

**ANALISIS PENURUNAN KONSENTRASI LIMBAH CAIR
INDUSTRI TAHU MENGGUNAKAN *ROTATING BIOLOGICAL
CONTACTOR***

TUGAS AKHIR

Oleh

JOJO SEPTIANDINATA

1400828201035



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI
JAMBI, 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENURUNAN KONSENTRASI LIMBAH CAIR INDUSTRI
TAHU MENGGUNAKAN *ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR***

**Tugas akhir ini telah dipertahankan pada Sidang Tugas Akhir
Komprehensif Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik
Universitas Batanghari Jambi**

Nama : Jojo Septiandinata

NPM : 1400825201035

Hari/Tanggal : Selasa, 20 Maret 2018

Jam : 09.00 Wib s/d Selesai

Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik Unniversitas Batanghari Jambi

PANITIA PENGUJI

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc	_____
Sekretaris	: Hadrah, ST, MT	_____
Anggota	: Peppy Herawati, ST, MT	_____
Anggota	: Ira Galih Prabasari, ST, M.Si	_____
Anggota	: Marhadi, ST, M.Si	_____

Disahkan Oleh :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi

Teknik Lingkungan

(Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, ME)
NIDN 1015126501

(Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc)
NIDN 0003088001

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS PENURUNAN KONSENTRASI LIMBAH CAIR

INDUSTRI TAHU MENGGUNAKAN *ROTATING BIOLOGICAL*

CONTACTOR

TUGAS AKHIR

Oleh:

JOJO SEPTIANDINATA

1400825201035

Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi, menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul dan Penyusun sebagaimana tersebut diatas telah disetujui sesuai dengan prosedur, ketentuan, kelaziman yang berlaku dan dapat diajukan dalam ujian Tugas Akhir dan komprehensif Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi

Jambi, September 2018

Pembimbing I

Pembimbing II

(Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc)
NIDN 0003088001

(Hadrah, ST, MT)
NIDN 1020088802

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

**ANALISIS PENURUNAN KONSENTRASI LIMBAH CAIR INDUSTRI
TAHU MENGGUNAKAN *ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR***

Adalah hasil karya saya sendiri dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir Tugas Akhir.

Jambi, September 2018

**Jojo Septiandinata
1400825201035**

ABSTRAK

Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu merupakan limbah organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme secara alamiah. Namun, akumulasi limbah cair industri tahu mengakibatkan tingginya beban pencemar sehingga sulit terurai.

Selama limbah itu tidak dikelola dengan baik atau dibuang sembarangan sedangkan produksi limbahnya terus meningkat maka secara terus menerus akan menimbulkan kerusakan lingkungan terutama air tanah dangkal. Bila dibuang ke sungai, limbah ini dapat menyebabkan tingginya tingkat keasaman maupun BOD dan COD pada sungai sehingga berakibat kematian makhluk hidup yang terdapat di sungai. Bila limbah dibuang ke tanah dapat menyebabkan ketidakseimbangan unsur hara yang mengakibatkan kualitas air tanah menjadi rendah.

Salah satu alternatif pengolahan limbah tahu yang dapat digunakan adalah *Rotating Biological Contactor* (RBC). Teknologi ini efektif digunakan karena biaya dan operasinya murah, hemat energi, operasi dan perawatan mudah, dan dapat diproduksi secara lokal, operasionalnya mudah, konsumsi energi sedikit dan menghasilkan lumpur sedikit.

Rotating Biological Contactor (RBC) merupakan suatu alat pengolahan air limbah secara biologis yang terdiri dari serangkaian cakram yang mampu menurunkan konsentrasi limbah cair industri tahu sampai dengan 81%.

Kata kunci : Limbah cair industri tahu, *Rotating Biological Contactor*, Konsentrasi

PRAKATA

Puji dan syukur peneliti haturkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta kesehatan kepada peneliti dalam menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “ANALISIS PENURUNAN KONSENTRASI LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU MENGGUNAKAN *ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR*”. Kemudian shalawat serta salam praktikan hadiahkan kepada junjungan alam, Nabi Muhammad SAW.

Tugas akhir ini ditulis dalam rangka melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S.I) pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini peneliti banyak mendapatkan arahan dan bimbingan dari berbagai pihak, baik bantuan yang bersifat moril maupun materil. Pada kesempatan ini peneliti menghaturkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, ME, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi;
2. Ibu Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi. Dan selaku pembimbing I yang telah memberikan petunjuk dan pengarahan serta bimbingan dalam menyelesaikan tugas akhir ini
3. Ibu Hadrah, ST, MT selaku pembimbing II yang terus memberikan support dalam pengerjaan tugas akhir ini
4. Abang Deffi Agustin, S.T, Abang Nanda Wahyudi, S.T, Abang Erol, Abang Rico, Ferdy,dan semua keluarga besar CV. Bangun Struktur Konsultan terimakasih telah memberikan bantuan untuk mengerjakan tugas akhir kepada peneliti
5. Ayahanda Drs. A. Junaini, ME tersayang, Ibunda Kamisah tercinta , Kakanda Monica Yukivalen, SE , Kakanda Juanda Bratayuda, Dan Adinda M.Iman Juka Fadlan yang selalu mensupport, dan terimakasih atas curahan doa yang melimpah. I love You Full

6. Rusdarmi yang selalu mensupport dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Allah SWT, melimpahkan pahala yang setimpal pada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Akhir kata peneliti berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan sumbangan ilmu pengetahuan dan mendapat ridho dari Allah dan RasulNya, sehingga memberikan manfaat bagi peneliti dan semua pihak.

Jambi, 2018

Peneliti

Jojo Septiandinata

1400825201035

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Proses Produksi Tahu	5
2.1.1 Sumber Limbah Industri Tahu	9
2.2 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu	9

2.3 Dampak Limbah Industri Tahu	12
2.4 Pengolahan Limbah Padat Industri Tahu	13
2.5 Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu	15
2.5.1 Pengolahan Limbah Cair Tahu Sistem Aerobik	19
2.5.2 Pengolahan Limbah Cair Tahu Anaerobik	20
2.5.3 Pengolahan Limbah Kombinasi Aerobik-Anaerobik	22
2.6 Pengolahan Limbah Cair Berdasarkan Tahap Pengolahannya	25
2.7 <i>Rotating Biological Contactor</i>	27
2.7.1 Prinsip-Prinsip Operasi <i>Rotating Biological Contactor</i>	29
2.7.2 Kelebihan <i>Rotating Biological Contactor</i>	30
2.7.3 Pertumbuhan Melekat	32
2.8 Kriteria Desain Proses <i>Rotating Biological Contactor</i>	32
2.9 Fakto-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Penguraian Dalam RBC	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	36
3.2 Variabel Penelitian	36
3.3 Bahan dan Alat Penelitian	36
3.4 Tahapan Penelitian	38
3.5 Metode Pengujian Sampel	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu	46
4.2 Aklimatisasi <i>Rotating Biological Contactor</i>	46
4.3 Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Parameter PH	48

4.4 Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Parameter BOD	49
4.5 Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Parameter COD	51
4.6 Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Parameter TSS	53
4.7 Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Parameter Minyak & Lemak	55
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Industri	11
Tabel 2.2 Komposisi Kimia Ampas Tahu	14
Tabel 2.3 Desain Tipikal Untuk <i>Rotating Biological Contactor</i>	33
Tabel 3.1 Kriteria Desain <i>Rotating Biological Contactor</i>	41
Tabel 4.1 Karakteristik Awal Limbah Cair Industri Tahu	45
Tabel 4.2 Hasil Pengolahan <i>Rotating Biological Contactor</i> Terhadap Parameter pH	48
Tabel 4.3 Hasil Pengolahan <i>Rotating Biological Contactor</i> Terhadap Parameter BOD	50
Tabel 4.4 Hasil Pengolahan <i>Rotating Biological Contactor</i> Terhadap Parameter COD	52
Tabel 4.5 Hasil Pengolahan <i>Rotating Biological Contactor</i> Terhadap Parameter TSS	54
Tabel 4.6 Hasil Pengolahan <i>Rotating Biological Contactor</i> Terhadap Parameter Minyak dan Lemak	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Produksi Tahu	5
Gambar 2.2 Kontaktor Biologis Cakram Berputar	29
Gambar 2.3 Prinsip Operasi <i>Rotating Biological Contactor</i>	29
Gambar 2.4 Aliran Limbah Didalam <i>Rotating biological Contactor</i>	31
Gambar 2.5 Diagram Skematis <i>Rotating Biological Contactor</i>	34
Gambar 3.1 Sketsa Alat <i>Rotating Biological Contactor</i>	37
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian	38
Gambar 3.3 Bak <i>Rotating Biological Contactor</i>	42
Gambar 3.4 Cakram <i>Rotating Biological Contactor</i>	43
Gambar 3.5 Motor Penggerak (Dinamo)	44
Gambar 3.6 Reducer	44
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Waktu Detensi pH	49
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Waktu Detensi BOD	51
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Waktu Detensi COD	52
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Waktu Detensi TSS	54
Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Waktu Detensi Minyak dan Lemak	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Hidrologi	4
Gambar 3.1 Peta Lokasi Kerja Praktek	18
Gambar 3.2 Diagram Hubungan Kerja Organisasi Proyek	20
Gambar 3.3 Struktur Organisasi Dinas Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Provinsi Jambi	22
Gambar 4.1 Proses Pembuatan Sumur Bor	24
Gambar 4.2 Proses Penentuan Titik Pengeboran Geolistrik	25
Gambar 4.3 Mata Bor Roller Cone	27
Gambar 4.4 Proses Pengeboran Sumur	28
Gambar 4.5 Proses Pengeboran Sumur Beserta Sirkulasi Air Sumur Bor	28
Gambar 4.6 Bak Sementara	28
Gambar 4.7 Alat Logging	30
Gambar 4.8 Proses Logging	30

Gambar 4.9 Proses Kontruksi Sumur	31
Gambar 4.10 Pengelasan Pipa	31
Gambar 11 Proses Pencucian Air Sumur	32
Gambar 4.12 Pompa Submersible	34
Gambar 4.13 Proses Pemasangan Pompa Submersible	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Administrasi

Lampiran II Hasil Analisis

Lampiran III Dokumentasi Alat dan Bahan Penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu merupakan limbah organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme secara alamiah. Namun, akumulasi limbah cair industri tahu mengakibatkan tingginya beban pencemar sehingga sulit terurai.

Berdasarkan hasil analisis terdahulu (Basuki,2008), limbah cair industri tahu mempunyai kandungan senyawa-senyawa organik yang masih cukup tinggi. Di dalam penelitian ini, limbah tahu pada PT. X yang telah diuji pada Laboratorium DLH Provinsi Jambi memiliki karakteristik berupa pH 4; BOD 16.050 mg/L; COD 44.908 mg/L; TSS 3000 mg/L; minyak dan lemak 84 mg/L.

Selama limbah itu tidak dikelola dengan baik atau dibuang sembarangan sedangkan produksi limbahnya terus meningkat maka secara terus menerus akan menimbulkan kerusakan lingkungan terutama air tanah dangkal. Bila dibuang ke sungai, limbah ini dapat menyebabkan tingginya tingkat keasaman maupun BOD dan COD pada sungai sehingga berakibat kematian makhluk hidup yang terdapat di sungai. Bila limbah dibuang ke tanah dapat menyebabkan ketidakseimbangan unsur hara yang mengakibatkan kualitas air tanah menjadi rendah.

Salah satu alternatif pengolahan limbah tahu yang dapat digunakan adalah *Rotating Biological Contactor* (RBC). Teknologi ini efektif digunakan karena biaya dan operasinya murah, hemat energi, operasi dan perawatan mudah, dan dapat diproduksi secara lokal, operasionalnya mudah, konsumsi energi sedikit dan menghasilkan lumpur sedikit.

Rotating Biological Contactor merupakan suatu alat pengolahan air limbah secara biologis yang terdiri dari serangkaian cakram yang mampu menurunkan kandungan bahan organik sampai dengan 90%. Bahan untuk cakram *Rotating Biological Contactor* dapat berupa *polyethylene*, *pvc*, *polystyrene*, *propylene*, *galvanised steel* dan *asbestos cements* atau bahan-bahan ringan lainnya. Bahan-bahan ini digunakan dengan dasar pertimbangan tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme dan juga relatif ringan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya Liliya Dewi Susanawaty dkk (2010), mengolah limbah tahu dengan RBC dapat menurunkan konsentrasi BOD, COD, TSS hingga 38,318%. Inilah yang melatarbelakangi penulis melakukan penelitian dengan judul “Analisis Penurunan Konsentrasi Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan *Rotating Biological Contactor*”.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana penurunan konsentrasi pencemar BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak serta netralisasi pH limbah cair industri tahu dengan menggunakan RBC.
2. Bagaimana pengaruh waktu detensi terhadap penurunan konsentrasi BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak limbah cair industri tahu menggunakan RBC

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui apakah pengolahan limbah cair industri tahu dengan *Rotating Biological Contactor* dapat menurunkan konsentrasi BOD, COD, TSS, minyak dan lemak limbah cair industri tahu dengan waktu detensi 6 jam, 12 jam, 18 jam.

2. Mengetahui pengaruh waktu detensi terhadap efisiensi penurunan konsentrasi pada pengolahan limbah tahu menggunakan *Rotating Biological Contactor*

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yaitu:

1. Memberikan upaya alternatif pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan *Rotating biological contactor*
2. Mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah cair industri tahu

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Sampel limbah cair diambil dari salah satu pabrik tahu di Talang Banjar Kota Jambi disebut dengan PT. X.
2. Variabel terikat yang diukur yaitu BOD, COD, TSS, pH, Minyak dan Lemak dari efluen (buangan) proses industri tahu dan outlet *rotating biological contactor* (hasil pengolahan).
3. Variabel bebas dalam penelitian yaitu waktu detensi
4. Standar acuan parameter pencemar yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan kehutanan no 68 tahun 2016.
5. Media pertumbuhan lekat yang digunakan adalah ijuk

1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari:

Bab I. Pendahuluan

Pada bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan masalah penelitian dan sistematika penulisan

Bab II. Tinjauan Pustaka

Pada bab ini dijelaskan mengenai berbagai teori umum dan teori khusus yaitu tentang limbah tahu, pengolahan air limbah, dan *rotating biological contactor* yang akan digunakan dalam penulisan tugas akhir ini.

