuUjiPerform/BAB7.pdf). (diakses 25 April 2010).
- Grady, Leslie dan Lim, Henry C. 1980. *Biological Wastewater Treatment*. New York: Marcel Dekter Inc
- Indriasari, RR. 2008. *Pengolahan Air Limbah Efluen Septic Tank Rumah Susun Menggunakan Rotating Biological Contactor (RBC) Skala Laboratorium*. <http://digilib.its.ac.id>. (diakses 25 April 2010)
- Linsley, R.K dan Franzini, J.B. 1991. *Teknik Sumber Daya Air, Jilid 2*. Jakarta: Erlangga
- Metcalf and Eddy. 2003. *Waste Water Engineering Second Edition*. New York: Mc Graw-Hill Company.
- Meutia, A & Suryono, T. 2001. *A Combined Rotating Biological Contactor-Biofilter System To Treat Wastewater of Cosmetic Manufacturer*. Puslitbang Limnologi-LIPI, Indonesia.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia.
- Suparmin, Suparman. 2002. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Utomo, Imam. 1999. *Surat Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur No. 61 Tahun 1999 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Rumah Sakit di Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Timur*. Surabaya: Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur.
- Zulkifli dan Meutia, A. 2001. *Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu Dengan Rotating Biological Contactor (RBC) Pada Skala Laboratorium*. Jurnal LIMNOTEK. VIII (1): 21-34.