Bab III. Metodologi Penelitian

Pada bab ini menguraikan tentang metodologi yang dipakai oleh penulis, yaitu waktu dan lokasi penelitian, serta tahapan penelitian.

Bab IV Analisis dan Pembahasan

Pada bab ini dijelaskan mengenai hasil dan pembahasan tingkat efisiensi penurunan konsentrasi menggunakan *rotating biological contactor*, karakteristik limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan menggunakan *rotating biological contactor* sampai ke pengujian sampel limbah tahu sesudah pengolahan.

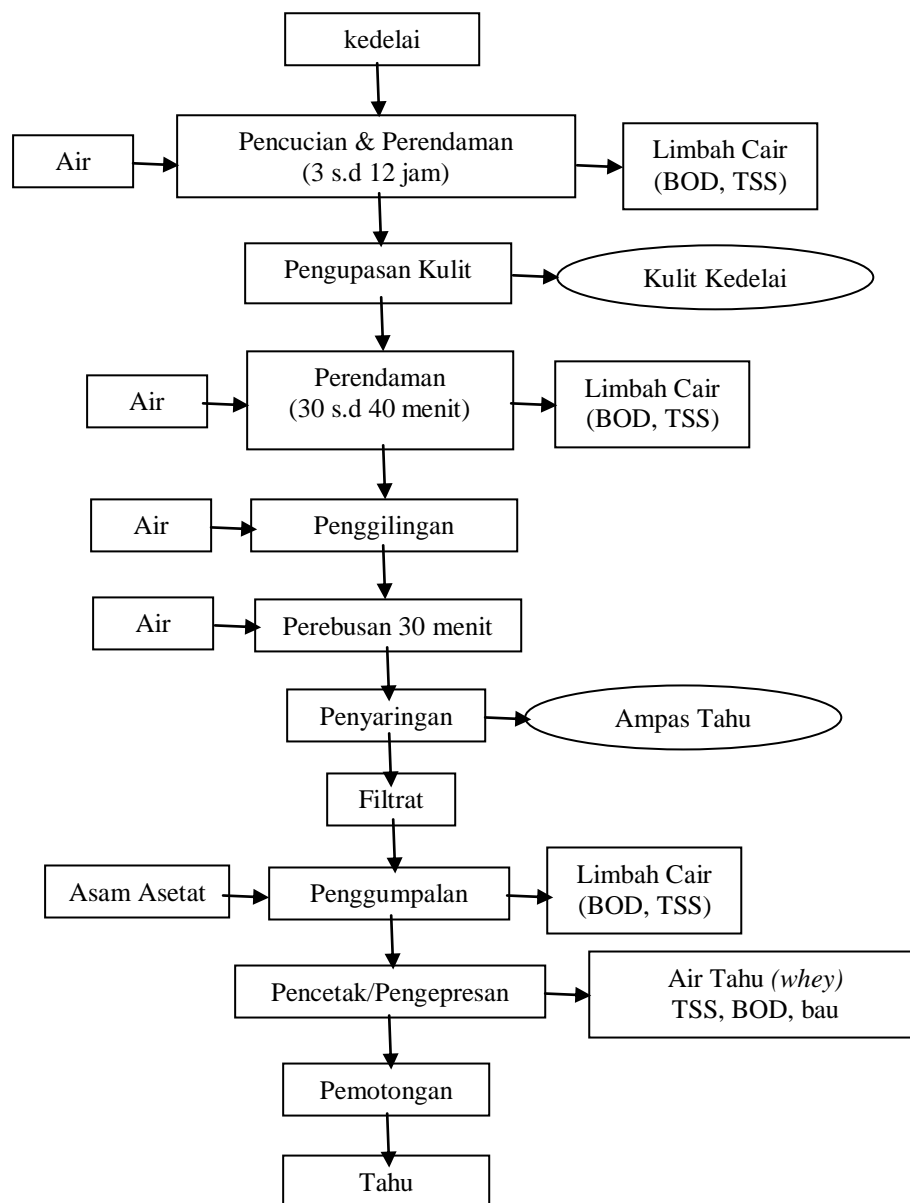
Bab V Penutup

Pada bab ini diuraikan kesimpulan yang di dapat dari hasil pembahasan dan dari bab-bab sebelumnya. Selain itu juga penulis mengemukakan saran-saran untuk meningkatkan kualitas hasil penelitian di masa yang akan datang.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Produksi Tahu

Pada umumnya tahu dibuat oleh para pengrajin atau industri rumah tangga dengan peralatan dan teknologi yang sederhana. Urutan proses atau cara pembuatan tahu pada semua industri kecil tahu menurut KLH (2006), seperti terlihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Produksi Tahu

Sumber : KLH, 2006

Pemilihan (penyortiran) bahan baku kedelai merupakan pekerjaan paling awal dalam pembuatan tahu. Kedelai yang baik adalah kedelai yang baru atau belum tersimpan lama digudang. Kedelai yang baru dapat menghasilkan tahu yang baik (aroma dan bentuk). Untuk mendapatkan tahu yang mempunyai kualitas yang baik, diperlukan bahan baku biji kedelai yang sudah tua, kulit biji tidak keriput, biji kedelai tidak retak dan bebas dari sisa-sisa tanaman, batu kerikil, tanah, atau biji-bijian lain. Kedelai yang digunakan biasanya berwarna kuning, putih, atau hijau dan jarang menggunakan jenis kedelai yang berwarna hitam. Tujuan dari penyortiran ini adalah agar kualitas tahu tetap terjaga dengan baik.

Proses yang kedua adalah perendaman. Pada proses ini kedelai direndam dalam bak atau ember yang berisi air selama 3-12 jam. Tujuan dari perendaman ini adalah untuk membuat kedelai menjadi lunak dan kulitnya mudah dikelupas. Setelah direndam, kemudian dilakukan pengupasan kulit kedelai dengan jalan meremas-remas dalam air, kemudian dikuliti.

Setelah direndam dan dikuliti kemudian dicuci. Pencucian sedapat mungkin dilakukan dengan alir yang mengalir. Tujuan pencucian ini adalah untuk menghilangkan kotoran yang melekat maupun tercampur dalam kedelai. Setelah kedelai direndam dan dicuci bersih, selanjutnya dilakukan penggilingan. Proses penggilingan dilakukan dengan mesin, karena penggunaan mesin akan memperhalus hasil gilingan kedelai. Pada saat penggilingan diberi air mengalir agar bubur kedelai terdorong keluar. Hasil dari proses penggilingan berupa bubur kedelai. Bubur kedelai

yang sudah terdorong keluar kemudian ditampung dalam ember. Pada proses pencucian dan perendaman kedelai ini menggunakan banyak sekali air sehingga limbah cair yang dihasilkan akan banyak pula. Tetapi sifat limbah ini belum mempunyai kadar pencemaran yang tinggi.

Proses selanjutnya adalah perebusan bubur kedelai dengan tujuan untuk menginaktifkan zat anti nutrisi kedelai yaitu tripsin inhibitor dan sekaligus meningkatkan nilai cerna, mempermudah ekstraksi atau penggilingan dan penggumpalan protein serta menambah keawatan produk. Bubur kedelai yang telah terbentuk kemudian diberi air, selanjutnya dididihkan dalam tungku pemasakan. Setelah mendidih sampai 5 (lima) menit kemudian dilakukan penyaringan.

Dalam keadaan panas cairan bahan baku tahu (bubur kedelai yang sudah direbus) kemudian disaring dengan kain blaco atau kain mori kasar sambil dibilas dengan air hangat, sehingga susu kedelai dapat terekstrak keluar semua. Proses ini menghasilkan limbah padat yang disebut dengan ampas tahu. Ampas padat ini mempunyai sifat yang cepat basi dan busuk bila tidak cepat diolah sehingga perlu ditempatkan secara terpisah atau agak jauh dari proses pembuatan tahu agar tahu tidak terkontaminasi dengan barang yang kotor. Filtrat cair hasil penyaringan yang diperoleh kemudian ditampung dalam bak. Kemudian filtrat yang masih dalam keadaan hangat secara pelan-pelan diaduk sambil diberi asam (catu). Pemberian asam ini dihentikan apabila sudah terlihat penggumpalan. Selanjutnya dilakukan penyaringan kembali. Proses penggumpalan juga menghasilkan limbah cair yang banyak dan sifat limbahnya sudah mempunyai kadar pencemaran yang tinggi karena sudah mengandung asam.

Untuk menggumpalkan tahu bisa digunakan bahan-bahan seperti batu tahu (sioko) atau CaSO_4 yaitu batu gips yang sudah dibakar dan ditumbuk halus menjadi tepung, asam cuka 90%, biang atau kecutan dan sari jeruk. Biang atau kecutan yaitu sisa cairan setelah tahap pengendapan protein atau sisa cairan dari pemisahan gumpalan tahu yang telah dibiarkan selama satu malam. Tetapi biasanya para pengrajin tahu memakai kecutan dari limbah itu sendiri yang sudah didiamkan selama satu malam. Disamping memanfaatkan limbah, secara ekonomi juga dapat menghemat karena tidak perlu membeli.

Tahap selanjutnya yaitu pencetakan dan pengepresan. Proses ini dilakukan dengan cara cairan bening diatas gumpalan tahu dibuang sebagian dan sisanya untuk air asam. Gumpalan tahu kemudian diambil dan dituangkan ke dalam cetakan yang sudah tersedia dan dialasi dengan kain dan diisi sampai penuh. Cetakan yang digunakan biasanya berupa cetakan dari kayu berbentuk segi empat yang dilubangi kecil-kecil supaya air dapat keluar. Selanjutnya kain ditutupkan ke seluruh gumpalan tahu dan dipres. Semakin berat benda yang digunakan untuk mengepres semakin keras tahu yang dihasilkan. Alat pemberat/pres biasanya mempunyai berat 3,5 kg dan lama pengepresan biasanya 1 menit, sampai airnya keluar. Setelah dirasa cukup dingin, kemudian tahu dipotong-potong sesuai dengan keinginan konsumen dipasar. Tahu yang sudah dipotong-potong tersebut kemudian dipasarkan.

Dalam pembuatan tahu biasanya pengrajin menambahkan bahan tambahan atau bahan pembantu antara lain yaitu batu tahu (batu gips yang sudah dibakar dan ditumbuk halus menjadi tepung), asam cuka 90%, biang/kecutan, yaitu sisa cairan setelah tahap pengendapan protein atau sisa cairan dari pemisahan gumpalan tahu

yang telah dibiarkan selama satu malam, kunyit yang digunakan untuk memberikan warna kuning pada tahu, garam yang digunakan untuk memberikan rasa sedikit asin ke dalam tahu.

2.1.1 Sumber Limbah Industri Tahu

Limbah industri tahu pada umumnya dibagi menjadi 2 (dua) bentuk limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat pabrik pengolahan tahu berupa kotoran hasil pembersihan kedelai (batu, tanah, kulit kedelai, dan benda padat lain yang menempel pada kedelai) dan sisa saringan bubur kedelai yang disebut dengan ampas tahu. Limbah padat yang berupa kotoran berasal dari proses awal (pencucian) bahan baku kedelai dan umumnya limbah padat yang terjadi tidak begitu banyak (0,3% dari bahan baku kedelai). Sedangkan limbah padat yang berupa ampas tahu terjadi pada proses penyaringan bubur kedelai. Ampas tahu yang terbentuk besarnya berkisar antara 25-35% dari produk tahu yang dihasilkan.

Limbah cair pada proses produksi tahu berasal dari proses perendaman, pencucian kedelai, pencucian peralatan proses produksi tahu, penyaringan dan pengepresan/pencetakan tahu. Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut dengan air dadih (*whey*). Cairan ini mengandung kadar protein yang tinggi dan dapat segera terurai. Limbah ini sering dibuang secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga menghasilkan bau busuk dan mencemari lingkungan.

2.2 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Karakteristik buangan industri tahu meliputi dua hal, yaitu karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik Fisika meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu,

warna, dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Suhu air limbah tahu berkisar 37-45°C, kekeruhan 535-585 FTU, warna 2.225-2.250 Pt.Co, amonia 23,3-23,5 mg/l, BOD₅ 6.000-8.000 mg/l dan COD 7.500-14.000 mg/l (Herlambang, 2002 dalam Kaswinarni, 2007). Suhu buangan industri tahu berasal dari proses pemasakan kedelai. Suhu limbah cair tahu pada umumnya lebih tinggi dari air bakunya, yaitu 40· C-46· C. Suhu yang meningkat di lingkungan perairan akan mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen dan gas lain, kerapatan air, viskositas, dan tegangan permukaan.

Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik di dalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Diantara senyawa-senyawa tersebut, protein dan lemak adalah yang jumlahnya paling besar. Protein mencapai 40-60%, karbohidrat 25-50% dan lemak 10%. Air buangan industri tahu kualitasnya bergantung dari proses yang digunakan. Apabila air prosesnya baik, maka kandungan bahan organik pada air buangannya biasanya rendah.

Komponen terbesar dari limbah cair tahu yaitu protein (N_{total}) sebesar 226,06-434,78 mg/l, sehingga masuknya limbah cair tahu ke lingkungan perairan akan meningkatkan total nitrogen di perairan tersebut (Herlambang, 2002 dalam Kaswinarni, 2007). Gas-gas yang biasa ditemukan dalam limbah tahu adalah gas nitrogen (N₂). Oksigen (O₂), hidrogen sulfida (H₂S), amonia (NH₃), karbondioksida (CO₂) dan metana (CH₄). Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air buangan (Herlambang, 2002 dalam Kaswinarni, 2007).

Limbah padat industri tahu berupa kulit kedelai dan ampas tahu. Ampas tahu masih mengandung kadar protein cukup tinggi sehingga masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak dan ikan. Akan tetapi kandungan air ampas tahu yang masih tinggi merupakan penghambat digunakannya ampas tahu sebagai makanan ternak. Salah satu sifat dari ampas tahu ini adalah mempunyai sifat yang cepat tengik (basi dan tidak tahan lama) dan menimbulkan bau busuk kalau tidak cepat dikelola. Pengeringan merupakan salah satu jalan untuk mengatasinya. Pengeringan juga mengakibatkan berkurangnya asam lemak bebas dan ketengikan ampas tahu serta dapat memperpanjang umur simpan.

Parameter karakteristik limbah cair industri mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 68 Tahun 2016 dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Industri

Parameter	Satuan	Baku Mutu *
pH	-	6 s.d 9
BOD	Mg/L	30
COD	Mg/L	100
TSS	Mg/L	30
Minyak & Lemak	Mg/L	5

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 68 Tahun 2016

2.3 Dampak Limbah Industri Tahu

Herlambang, 2002 dalam Kaswinarni, 2007 mengatakan bahwa dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran bahan organik limbah industri tahu adalah gangguan terhadap kehidupan biotik. Turunnya kualitas air perairan akibat meningkatnya kandungan bahan organik. Aktivitas organisme dapat memecah molekul organik yang kompleks menjadi molekul organik yang sederhana. Bahan anorganik seperti

ion fosfat dan nitrat dapat dipakai sebagai makanan oleh tumbuhan yang melakukan fotosintesis.

Selama proses metabolisme oksigen banyak dikonsumsi, sehingga apabila bahan organik dalam air sedikit, oksigen yang hilang dari air akan segera diganti oleh oksigen hasil proses fotosintesis dan oleh reaerasi dari udara. Sebaliknya jika konsentrasi beban organik terlalu tinggi, maka akan tercipta kondisi anaerobik yang menghasilkan produk dekomposisi berupa amonia, karbondioksida, asam asetat, hidrogen sulfida, dan metana. Senyawa-senyawa tersebut sangat toksik bagi sebagian besar hewan air, dan akan menimbulkan gangguan terhadap keindahan (gangguan estetika) yang berupa rasa tidak nyaman dan menimbulkan bau.

Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan hayati yang akan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan karena menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya kuman penyakit atau kuman lainnya yang merugikan baik pada produk tahu sendiri ataupun tubuh manusia. Bila dibiarkan, air limbah akan berubah warnanya menjadi cokelat kehitaman dan berbau busuk. Bau busuk ini mengakibatkan sakit pernapasan. Apabila air limbah ini merembes ke dalam tanah yang dekat dengan sumur maka air sumur itu tidak dapat dimanfaatkan lagi. Apabila limbah ini dialirkan ke sungai maka akan mencemari sungai dan bila masih digunakan akan menimbulkan gangguan kesehatan yang berupa penyakit gatal, diare, kolera, radang usus dan penyakit lainnya, khususnya yang berkaitan dengan air yang kotor dan sanitasi lingkungan yang tidak baik.

2.4 Pengolahan Limbah Padat Industri Tahu

Limbah padat industri tahu meliputi ampas tahu yang diperoleh dari hasil pemisahan bubur kedelai. Ampas tahu masih mengandung protein yang cukup tinggi sehingga masih dapat dimanfaatkan kembali (KLH, 2006). Ampas tahu masih mengandung protein 27 gr, karbohidrat 41,3 gr, maka dimungkinkan untuk dimanfaatkan kembali menjadi kecap, taoco, tepung yang dapat digunakan dalam pembuatan berbagai makanan (kue kering, cake, lauk pauk, kerupuk, dll). Pada pembuatan kue dan aneka makanan, pemakaian tepung tahu tersebut dapat disubstitusikan ke dalam gandum. Pemakaian tepung ampas tahu sebagai bahan substitusi gandum mempunyai manfaat antara lain dihasilkannya suatu produk yang masih mempunyai nilai gizi dan nilai ekonomi serta lingkungan menjadi bersih.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Ampas Tahu

Unsur	Satuan	Nilai
Kalori	Kal	414
Protein	G	26,6
Lemak	G	18,3
Karbohidrat	G	41,3
Kalsium	Mg	19
Fosfor	Mg	29
Besi	Mg	4,0
Vitamin B	Mg	0,20
Air	G	9,0

Sumber : KLH (2006)

Tepung limbah tahu digunakan sebagai bahan pengganti, sehingga pada proses pembuatan makanan maupun pakan ternak, selalu diawali dengan pembuatan tepung limbah padat tahu terlebih dahulu. Proses pembuatan tepung serat ampas tahu yaitu sejumlah limbah padat tahu (ampas tahu), diperas airnya selanjutnya dikukus \pm 15

menit. Ampas yang sudah dikukus, diletakkan diatas nyiru atau papan, selanjutnya dijemur diterik matahari ataupun dikeringkan dengan oven. Apabila dilakukan pengeringan dengan oven, dipakai temperatur 100°C selama 24 jam. Setelah kering dihaluskan dengan cara digiling atau diblender dan diayak. Simpan tepung tahu ditempat yang kering. Bentuk tepung seperti ini tahan lama, dan siap menjadi bahan baku pengganti tepung terigu atau tepung beras untuk berbagai makanan. Penambahan bahan lain disesuaikan dengan kebutuhan yang sesuai dengan produk apa yang akan dibuat.

Ampas tahu kebanyakan oleh masyarakat digunakan sebagai bahan pembuat tempe gembus. Hal ini dilakukan karena proses pembuatan tempe gembus yang mudah (tidak perlu keterampilan khusus) dan biayanya cukup murah. Selain tempe gembus, ampas tahu juga diolah untuk dijadikan pakan ternak. Proses pembuatannya yaitu campuran ampas tahu dan kulit kedelai yang sudah tidak digunakan dicampur dengan air, bekatul, tepung ikan dan hijauan, lalu diaduk hingga tercampur rata, kemudian siap diberikan ke hewan ternak.

Beberapa produk makanan dan aneka kue yang dibuat dengan penambahan tepung serat ampas tahu adalah lidah kucing, *chocolate cookie*, *cake* (roti bolu), dan kerupuk ampas tahu (KLH, 2006).

2.5 Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu

Sebagian besar industri tahu merupakan industri kecil (*home industry*), yang rata-ratanya adalah masyarakat pedesaan dengan tingkat pendidikan yang relatif rendah, maka operasional pengolahan air limbah menjadi salah satu pertimbangan yang cukup penting. Untuk pengolahan air limbah industri tahu biasanya dipilih

sistem dengan operasional pengolahan yang mudah dan praktis serta biaya pemeliharaan yang terjangkau. Pemilihan sistem pengolahan air limbah didasarkan pada sifat dan karakter air limbah itu sendiri. Sifat dan karakteristik air limbah sangat menentukan didalam pemilihan sistem pengolahan air limbah, terutama pada kualitas air limbah yang meliputi parameter-parameter pH, COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan TSS (*Total Suspended Solid*).

Melihat karakteristik air limbah tahu diatas maka salah satu alternatif yang cukup tepat untuk pengolahan air buangan adalah dengan proses biologis. Cara ini relatif sederhana dan tidak mempunyai efek samping yang serius.

Berbagai teknik pengolahan limbah cair industri tahu menyisihkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Teknik-teknik pengolahan limbah cair industri tahu yang telah dikembangkan tersebut secara umum ada tiga metode pengolahan yaitu:

1. Pengolahan secara fisika
2. Pengolahan secara kimia
3. Pengolahan secara biologi

1. Pengolahan Secara Fisika

Sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap limbah cair industri tahu didinginkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang sudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu. screening merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Bahan tersuspensi yang sudah mengendap dapat dipisahkan secara mudah dengan proses pengendapan. Parameter desain yang utama untuk proses

pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendap (Djajadiningrat, 1992).

Proses flotasi banyak digunakan untuk menyisahkan bahan-bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya. Flotasi juga dapat digunakan sebagai cara penyisihan bahan-bahan tersuspensi (*clarification*) atau pemekatan lumpur endapan (*sludge thickening*) dengan memberikan aliran udara ke atas (*airfloatation*).

Proses filtrasi di dalam pengolahan air buangan biasanya dilakukan untuk mendahului proses adsorpsi atau proses *reverse osmosis* yang akan dilakukan, yaitu untuk menyisahkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air agar tidak mengganggu proses adsorpsi atau menyumbat membran yang dipergunakan dalam proses osmosa.

Proses adsorpsi biasanya dengan karbon aktif, dilakukan untuk menyisahkan senyawa aromatik (misalnya phenol) dan senyawa organik terlarut lainnya, terutama jika diinginkan untuk menggunakan kembali air buangan tersebut.

Teknologi membran (*reverse osmosis*) dapat diaplikasikan untuk unit-unit pengolahan berkapasitas besar, terutama jika pengolahan ditujukan untuk menggunakan kembali air yang diolah. Biaya instalasi dan operasinya cukup tinggi.

2. Pengolahan Secara Kimia

Pengolahan limbah cair industri tahu secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid). Zat organik beracun, dengan menumbuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan (Djajadiningrat, 1992).

Penyisihan bahan-bahan tersebut pada prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat dari bahan-bahan tersebut, yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapan (flokulasi-koagulasi), baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi-reduksi, dan juga berlangsung sebagai hasil reaksi-oksidasi. Pengendapan bahan tersuspensi yang tak mudah larut dilakukan dengan membubuhkan elektrolit yang mempunyai muatan yang berlawanan dengan muatan koloidnya agar terjadi netralisasi muatan pada koloid tersebut, sehingga akhirnya dapat diendapkan.

Penyisihan logam berat dan senyawa fosfor dilakukan dengan menumbuhkan larutan alkali (misalnya air kapur) sehingga terbentuk endapan hidroksida logam-logam tersebut atau endapan hidroksipati. Endapan logam tersebut akan lebih stabil jika pH air $> 10,5$ dan untuk hidroksipati pada pH $> 9,5$. Khusus untuk Khrom hexavalen, sebelum diendapkan sebagai Khrom hidroksida, terlebih dahulu direduksi menjadi Khrom trivalen dengan menumbuhkan reduktor.

Penyisihan bahan-bahan organik beracun seperti phenol dan sianida pada konsentrasi rendah dapat dilakukan dengan mengoksidasinya dengan khlor (Cl_2), kalsium permanganat, areasi, ozon hidrogen peroksida (Djajadiningrat, 1992).

Pada dasarnya kita dapat memperoleh efisiensi yang tinggi dengan pengolahan secara kimia, akan tetapi biaya pengolahan menjadi mahal karena memerlukan bahan Kimia (Djajadiningrat, 1992).

3. Pengolahan Secara Biologi

Limbah cair industri tahu dapat diolah secara biologi. Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang paling

murah dan efisien. Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang beberapa metoda pengolahan biologi dengan segala modifikasinya.

Pada dasarnya reaktor pengolahan secara biologi dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu:

- a) Reaktor pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth reactor*)
- b) Reaktor pertumbuhan lekat (*attached growth reactor*)

Di dalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi (Djajadiningrat, 1992).

Di dalam reaktor pertumbuhan lekat, mikroorganisme tumbuh di atas media pendukung dengan membentuk lapisan film untuk melekatkan dirinya. Oleh karenanya reaktor ini disebut juga sebagai bioreaktor film tetap. Beberapa modifikasi telah banyak dikembangkan selama ini, antara lain :

- a) *Trickling filter*
- b) Cakram biologi
- c) Filter terendam
- d) Reaktor fludisasi

Seluruh modifikasi ini dapat menghasilkan efisiensi penurunan BOD sekitar 80-90% (Djajadiningrat, 1992). Ditinjau dari segi lingkungan dimana berlangsung proses penguraian secara biologi, proses ini dapat dibedakan dalam dua jenis, yaitu :

- a) Proses aerob, yang berlangsung dengan hadirnya oksigen.
- b) Proses anaerob, yang berlangsung tanpa adanya oksigen.

2.5.1 Pengolahan Limbah Cair Tahu Sistem Aerobik

Pada pengolahan limbah cair tahu proses biologi aerobik merupakan proses lanjutan untuk mendegradasi kandungan senyawa organik air limbah yang masih tersisa setelah proses anaerobik. Sistem penanganan aerobik digunakan sebagai pencegah timbulnya masalah bau selama penanganan limbah, agar memenuhi persyaratan effluent dan untuk stabilisasi limbah sebelum dialirkan ke badan penerima (Jenie dan Rahayu, 1993 dalam Kaswinarni, 2007).

Proses pengolahan limbah aerobik berarti proses dimana terdapat oksigen terlarut. Oksidasi bahan-bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai aseptor electron akhir adalah proses utama yang menghasilkan energi kimia untuk mikroorganisme dalam proses ini. Mikroba yang menggunakan oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah mikroorganisme aerobik (Jenie dan Rahayu, 1993 dalam Kaswinarni 2007). Pengolahan limbah dengan sistem aerobik yang banyak dipakai antara lain dengan sistem lumpur aktif, piring biologi berputar RBC (*Rotating Biological Contractor*) dan selokan oksidasi (*Oxidation Ditch*).

2.5.2 Pengolahan Limbah Cair Tahu Anaerobik

Proses anaerobik pada hakikatnya adalah proses yang terjadi karena aktivitas mikroba yang dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas. Proses anaerobik dapat digunakan untuk mengolah berbagai jenis limbah yang bersifat biodegradable, termasuk limbah industri makanan salah satunya adalah limbah tahu. Proses biologi anaerobik merupakan sistem pengolahan air limbah tahu yang banyak digunakan. Pertimbangan yang dilakukan adalah mudah, murah dan hasilnya bagus. Proses

biologi anaerobik merupakan salah satu sistem pengolahan air limbah dengan memanfaatkan mikroorganisme yang bekerja pada kondisi anaerob.

Kumpulan mikroorganisme umumnya bakteri, terlibat dalam transformasi senyawa kompleks organik menjadi metana. Selbihnya terdapat interaksi sinergis antara bermacam-macam kelompok bakteri yang berperan dalam penguraian limbah. Kelompok bakteri non metanogen yang bertanggung jawab untuk proses hidrolisis dan fermentasi terdiri dari bakteri anaerob fakultatif dan obligat. Mikroorganisme yang diisolasi dari digester anaerobik adalah *Clostridium* spp., *Peptococcus anaerobus*, *Bifidobacterium* spp., *Desulphovibrio* spp., *Corynebacterium* spp., *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Staphylococcus*, and *Eschericia coli* (Metcalf and Eddy, 2003 dalam Kaswinarni, 2007). Ada tiga tahapan dasar yang termasuk dalam keseluruhan proses pengolahan limbah secara oksidasi anaerobik, yaitu : hidrolisis, fermentasi (yang juga dikenal dengan sebutan asidogenesis), dan metanogenesis (Metcalf and Eddy, 2003 dalam Kaswinarni, 2007).

Selama proses hidrolisis, bakteri fermentasi merubah materi organik kompleks yang tidak larut, seperti selulosa menjadi molekul-molekul yang dapat larut, seperti asam lemak, asam amino dan gula. Materi polimer kompleks dihidrolisa menjadi monomer-monomer, contoh: selulosa menjadi gula atau alkohol. Molekul-molekul monomer ini dapat langsung dimanfaatkan oleh kelompok bakteri selanjutnya. Hidrolisis molekul kompleks dikatalisasi oleh enzim ekstra seluler seperti selulase, protease, dan lipase. Walaupun demikian proses penguraian anaerobik sangat lambat dan menjadi terbatas dalam penguraian limbah selulolitik yang mengandung lignin.

Pada proses fermentasi (asidogenesis), bakteri asidogenik (pembentuk asam) merubah gula, asam amino, dan asam lemak menjadi asam-asam organik (asam asetat, propionate, butirat, laktat, format) alkohol dan keton (etanol, methanol, gliserol dan aseton), asetat, CO₂ dan H₂. Produk utama dari proses fermentasi ini adalah asetat. Hasil dari fermentasi ini bervariasi tergantung jenis bakteri dan kondisi kultur seperti pH dan suhu. Proses metanogenesis dilaksanakan oleh suatu kelompok mikroorganisme yang dikenal sebagai bakteri metanogen.

Ada dua kelompok bakteri metanogen yang dilibatkan dalam proses produksi metan. Kelompok pertama, *acetoclastic methanogens*, membagi asetat ke dalam metan dan karbondioksida. Kelompok kedua, hydrogen memanfaatkan metanogen, yaitu menggunakan hidrogen sebagai donor elektron dan CO₂ sebagai aseptor elektron untuk memproduksi metan. Bakteri di dalam proses anaerobik, yaitu bakteri *acetogens*, juga mampu menggunakan CO₂ untuk mengoksidasi dan bentuk asam asetat. Dimana asam asetat dikonversi menjadi metan. Sekitar 72% metan yang diproduksi dalam digester anaerobik adalah formasi dari asetat.

2.5.3 Pengolahan Limbah Sistem Kombinasi Anaerobik-Aerobik

Secara umum proses pengolahan kombinasi ini dibagi menjadi dua tahap yakni pertama proses penguraian anaerobik dan yang kedua proses pengolahan lanjut dengan sistem biofilter anaerobik-aerobik.

1. Penguraian anaerobik. Limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu dikumpulkan melalui saluran limbah, kemudian dialirkan ke bak kontrol untuk memisahkan buangan padat. Selanjutnya limbah dialirkan ke bak pengurai anaerobik. Di dalam bak pengurai anaerobik tersebut pencemar organik yang ada

dalam limbah akan diuraikan oleh mikroorganisme secara anaerobik, menghasilkan gas hydrogen sulfida dan metana yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Pada proses tahap pertama efisiensi penurunan nilai COD dalam limbah dapat mencapai 80-90%. Air olahan tahap awal ini selanjutnya diolah dengan proses pengolahan lanjut dengan sistem kombinasi anaerobik-aerobik dengan menggunakan biofilter (Herlambang, 2002 dalam Kaswinarni, 2007).

2. Proses pengolahan lanjut. Proses pengolahan limbah dengan proses biofilter anaerobik-aerobik terdiri dari beberapa bagian yakni bak pengendap awal, biofilter anaerobik, biofilter aerobik, bak pengendap akhir, dan jika perlu dilengkapi dengan bak klorinasi. Limbah yang berasal dari proses penguraian anaerobik (pengolahan tahap pertama) dialirkan ke bak pengendap awal, untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran lainnya. Selain sebagai bak pengendapan, juga berfungsi sebagai bak pengontrol aliran, serta bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, pengurai lumpur dan penampung lumpur (Herlambang, 2002 dalam Kaswinarni, 2007).

Air limpasan dari bak pengendap awal selanjutnya dialirkan ke bak anaerobik dengan arah aliran dari atas ke bawah (*down flow*) dan dari bawah ke atas (*up flow*). Di dalam bak anaerobik tersebut diisi dengan media dari bahan plastik atau kerikil dan batu pecah. Jumlah bak anaerobik ini bisa dibuat lebih dari satu sesuai dengan kualitas dan jumlah air baku yang akan diolah. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik. Setelah beberapa hari, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme.

Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap awal. Air limpasan dari bak anaerobik dialirkan ke bak aerobik. Di dalam bak aerobik ini dapat diisi dengan media dari bahan kerikil atau plastik atau batu apung atau bahan serat sesuai dengan kebutuhan atau dana yang tersedia, sambil diaerasi atau dihembus dengan udara, sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Dengan demikian limbah akan kontak dengan mikroorganisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media (Herlambang, 2002 dalam Kaswinarni, 2007). Dari proses tersebut efisiensi penguraian zat organik dan deterjen dapat ditingkatkan serta mempercepat proses nitrifikasi, sehingga efisiensi penghilangan amonia menjadi lebih besar. Proses ini sering dinamakan aerasi kontak (*contact aeration*). Dari bak aerasi, limbah dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak ini kembali ke bagian awal bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur. Sedangkan air limpasan dialirkan ke bak klorinasi (Herlambang, 2002 dalam Kaswinarni, 2007).

Di dalam bak klorinasi ini limbah direaksikan dengan klor untuk membunuh mikroorganisme patogen. Air olahan, yakni air yang keluar setelah proses klorinasi dapat langsung dibuang ke sungai atau saluran umum. Kombinasi proses anaerobik-aerobik tersebut selain dapat menurunkan zat organik (BOD, COD) juga menurunkan amoniak, deterjen, muatan padat tersuspensi (MPT) fosfat dan lainnya. Proses pengolahan lanjut tersebut, menurunkan COD dalam air olahan (Herlambang, 2002 dalam Kaswinarni, 2007).

3. Pertumbuhan Bakteri dalam Limbah Cair

Bakteri diperlukan untuk menguraikan bahan organik yang ada di dalam air limbah. Oleh karena itu, diperlukan jumlah bakteri yang cukup untuk menguraikan bahan-bahan tersebut. Bakteri itu sendiri akan berkembang biak apabila jumlah makanan yang terkandung di dalamnya cukup tersedia, sehingga pertumbuhan bakteri dapat dipertahankan secara konstan.

Pada permulaannya bakteri berkembang biak secara konstan dan agak lambat pertumbuhannya karena adanya suasana baru pada air limbah tersebut, keadaan ini dikenal sebagai *lag phase*. Setelah beberapa jam berjalan maka bakteri mulai tumbuh berlipat ganda dan fase ini dikenal sebagai fase akselerasi (*acceleration phase*). Setelah tahap ini berakhir maka terdapat bakteri yang tetap dan bakteri yang terus meningkat jumlahnya.

Pertumbuhan yang dengan cepat setelah fase kedua ini disebut sebagai *log phase*. Selama *log phase* diperlukan banyak persediaan makanan, sehingga pada suatu saat terdapat pertemuan antara pertumbuhan bakteri yang meningkat dan penurunan jumlah makanan yang terkandung didalamnya. Apabila tahap ini berjalan terus, maka akan terjadi keadaan dimana jumlah bakteri dan makanan tidak seimbang dan keadaan ini disebut sebagai *declining growth phase*. Pada akhirnya makanan akan habis dan kematian bakteri akan terus meningkat sehingga tercapai suatu keadaan di mana jumlah bakteri yang mati dan tumbuh mulai berkembang yang dikenal sebagai *stationary phase*. Setelah jumlah makanan habis dipergunakan, maka jumlah kematian akan lebih besar dari jumlah pertumbuhannya, maka keadaan ini disebut *endogeneous phase* dan pada saat ini bakteri menggunakan energi simpanan

ATP untuk pernafasannya sampai ATP habis yang kemudian akan mati (Sugiharto, 2005 dalam Kaswinarni, 2007).

2.6 Pengolahan Limbah Cair Berdasarkan Tahap Pengolahannya

Air limbah dapat diolah dalam beberapa tahap pengolahan, tergantung dari komposisi zat yang terkandung di dalamnya. Menurut Bamayi (1995), tahap pengolahan air limbah terdiri dari:

- a. Pengolahan Primer (pengolahan tingkat I)
- b. Pengolahan Sekunder (pengolahan tingkat II)
- c. Pengolahan Tersier (pengolahan tingkat III)
- d. Pengolahan Lanjutan

Pengolahan Primer meliputi pengolahan pendahuluan (*preliminary treatment*) yang terdiri dari operasi pemisahan secara mekanis untuk memisahkan benda-benda terapung yang berukuran relatif besar seperti gabus, plastik, potongan kayu dan sebagainya. Pemisahan dilakukan dengan *Bar Screen*. Jika masih ada benda terapung yang berukuran lebih kecil, diracik dengan *Comminutor*. Untuk pemisahan zat padat anorganik yang berukuran relatif lebih kecil, yaitu pasir atau kerikil halus dan bahan kasar lainnya seperti kaca, atau besi digunakan *Grit Chamber*. Setelah air limbah melewati unit-unit pra pengolahan, kemudian masuk ke unit pengolahan pertama yaitu tangki sedimentasi pertama. Di sini air limbah mengalami pemisahan secara fisik (mekanik) dari kandungan zat organik yang ringan, mudah membusuk, berukuran relatif lebih besar. Prinsip proses pemisahan secara grafitasi berdasarkan perbedaan berat jenis antara zat padat dengan zat cair. Bila pengolahan primer ini

dilakukan secara optimal maka dapat mereduksi BOD 30 % dan SS 60 % (Bamayi, 1995).

Pengolahan Sekunder berfungsi untuk mereduksi zat organik yang terkandung dalam air limbah dari pengolahan primer serta menurunkan kandungan zat padat tersuspensi (SS). Bila dalam Pengolahan Primer reduksi BOD tidak cukup tinggi, maka diharapkan setelah melalui Pengolahan Sekunder, BOD effluent akan memenuhi standar baku mutu yang berlaku (Bamayi, 1995). Pengolahan Sekunder biasanya menggunakan proses oksidasi secara aerobik yang terdiri dari unit pengolahan biologis serta dilengkapi unit tangki sedimentasi sekunder. Proses biologis ini dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Proses perkembangan mikroorganisme yang disuspensikan (*Suspended Growth Process*).
2. Proses perkembangan mikroorganisme yang dilekatkan (*Attached Growth Process*)

Kedua jenis proses tersebut memanfaatkan populasi mikroorganisme yang dapat mereduksi zat organik dan unsur lainnya kedalam suasana aerobik agar dapat berkembang biak dalam keadaan tersuspensi (Bamayi, 1995). Hal ini juga terjadi pada proses *Activated Sludge*, *Aerated Lagoon*, dan *Oxidation Pond*. Sedangkan pada proses mikroorganisme yang dilekatkan, mikroorganisme tersebut melekat pada suatu media lembab. Media tersebut dapat berupa batu, keramik yang dirancang khusus atau bahan plastik. Proses ini terdapat pada *Trickling Filter* dan RBC (*Rotating Biological Contractor*). Efluen dari kedua proses biologis tersebut masih mengandung zat padat biologis tersuspensi. Hal ini dapat diatur dengan pemisahan

mekanis dan sedimentasi, yang disebut tangki sedimentasi (*Final Clarifier*) agar efluen akhir dapat memenuhi standar baku mutu. Endapan yang dihasilkan disebut lumpur sekunder (*secondary sludge*). Lumpur ini harus diolah lagi dengan pengolahan yang hampir sama dengan pengolahan lumpur primer (Bamayi, 1995).

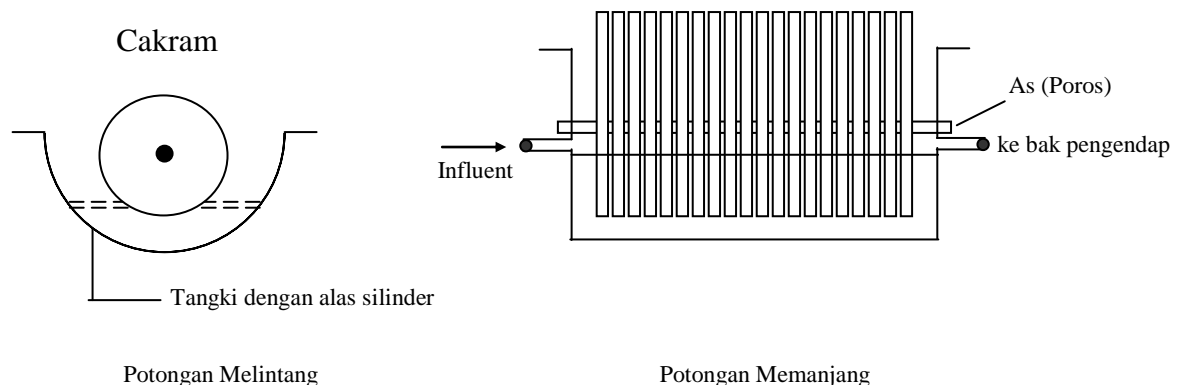
2.7 Rotating Biological contactor

Rotating biological contactor adalah suatu kontaktor biologis yang terdiri dari cakram-cakram bundar yang terpasang pada as (sumbu) yang berputar. Pertumbuhan biologis menempel pada cakram-cakram dimana sebagian luas dari cakram-cakram tersebut tercelup dalam tangki yang berisi air limbah. Saat cakram-cakram berputar pertumbuhan biologis yang menempel menyerap bahan-bahan organik dan mengoksidasi bahan tersebut secara biologis. Oksigen tersedia melalui absorpsi dari atmosfer ketika cakram-cakram terpapar diudara selama perputarannya (Reynolds, 1982).

Ditinjau dari pola hidup mikroorganisme RBC mirip dengan trickling filter dimana mikroorganismenya melekat pada disk (cakram) sedang pada trickling filter mikroorganismenya hidup pada batu. Dalam RBC ini cakram tempat mikroorganisme hidup terus berputar antara air dan udara, ketika cakram tercelup dalam air mikroorganisme menyerap zat organik didalam air dan ketika cakram di udara mikroorganisme menyerap oksigen sehingga lengkaplah proses metabolisme untuk menguraikan zat organik terkandung dalam air sehingga zat organik dipisahkan dari air dengan hasil ideal air bersih yang tidak mengandung bahan organik lagi (Utami Choliq, 1993).

RBC analog dengan penyaring penetes berputar (*Rotating Trickling Filter*). Cakram dihubungkan dengan suatu tangkai (as) dan diberi jarak yang pendek dari

satu cakram ke cakram lain, diputar dalam tangki dimana limbah cair mengalir. Lapisan biologis terbentuk pada permukaan cakram dengan cara yang serupa pada permukaan penyaring menetes. Bila direndam dalam air lapisan mikroba akan menyerap bahan organik. Pada saat berputar cakram membawa lapisan mikroba menyerap oksigen. Organisme pada permukaan cakram menggunakan oksigen dari bahan organik untuk pertumbuhan, sehingga mengurangi kebutuhan oksigen dalam air limbah. Kecepatan cakram dapat beragam dan umumnya dalam kisaran 2-5 rpm. kriteria penampilan untuk RBC umumnya berdasarkan pada efisiensi penghilangan, yaitu persen reduksi komponen air limbah antara influen dan efluen yang dijernihkan, serta pada laju muatan hidrolis. (Laksmi Jenie dan Rahayu, 1993)

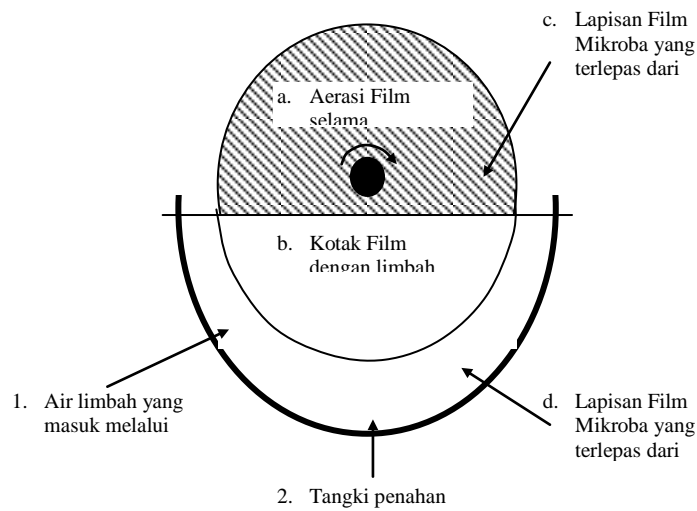


Gambar 2.2 Kontaktor Biologis Cakram Berputar (Rao and Datta, 1987)

RBC dapat berupa pengolahan satu tahap atau multi tahap terdiri dari satu tahap atau lebih yang tersusun dalam satu rangkaian untuk mencapai penurunan parameter BOD yang lebih besar dibanding yang terjadi pada tahap tunggal (Reynolds, 1982).

2.7.1 Prinsip-Prinsip Operasi *Rotating Biological Contactor*

Dalam unit RBC ini pada permukaan cakram terdapat lapisan film yang tebalnya beberapa milimeter. Prinsip operasi dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Prinsip Operasi *Rotating Biological Contactor*

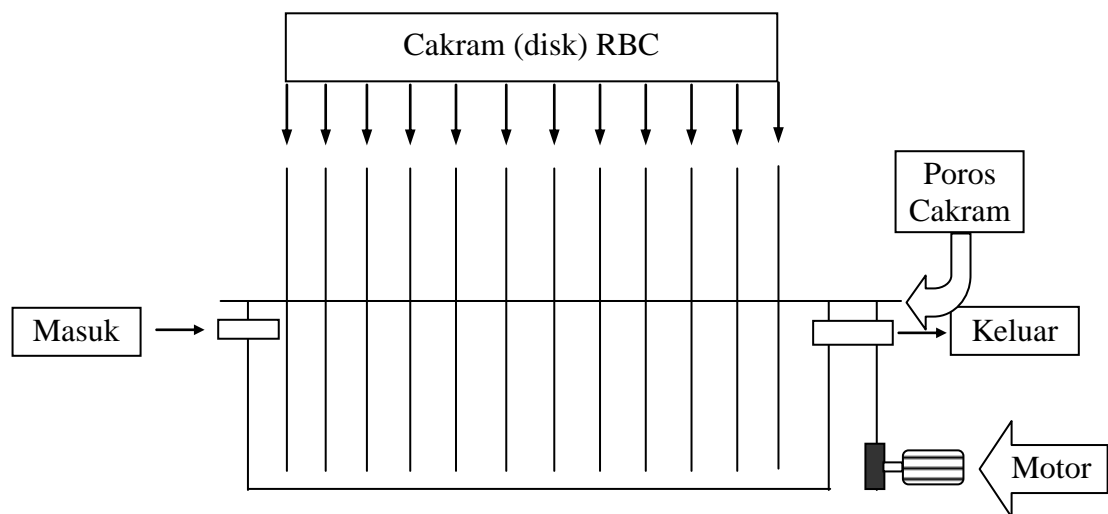
Diameter cakram biasanya sepanjang 20-30 cm dalam skala laboratorium dan dirotasikan dengan kecepatan 1-2 *rotation per minute* (rpm). Tingkat rotasi konstan, secara perlahan-lahan dalam hal ini dapat menghindari masalah-masalah yang berkaitan dengan pengeringan film mikroba dari bahan-bahan absorpsi bersifat aerobik.

2.7.2 Kelebihan *Rotating Biological Contractor*

RBC merupakan alat pengolahan air limbah secara biologis yang termasuk dalam komponen aerobik *attched-growth treatment process*. *Rotating Biological Contactor* (RBC) merupakan pengolah limbah cair dengan proses aerobik yang memiliki banyak keistimewaan. Keistimewaan tersebut diantaranya operasional mudah, konsumsi energi sedikit dan menghasilkan lumpur sedikit. Oleh karena itu RBC termasuk teknologi pengolahan limbah cair yang penting dan bisa digunakan dinegara Asia secara luas (Nao Tanaka,2002)

Pengoperasian RBC relatif mudah, yaitu dengan memutar saja. Sedangkan pada proses lumpur aktif, konsentrasi mikroorganisme dalam tangki harus selalu

diawasi dan dikontrol, juga kadang-kadang terjadi yang disebut "Bulking" (penunpukan yang dapat menyebabkan operasi alat tidak berjalan) dan harus ditangani dengan keahlian tertentu. Selain mudah dioperasikan RBC punya keunggulan yang lain, yaitu dengan sedikit listrik, RBC cukup efisien memberikan oksigen lebih banyak pada mikroorganisme bila dibandingkan dengan proses Itunpur aktif Lagi pula, RBC menghasilkan lumpur sedikit karena jenis mikroorganismenya lebih beraneka ragam dibandingkan pada proses proses lumpur aktif, sehingga pertumbuhan mikroorganisme lambat atau mikroorganisme memakan mikroorganisme yang lain.



Gambar 2.4 Gambar Sket Aliran Limbah Tahu didalam RBC

Berbeda dengan anaerobik filter, pada sistem RBC mikroorganisme memerlukan suplai oksigen untuk mengurai. Untuk itu cakram-cakram RBC diputar agar terjadi kontak dengan udara. Untuk memutar cakram-cakram tersebut, diperlukan sebuah motor penggerak. Pada kontruksi RBC, motor yang diperlukan untuk memutar cakram pada tahap awal (starting) adalah sebesar 3 pK, tetapi setelah

berputar hanya diperlukan power secara kontinyu sebesar 550 watt. Dimensi RBC sebesar 3 m (panjang) x 1,5 m (lebar), diameter cakram 1,2 m. Konstruksi menggunakan beton bertulang (ukuran lapangan).

Tetapi, untuk kualitas *effluent* (buangan) RBC pada umumnya lebih rendah dari pada effluent lumpur aktif yang dioperasikan dengan bak untuk fasilitas skala agak besar, memang RBC menjadi kurang ekonomis. Kalau kita melihat keistimewaan dan kekurangan RBC diatas, maka RBC boleh dikatakan sebagai teknologi yang penting dan memiliki harapan di negara-negara Asia, khususnya untuk pengolahan skala kecil, menengah dan besar.

2.7.3 Pertumbuhan Melekat

Pertumbuhan mikroba akan melekat bila mikroorganisme tumbuh pada medium padat sebagai pendukung dan aliran kontak dengan organisme. Media pendukung dapat berupa batu-batu besar, karang, lembaran plastik bergelombang, atau cakram yang berputar. Contoh pertumbuhan melekat pada filter penetes (*Trickling Filter*), filter anaerobik, dan cakram biologis berputar (*Rotating Biological Contactor*).

2.8 Kriteria Desain Proses *Rotating Biological Contactor*

Konfigurasi proses RBC sering menggunakan pola konvensional yaitu tangki pengendapan primer yang diikuti oleh unit RBC, kemudian sebuah tangki pengendapan sekunder tersebut paling tidak akan menghilangkan 50% dari bahan padat tersuspensi, tetapi hanya sekitar 25% dari BOD. Pengendapan sekunder diperlukan untuk menghilangkan film yang terlepas pada tahap RBC. Biomassa film ada dalam suatu bentuk yang dapat mengendap dengan baik, sehingga tingkat aliran atau limbah konvensional dapat digunakan (Barnes, *et al*, 1981).

Dalam merancang sistem RBC ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan antara lain, penahanan unit RBC, kriteria pembebanan, karakteristik efluen, persyaratan bak pengendap. Sistem RBC dapat dirancang untuk mengatasi pengolahan sekunder atau pengolahan lanjutan. Karakteristik efluen BOD untuk pengolahan sekunder sebanding dengan proses lumpur aktif yang beroperasi dengan baik. Kisaran tipe-tipe karakteristik efluen dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Desain Tipikal Untuk RBC

Item	Tingkat Pengolahan		
	Sekunder	Nitrifikasi Gabungan	Nitrifikasi Terpisah
Beban hidrolis, gal/ft ² . hari	20 – 40	0,75 – 2,0	1,0 – 2,5
Beban organik	-	-	-
Ib SBODs/10 ³ n ² . hari ^{a.b}	0,75 – 2,0	0,5 – 1,5	0,1 – 0,3
Ib TBODs/10 ³ n ² . hari ^{a.c}	2,0 – 3,5	1,5 – 3,0	0,2 – 0,6
Beban maksimum pada tahap awal	-	-	-
Ib SBODs/10 ³ n ² . hari ^{a.b}	4 – 6	4 – 6	-
Ib TBODs/10 ³ n ² . hari ^{a.c}	8 – 12	8 – 12	-
Beban NH ₃ , lb/10 ³ n ² . hari ^{a.b}	-	0,15 – 0,3	0,2 – 0,4
Waktu retensi hidrolis, 0, jam	0,75 – 1,5	1,5 – 4	1,0 – 2,9
Efluen BODs mg/L	15 – 30	7 – 15	7 – 15
Efluen NH ₃ mg/L	-	< 2	1 – 2

Sumber: *MetCalf and Eddy, 1991*.

Keterangan: a. Temperatur air limbah di atas 550 F (130 C)

b. SBOD = BOD terlarut

c. TBOD = BOD total

2.9 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Penguraian Substrat dalam RBC

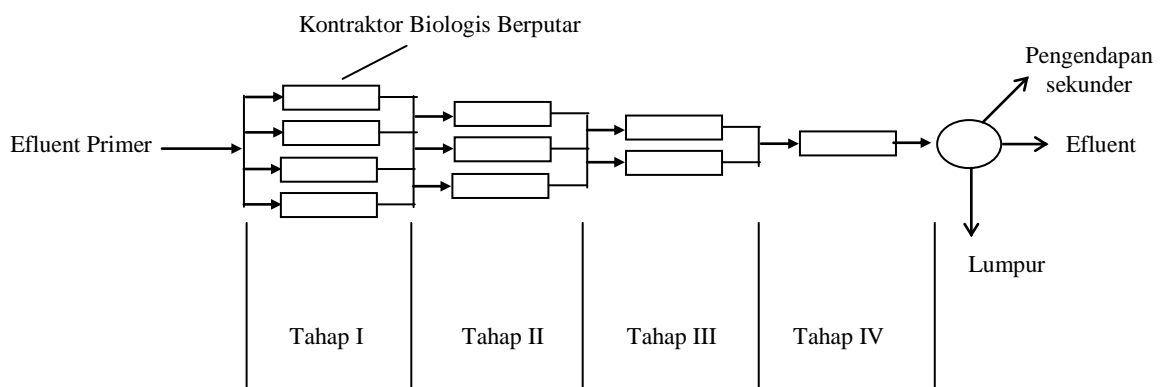
Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi sistem RBC dalam fungsinya menguraikan substrat dalam air buangan, yaitu :

a. Rotasi media pendukung

Gerak rotasi media pendukung RBC merupakan mekanisme utama. Dalam proses bioksidasi yang terjadi antara biomassa dan oksigen. Media pendukung mempunyai fungsi sebagai tempat mekanisme pengurai substrat dalam RBC. Mekanisme yang dipengaruhi oleh faktor ini antara lain kontak yang kontinyu antara limbah dengan biomassa, memberikan oksigen yang cukup bagi proses oksidasi. Jenis bahan yang dapat digunakan untuk media pertumbuhan biofilm yaitu kayu, plastik, PVC, polyethylene, dan polystyrene.

b. Staging (tahap pengolahan)

Staging adalah metode pengaturan pembagian luas total reaktor yang dibutuhkan suatu tingkat pemisahan tertentu dari substrat kedalam beberapa tahap pengolahan. Dalam merencanakan sistem RBC, model yang dirancang tergantung kondisi awal air limbah.



Gambar 2.5 Diagram skematis tahap pengolahan pada RBC
(Metcalf and Eddy, 1991)

c. Pembebanan hidrolik dan organik

Air limbah dengan beban hidrolik dan organik yang tinggi, maka kombinasi seri dan paralel baik untuk digunakan.

d. Kecepatan rotasi

Kecepatan rotasi berkisar antara 2-6 rpm atau dapat juga setinggi 12 rpm (Rao and Datta, 1987). Kecepatan yang terlalu tinggi akan mengakibatkan bakteri energi yang melekat pada cakram akan terlepas dan kecepatan yang terlalu rendah akan mengakibatkan bakteri yang melekat pada cakram menjadi terlalu tebal dan lembek sehingga tidak efektif dan memungkinkan terjadinya proses yang tidak diharapkan terjadi pada RBC.

e. Arah aliran

Arah aliran air (influen) yang tegak lurus terhadap posisi cakram memberikan efisiensi yang lebih tinggi dibanding arah sejajar.

f. Posisi cakram dalam air

Persentase kedalaman cakram yang tercelup dalam air ternyata merupakan parameter penting dalam operasi RBC. Umumnya 40% s/d 60% dari diameter cakram tercelup dalam air dan sisanya dalam udara bebas.

g. Temperatur (suhu)

Suhu air limbah diharapkan lebih dari 55°F (13°C). Temperatur ideal adalah 20° s.d 30° C, karena itu RBC dianggap cocok untuk daerah tropis seperti Indonesia.

h. Derajat keasaman

Mikroorganisme yang merombak senyawa-senyawa organik akan menyesuaikan diri pada kisaran pH yang sempit biasanya antara 6,5 sampai dengan

8,5. Derajat keasaman yang terlalu rendah atau tinggi dari kisaran tersebut akan dapat menghambat proses perombakan senyawa organik limbah.

i. Proses aklimatisasi dan pertumbuhan bakteri

Proses aklimatisasi dimaksudkan untuk mendapatkan suatu kultur yang mantap dari bakteri dan dapat beradaptasi dengan air limbah. Untuk mendapatkan lapisan film yang baik diusahakan RBC beroperasi selama 24 jam dalam 1 hari, tahap awal untuk mendapatkan lapisan film yang baik RBC harus dioperasikan selama kurang lebih 7 hari secara kontinyu.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian direncanakan selama 6 bulan, mulai dari Oktober 2017 sampai dengan Maret 2018. Penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari dan di laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jambi. Pengambilan limbah cair industri tahu dilakukan di pabrik tahu Talang Banjar Kota Jambi.

3.2. Variabel Penelitian

Penelitian bertujuan untuk mengamati penurunan konsentrasi pencemar dan pengaruh waktu detensi. Adapun variabel yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Variabel bebas yaitu waktu detensi atau waktu kontak antara limbah cair industri tahu dengan media RBC selama jam ke 6, jam ke 12, jam ke 18 setelah proses aklimatisasi 7 hari secara kontinyu.
2. Variabel terikat pada penelitian yaitu persentase penurunan konsentrasi polutan BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak.

Pengukuran parameter BOD, COD, TSS, pH, Minyak dan Lemak dilakukan pada hari ke-8 (setelah proses aklimatisasi) dan pengambilan sampel dilakukan setiap 6 jam sehingga diperoleh 3 sampel penelitian.

3.3. Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini:

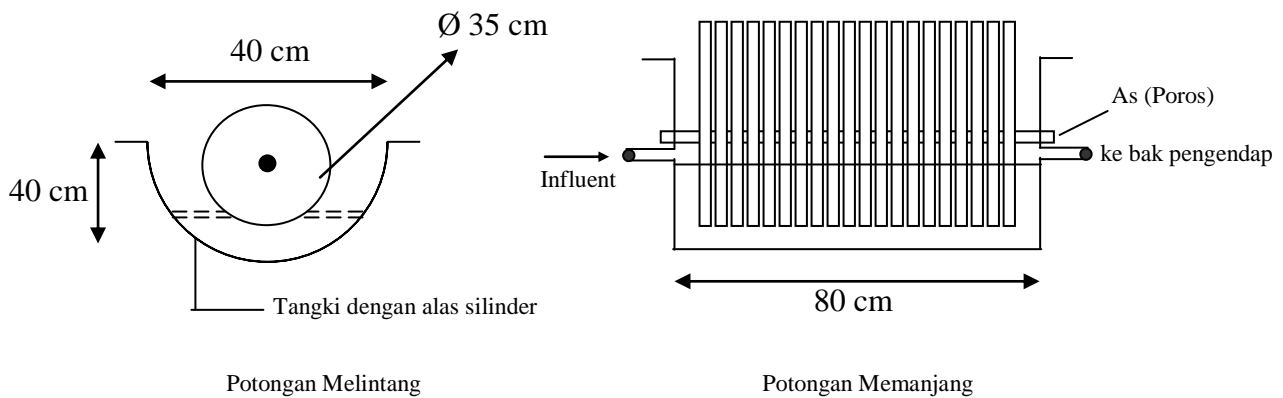
1. Limbah cair industri tahu

2. ijuk

2. Alat

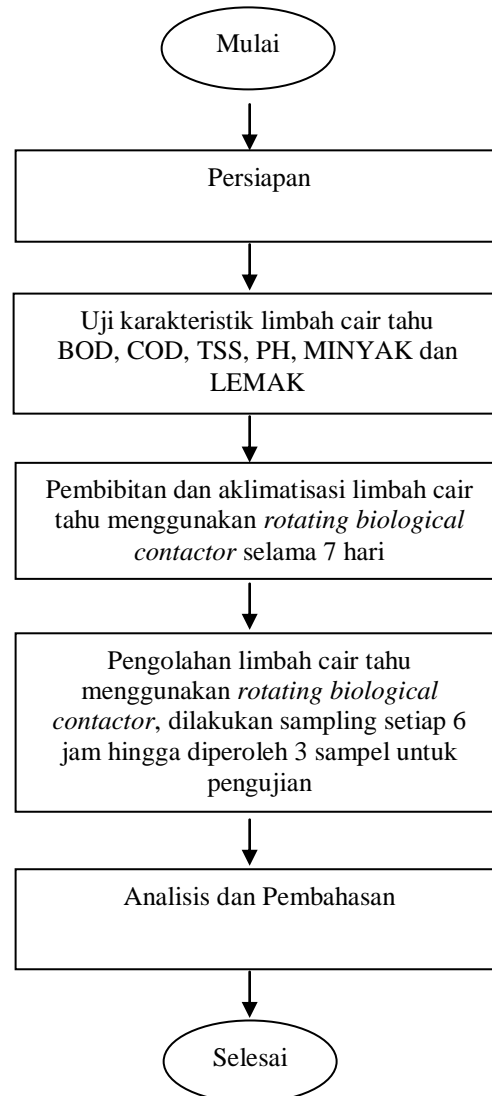
Alat – alat yang digunakan dalam penelitian antara lain:

- Unit *Rotating Biological Contactor* dengan cakram terbuat dari ijuk,
- Bak penampung terdiri dari bahan plat besi dengan volume 50 Liter
- Pipa alumunium untuk As cakram dengan diameter 1 inci dan panjang 100 cm
- Motor listrik untuk menggerakkan As cakram,
- Botol wadah sampel
- Alat pencatat waktu



Gambar 3.1 Sketsa alat *Rotating Biological Contactor* yang akan digunakan

3.4 Tahapan Penelitian



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

1. Kegiatan Persiapan Sebelum Penelitian

Beberapa kegiatan yang merupakan persiapan menjelang penelitian adalah sebagai berikut:

Menyiapkan alat – alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini, yaitu unit *Rotating Biological Contactor* terdiri dari:

a. Cakram

Cakram *Rotating Biological Contactor* terbuat dari ijuk yang diberi rangka dari besi behel dengan diameter cakram 35 cm, dan jarak antara cakram 10 cm.

b. As (Poros)

As penyangga cakram *Rotating Biological Contactor* terbuat dari pipa alumunium diameter 1 inci dan panjang 100 cm. Masing – masing ujung poros dilengkapi poli penggerak agar poros dapat berputar.

c. Sistem Penggerak

Sistem penggerak *Rotating Biological Contactor* dalam penelitian ini menggunakan sebuah motor listrik. Motor penggerak dan poros cakram dihubungkan dengan *string belt*, sehingga motor penggerak dapat menggerakkan cakram secara rotasi. Selain itu, *rotating biological contactor* juga dilengkapi dengan bak Penampung berupa plat besi dengan volume 50 Liter berfungsi sebagai wadah penampung limbah tahu didalam unit *Rotating Biological Contactor*.

2. Proses Pembibitan dan Aklimatisasi

Sebelum unit *Rotating Biological Contactor* digunakan untuk proses pengolahan limbah cair industri tahu, terlebih dahulu diadakan pembibitan dan aklimatisasi untuk mendapatkan lapisan film biologis pada media cakram ijuk. Proses pembibitan dan aklimatisasi dilakukan bertujuan untuk menumbuhkan mikroorganisme / bakteri sehingga didapatkan biosolid dalam konsentrasi tertentu yang dapat digunakan proses pengolahan selanjutnya.

Pembibitan mikroorganisme / bakteri menggunakan limbah cair industri tahu, dengan mengoperasikan *Rotating Biological Contactor* 24 jam selama 7 hari secara kontinyu.

Efluen diambil secara berkala setiap 6 jam sekali untuk mengetahui keberhasilan pembibitan dan aklimatisasi yang ditandai dengan efisiensi penurunan konsentrasi BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak.

Pengoperasian awal dari unit *Rotating Biological Contactor* tersebut untuk memperoleh biomassa berbentuk *slime* yang menempel pada permukaan cakram *Rotating Biological Contactor*, biomassa ini merupakan mikroorganisme utama dalam proses penguraian zat organik pada limbah tahu.

3. Pengolahan limbah cair industri tahu dengan *rotating biological contactor*

Dilakukan secara gravitasi ke *rotating biological contactor*, yaitu perputaran (rotasi) cakram ijuk untuk mengontakkan mikroorganisme / bakteri dengan oksigen bebas. Cakram diputar dengan sebuah motor listrik yang dihubungkan ke sebuah *string belt* yang sudah terpasang pada as cakram.

a. Tahap Pengambilan Sampel

Sampel limbah cair industri tahu hasil proses *Rotating Biological Contactor* diambil setelah waktu tinggal 6 jam setelah proses aklimatisasi. Sebelum dimasukkan ke dalam botol wadah sampel, sampel efluen didiamkan selama beberapa menit dengan tujuan untuk mengendapkan sisa – sisa padatan.

b. Jumlah Pengambilan Sampel

Waktu pengambilan sampel dalam penelitian ini, yaitu:

1. Sebelum masuk bak penampung unit *Rotating Biological Contactor*.
2. Setelah mengalami proses pengolahan dengan *Rotating Biological Contactor*, sampel diambil setiap 6 jam sekali setelah proses aklimatisasi.

Pengambilan diambil sebanyak 3 sampel.

4. Pembahasan

Hasil eksperimen ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik, dan dibahas secara deskriptif.

5. Kriteria Desain RBC

Proses pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan RBC skala kecil dengan debit pengolahan sebesar 2 L/dt atau 172,8 m³/hari. Desain RBC diuraikan di tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kriteria Desain RBC

Tolak Ukur Desain	Satuan	Nilai
Rata – rata kapasitas pengolahan (berdasarkan fluktuasi debit)	(m ³ /hari)	172,8
Konsentrasi BOD influent (berdasarkan fluktuasi debit BOD)	(mg/L)	1050
Konsentrasi BOD effluent	(mg/L)	30 - 40

Sumber: Desain Study Report on the Projek For The Construction of Jogjakarta STP, Jan 1993. JICA.

Kriteria desain yang digunakan:

- a. Konsentarsi BOD effluent yang diinginkan: 30 mg/ L
- b. Debit (Berdasarkan Fluktuasi Debit): 172,8 m³/hari
- c. BOD₅ influent (Berdasarkan Fluktuasi Debit): 1050 mg/ L
- d. Panjang bak 80 cm
- e. Lebar bak 40 cm
- f. Tinggi bak 40 cm



Gambar 3.3 Bak RBC

- g. Waktu detensi 6 jam
- h. Diameter cakram 35 cm
- i. Jumlah cakram 8



Gambar 3.4 Cakram RBC

- j. Tebal disk 8 cm
- k. Jarak antar cakram 10 cm
- l. Jarak antar ijuk 2 cm
- m. Motor penggerak 1400 RPM



Gambar 3.5 Motor Pnggerak (Dinamo)

n. Reducer 1:30



Gambar 3.6 Reducer

- o. Diameter poli I: 15 cm
- p. Diameter poli II: 15 cm
- q. Diameter poli III: 15 cm
- r. Diameter poli IV: 10 cm

Keterangan untuk roda penggerak cakram:

Ratio putaran antar poli I, poli II, poli III, dan poli IV 1: 30 artinya setiap 1 kali putaran poli I sebanding dengan 30 kali putaran poli II, poli III dan poli IV

3.5 Metode Pengujian Sampel

Pengujian sampel mengacu pada SNI, dengan uraian sebagai berikut:

1. Uji BOD dengan SNI 6989-72-2009
2. Uji COD dengan APHA 5220 D -2005
3. Uji TSS dengan APHA 2540 D -2005
4. Uji pH dengan SNI 06-6989.11-2004

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Uji karakteristik limbah cair industri tahu dilakukan untuk mengetahui karakteristik awal biologis pada limbah cair industri tahu. Adapun hasil analisis parameter awal dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4.1 Karakteristik awal limbah cair industri tahu

Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Baku Mutu *
pH	-	4,66	6 s.d 9
BOD	Mg/L	1050	30
COD	Mg/L	1910	100
TSS	Mg/L	3020	30
Minyak & Lemak	Mg/L	84	5

Sumber: Baku Mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 68 Tahun 2016

Semua nilai atau konsentrasi parameter pencemar limbah cair industri tahu yang terdapat di **Tabel 4.1** melebihi baku mutu. Tingginya BOD dan COD dapat diidentifikasi secara langsung dari bau tidak sedap, menyengat, dan tengik yang terdapat dari limbah cair industri tahu. Nilai BOD dan COD menunjukkan tingginya kandungan material organik dalam limbah. Limbah cair industri tahu secara fisik nampak keruh putih kekuningan, dan jika dibiarkan terdapat endapan di bagian dasar, sesuai dengan tingginya konsentrasi TSS.

4.2 Aklimatisasi *Rotating Biological Contactor*

Proses aklimatisasi dilakukan untuk menumbuhkan mikroorganisme/bakteri pengurai limbah pada cakram (ijuk) reaktor *Rotating Biological Contactor*. Tahapan

proses aklimatisasi adalah memasukkan limbah cair industri tahu penuh kedalam bak *Rotating Biological Contactor*, kemudian motor penggerak dihidupkan untuk menggerakkan cakram (ijuk) reactor kecepatan putar sebesar 10 rpm. Cakram (ijuk) reaktor adalah media tempat melekatnya mikro-organisme/bakteri pengurai limbah, cakram (ijuk) ini berupa piringan (*disk*) dari bahan besi behel sebanyak delapan *disk*, dan disusun berjajar pada suatu poros as sehingga cakram (ijuk) dapat di operasikan secara bersamaan. Selanjutnya cakram (ijuk) tersebut diputar secara pelan dalam keadaan tercelup.

Dengan cara seperti ini mikroorganisme bakteri, alga, protozoa, fungi, dan lainnya tumbuh melekat pada permukaan cakram (ijuk) 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 limbah cair industri tahu serta mengambil oksigen yang larut dalam air atau dari udara untuk proses metabolisme, sehingga kandungan senyawa organik dalam air limbah berkurang.

Saat *biofilm* yang melekat pada cakram (ijuk) tersebut tercelup ke dalam limbah cair industri tahu, mikroorganisme menyerap senyawa organik yang ada dalam limbah tersebut 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 perkembang-biakan atau metabolisme.

Proses aklimatisasi dilakukan selama tujuh hari agar bisa mendapatkan hasil yang baik ditandai dengan adanya lendir di permukaan cakram (ijuk). Setelah proses aklimatisasi dilakukan pengambilan sampel sebanyak tiga sampel pada hari ke-8 yaitu pada jam ke-6, jam ke-12, dan jam ke-18. Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah pH, BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak.

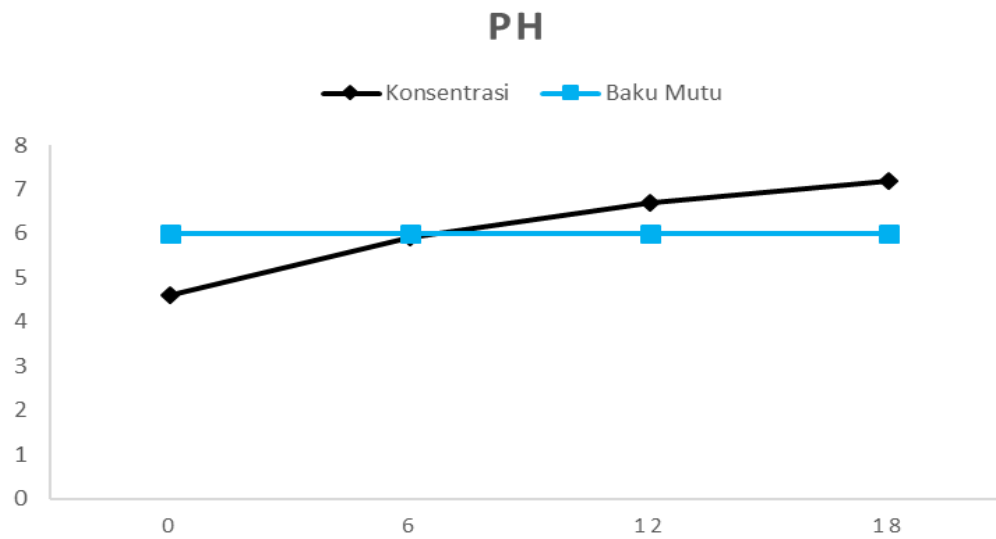
4.3 Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Parameter pH

Limbah cair industri tahu sebelum dilakukan proses pengolahan RBC memiliki nilai awal 4,66 yaitu kondisi limbah cair industri tahu tersebut dalam keadaan asam. Setelah dilakukan proses aklimatisasi selama 7 hari, pada hari ke-8 diambil sampel sebanyak 3 sampel yaitu pada jam ke-6, jam ke-12, dan jam ke-18. Hasil dari 3 sampel yang diambil pada jam ke-6 menunjukkan nilai pH 5,94, jam ke-12 menunjukkan nilai pH 6,73, dan jam optimum ke-18 nilai pH 7,27. Dari pengaruh waktu detensi terhadap parameter pH menunjukkan bahwa kondisi pH limbah cair industri tahu sesuai dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 68 Tahun 2016. Hasil pengolahan dapat dilihat pada **Tabel 4.2** dan **Gambar 4.1**

Tabel 4.2 Hasil Pengolahan RBC Terhadap Parameter pH

Waktu Detensi Jam	Konsentrasi	Baku Mutu
0	4.6	6
6	5.9	6
12	6.7	6
18	7.2	6

Sumber: Data Primer, 2018



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Waktu Detensi pH

Sumber : Data Primer, 2018

Dari Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 dapat disimpulkan bahwa adanya peningkatan nilai pH karena adanya proses perputaran cakram yang terjadi suplai oksigen pada mikro-organisme/bakteri ke limbah sebagai pengurai bahan organik sehingga kondisi awal limbah yang asam 4,6 pada jam ke-0 dapat berubah menjadi netral 7,2 pada jam optimum ke-18. Hal ini terjadi dengan bertambahnya waktu kontak mikro-organisme/bakteri yang tumbuh pada cakram (ijuk) terhadap limbah cair industri tahu.

4.4 Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Parameter BOD

Perhitungan efisiensi sebagai berikut :

$$\text{Jam ke-6 : } \frac{1050-966}{1050} \times 100\% = 8\%$$

$$\text{Jam ke-12 : } \frac{1050-603}{1050} \times 100\% = 40\%$$

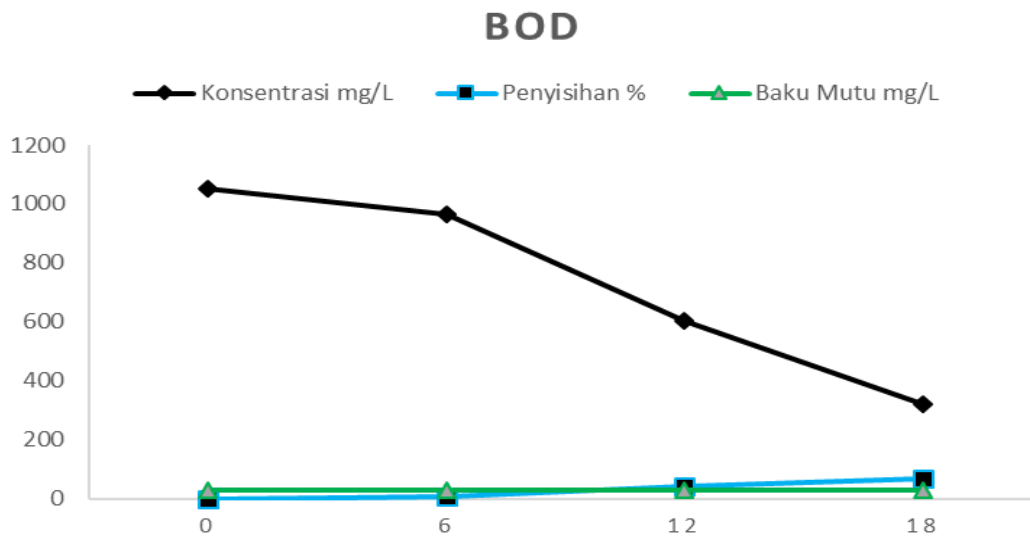
$$\text{Jam ke-18 : } \frac{1050-320}{1050} \times 100\% = 69\%$$

Nilai awal parameter BOD pada limbah cair industri tahu sebelum mengalami proses RBC memiliki konsentrasi awal adalah 1050 mg/L, nilai tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 68 tahun 2016. Cara pengambilan sampel BOD sama seperti pengambilan sampel parameter pH yang dilakukan sebanyak tiga kali pengambilan sampel pada hari ke-8 setelah proses aklimatisasi selama tujuh hari yaitu pada jam ke-6, jam ke-12, dan jam ke-18. Hasil pengambilan tiga sampel tersebut adalah pada jam ke-6 mikro-organisme/bakteri mampu menurunkan konsentrasi BOD sebesar 966 mg/L (8%), kemudian pada jam ke-12 penurunan konsentrasi yang dilakukan mikro-organisme/bakteri pada BOD mengalami peningkatan sebesar 603 mg/L (40%), dan pada jam optimum ke-18 penurunan yang dilakukan mikro-organisme/bakteri semakin baik yaitu 320 mg/L (69%). Penurunan konsentrasi dapat dilihat pada **Tabel 4.3** dan **Gambar 4.2**

Tabel 4.3 Hasil Pengolahan RBC Terhadap Parameter BOD

Waktu Detensi	Konsentrasi	Penyisihan	Baku Mutu
Jam	mg/L	%	mg/L
0	1050	0	30
6	966	8	30
12	603	40	30
18	320	69	30

Sumber: Data Primer, 2018



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Waktu Detensi BOD

Sumber: Data Primer, 2018

Kesimpulan dari hasil pengolahan RBC terhadap parameter BOD yang ditunjukkan pada **Tabel 4.3** dan **Gambar 4.2** terlihat bahwa konsentrasi mengalami penurunan yang diakibatkan oleh bertambahnya waktu detensi dan waktu kontak mikro-organisme/bakteri yang tumbuh pada proses aklimatisasi dengan limbah cair industri tahu mendapat hasil penurunan konsentrasi optimum pada jam ke-18 yaitu sebesar 320 mg/L (69%). Agar hasil penurunan konsentrasi BOD bisa lebih dari 69%, yang harus dilakukan adalah penambahan waktu detensi / waktu kontak mikro-organisme/bakteri terhadap limbah cair industri tahu.

4.5 Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Parameter COD

$$\text{Jam ke-6 : } \frac{1910-1684}{1910} \times 100\% = 11,8$$

$$\text{Jam ke-12 : } \frac{1910-1004}{1910} \times 100\% = 47\%$$

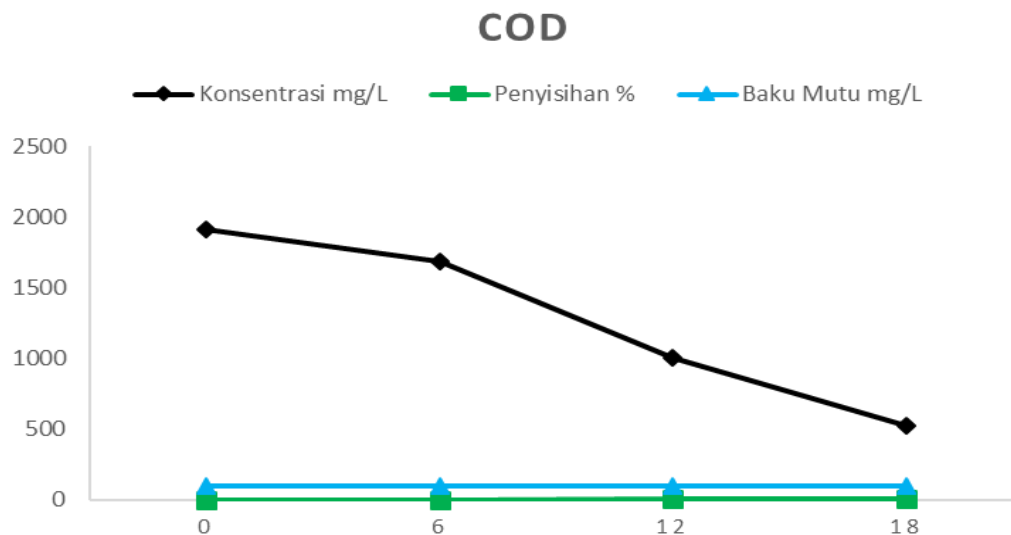
$$\text{Jam ke-18 : } \frac{1910-523}{1910} \times 100\% = 72\%$$

Karakteristik awal parameter COD limbah cair industri tahu sebelum pengambilan tiga sampel pada hari ke-8 adalah 1910 mg/L. Nilai tersebut melebihi baku mutu Permen LH dan Kehutanan No 68 Tahun 2016, maka dari itu dilakukan proses pengolahan RBC agar konsentrasi COD dapat diturunkan. Sehingga aman dibuang ke lingkungan. Setelah dilakukan pengolahan nilai COD mengalami penurunan. Hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 4.4** dan **Gambar 4.3**:

Tabel 4.4 Hasil Pengolahan RBC Terhadap Parameter COD

Waktu Detensi	Konsentrasi	Penyisihan	Baku Mutu
Jam	mg/L	%	mg/L
0	1910	0%	100
6	1684	11%	100
12	1004	47%	100
18	523	72%	100

Sumber: Data Primer, 2018



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Waktu Detensi COD

Sumber: Data Primer, 2018

Dari hasil pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.3 tiga sampel yang diambil pada hari ke-8 setelah proses aklimatisasi dengan semakin lama waktu detensi dan waktu

kontak mikro-organisme/bakteri terhadap limbah cair industri tahu menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi terhadap parameter COD mengalami peningkatan yang ditandai dengan nilai konsentrasi pada jam ke-6 sebesar 1684 mg/L (11,8%), pada jam ke-12 sebesar 1004 mg/L (47%), dan pada jam optimum ke-18 sebesar 523 mg/L (72%). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengolahan RBC dengan waktu detensi dan waktu kontak optimum mikro-organisme/bakteri pada jam ke-18 terhadap parameter COD cukup baik dengan hasil sebesar 523 mg/L (72%). Apabila hasil ingin lebih baik lagi disarankan untuk menambahkan waktu detensi dan waktu kontak terhadap limbah cair industri tahu.

4.6 Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Parameter TSS

$$\text{Jam ke-6 : } \frac{3020-216}{3020} \times 100\% = 92\%$$

$$\text{Jam ke-12 : } \frac{3020-102}{3020} \times 100\% = 96\%$$

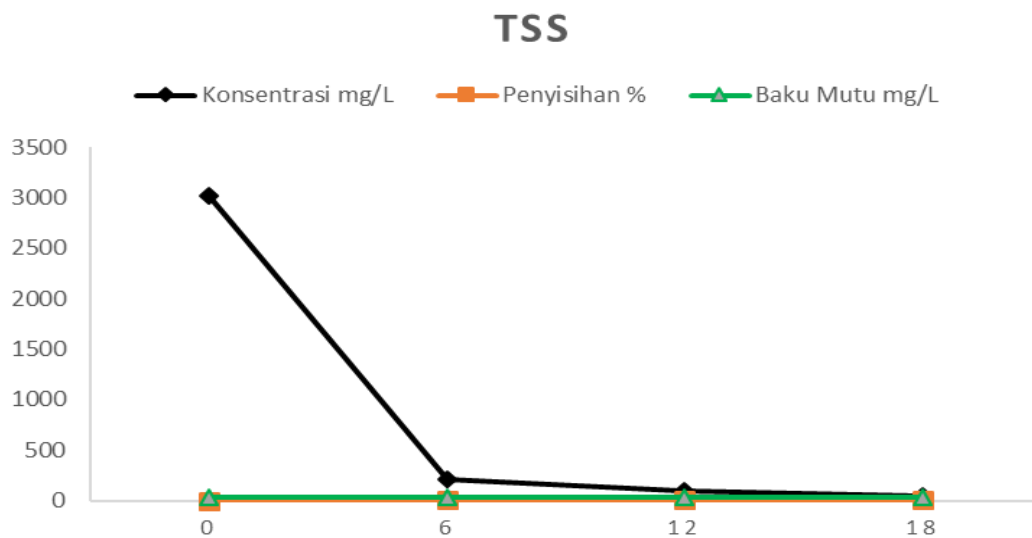
$$\text{Jam ke-18 : } \frac{3020-49}{3020} \times 100\% = 98\%$$

Konsentrasi awal polutan TSS pada limbah cair industri tahu sebelum dilakukan proses pengolahan RBC yaitu 3020 mg/L. Konsentrasi tersebut melebihi baku mutu Permen LH dan Kehutanan No 68 Tahun 2016, maka dari itu harus dilakukan proses pengolahan agar nilai TSS sesuai dengan baku mutu. Hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 4.5** dan **Gambar 4.4**

Tabel 4.5 Hasil Pengolahan RBC Terhadap Parameter TSS

Waktu Detensi	Konsentrasi	Penyisihan	Baku Mutu
Jam	mg/L	%	mg/L
0	3020	0%	30
6	216	92%	30
12	102	96%	30
18	49	98%	30

Sumber: Data Primer, 2018



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Waktu Detensi Terhadap TSS

Sumber: Data Primer, 2018

Setelah dilakukan proses pengolahan RBC untuk menurunkan konsentrasi terhadap parameter TSS didapat tiga sampel yang diambil yaitu nilai penurunan konsentrasi polutan pada jam ke-6 sebesar 216 mg/L (92%), pada jam ke-12 102 mg/L (96%), dan pada jam optimum ke-18 sebesar 49 mg/L (98%). Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa pada jam optimum ke-18, waktu detensi dan waktu kontak antara mikroorganisme/bakteri terhadap penurunan konsentrasi parameter TSS berhasil, dikarenakan hasil mencapai 98%.

4.7 Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Parameter Minyak dan Lemak

$$\text{Jam ke-6 : } \frac{84-31}{84} \times 100\% = 63\%$$

$$\text{Jam ke-12 : } \frac{84-17}{84} \times 100\% = 79\%$$

$$\text{Jam ke-18 : } \frac{84-12}{84} \times 100\% = 85\%$$

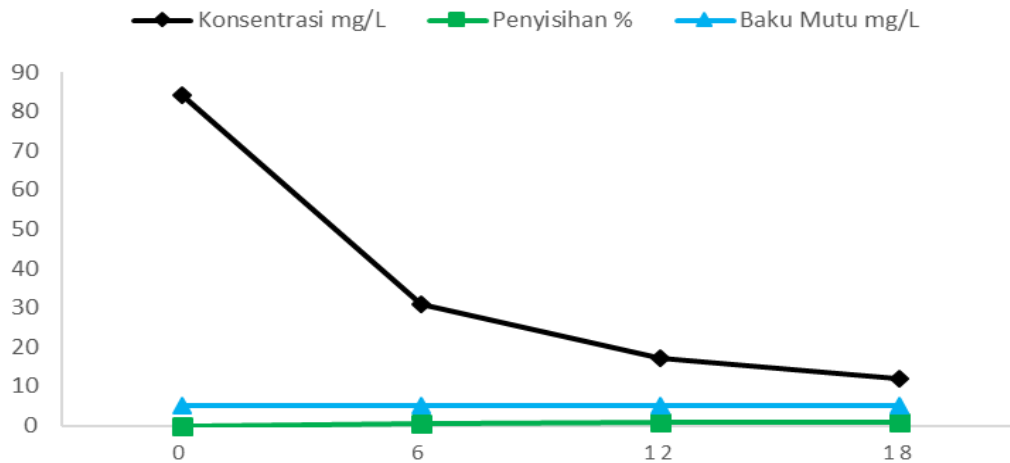
Konsentrasi awal parameter Minyak dan Lemak yaitu 84 mg/L. Nilai tersebut melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 68 tahun 2016, maka dari itu perlu adanya proses pengolahan biologis yang dilakukan agar nilai konsentrasi Minyak dan Lemak mendekati nilai baku mutu. Hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 4.6** dan **Gambar 4.5**

Tabel 4.6. Hasil Pengolahan RBC Parameter Minyak dan Lemak

Waktu Detensi Jam	Konsentrasi mg/L	Penyisihan %	Baku Mutu mg/L
0	84	0%	5
6	31	63%	5
12	17	79%	5
18	12	85%	5

Sumber: Data Primer, 2018

MINYAK & LEMAK



Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Minyak dan Lemak

Sumber: Data Primer, 2018

Dari hasil **Tabel 4.6** dan **Gambar 4.5** analisis parameter minyak dan lemak didapat tiga sampel yang diambil pada hari ke-8 setelah proses aklimatisasi pada jam ke-6, jam ke-12, dan jam optimum ke-18 sebesar 31 mg/L (63%) pada jam ke-6, 17 mg/L (79%) pada jam ke-12, dan 12 mg/L (85%) pada jam optimum ke-18. Hasil tersebut menunjukkan bahwa waktu detensi dan waktu kontak mikro-organisme/bakteri terhadap limbah cair industri tahu pada parameter Minyak dan Lemak mengalami penurunan konsentrasi polutan yang baik pada jam optimum ke-18 mencapai 85%. Nilai tersebut sudah cukup dikarenakan mendekati baku mutu.

Dari hasil proses RBC pada penurunan konsentrasi parameter BOD, COD, TSS, serta Minyak dan Lemak, dijelaskan bahwa proses penguraian bahan organik pada limbah cair industri tahu bakteri berperan sangat penting, karena kultur bakteri dapat digunakan untuk menghilangkan bahan organik yang tidak diinginkan dari limbah cair industri tahu.

Dari hasil penelitian didapatkan persentase reduksi untuk BOD, COD, TSS, Minyak & Lemak lebih dari 80 %. Sementara dari penelitian yang dilakukan Liliya Dewi Susanawaty dkk (2010), menggunakan RBC dengan media *disk* hanya mampu menurunkan BOD, COD, TSS sekitar 38,318 %. Hal ini menunjukkan, bahwa penggunaan ijuk sebagai media pertumbuhan lekat pada RBC lebih efektif dibandingkan dengan media *disk*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari uraian yang telah disampaikan pada sub bab sebelumnya, kesimpulan yang dapat diambil antara lain:

1. Pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan *Rotating Biological Contactor* media ijuk ternyata dapat menurunkan konsentrasi polutan pencemar seperti BOD, COD, TSS dan Minyak dan Lemak. Hasil uji menunjukkan efisiensi penyisihan BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak dengan waktu detensi optimum 18 jam secara berurutan sebesar 69%, 72%, 98%, dan 85%. Namun hasil uji akhir setelah pengolahan masih belum memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 Tahun 2016
2. Penambahan waktu detensi berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan kontaminan pada pengolahan limbah tahu menggunakan RBC yang ditandai dengan nilai pH semakin netral, 5.9 pada jam ke-6, 6.7 pada jam ke- 12, dan 7.2 pada jam ke-18. Selain itu, dengan penambahan waktu detensi terjadi penurunan konsentrasi parameter BOD sebesar 966 mg/L (8%) pada jam ke-6, 603 mg/L (40%) pada jam ke-12, dan 320 mg/L (69%) pada jam ke-18. Penurunan konsentrasi parameter COD 1684 mg/L (11%) pada jam ke-6, 1004 mg/L (47%) pada jam ke-12, dan 523 mg/L (72%) pada jam ke-18. Parameter lain seperti TSS serta Minyak dan Lemak juga mengalami

penurunan konsentrasi, dengan nilai TSS sebesar 216 mg/L (92%) pada jam ke- 6, 102 mg/L (96%) pada jam ke-12, dan 49 mg/L (98%) pada jam ke-18 serta nilai Minyak dan Lemak 31 mg/L (63%) pada jam ke-6, 17 mg/L (79%) pada jam ke-12, dan 12 mg/L (85%) pada jam ke-18.

5.2 Saran

1. Peningkatan efisiensi penyisihan parameter pencemar di masa yang akan datang untuk penelitian dapat dilakukan dengan cara:
 - a. Melakukan prapengolahan limbah cair industri tahu
 - b. Menambah variasi waktu detensi
 - c. Menambah variasi media pertumbuhan lekat
2. Perlu adanya pengembangan terhadap penelitian ini agar hasil dapat lebih baik lagi, misalnya penambahan *pretreatment*

DAFTAR PUSTAKA

APHA 5220 D-2005. **Metode Pengujian COD**. Jambi

APHA 2540 D-2005. **Metode Pengujian TSS**. Jambi

Baku Mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 68 Tahun 2016

Deffi Agustin, 2004. **Laporan Tugas Besar Teknologi Lingkungan Tepat Guna**. Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.

Djajadiningrat, 1992. **Pengolahan Air Buangan** (Laporan Tugas Besar Penyaluran Air Buangan Jojo Septiandinata. Tahun 2016).

Nao Tanaka, 2002. **Penjelasan tentang *Rotating Biological Contactor*** (Laporan Tugas Besar Teknologi Lingkungan Tepat Guna Deffi Agustin. Tahun 2004).

Jurnal. Kaswinarni. 2007. **Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu**. 2007.

Jurnal. Muljadi, Agung, Triyoko. 2005. **Penurunan Kadar BOD Limbah Cair Secara Biologi dengan Proses Rotating Biological Contactors**. Ekuilibrium Vol. 4. No. 2. Desember 52 2005: 52 –5.

Macam-Macam Bakteri Yang Dapat Mengurai Limbah, 2017. (online).

(<http://www.obatlimbah.com/2017/08/macam-macam-bakteri-yang-dapat-mengurai.html>, diakses 13 Maret 2018).

Metcalf & Eddy, 1991. ***Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse, 2nd edition, Mc Graw-Hill, New York.***

Pengolahan Limbah Cair, RBC (*Rotating Biological Contactor*). 2013. (online).

(<https://blog.ub.ac.id/yusriadiblog/2013/05/08/rotating-biological-contactor/>, diakses 10 Maret 2018).

Rumintang F. Sirait Dkk. 2010. **Mekanisme Penguraian Limbah Cair Organik Secara Aerob**.

(online). diakses 10 Maret 2018).

Standar Nasional Indonesia. SNI 6989-10-2011. **Metode Pengujian Minyak dan Lemak**. Jambi.

Standar Nasional. SNI 6989-72-2009. **Metode Pengujian BOD**. Jambi.

Standar Nasional Indonesia. SNI 06-6989.11-2004. **Metode Pengujian pH**. Jambi.

Sumekar, 1994. **Karakteristik Air Buangan** Laporan Tugas Besar Penyaluran Air Buangan
Rusdarmi. Tahun 2015.

LAMPIRAN III DOKUMENTASI ALAT DAN BAHAN PENELITIAN













